

8.ULUSLARARASI
KARADENİZ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ

23-24 MAYIS 2026

TRABZON

EDİTÖRLER:
Prof. Dr. Songül TÜMKAYA
Doç.Dr.Yunus Emre ŞİMŞEK

www.isarconference.org

İKİAD Publishing House

KONGRE KİTABI

INDEX

CONGRES ID		II-VI
PROGRAM		VII-XXXV
GALLERY		XXXVI-XXXIX
ACADEMIC INCENTIVE		XL
NOTIFICATIONS		XLI-LVII

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

8th INTERNATIONAL BLACK SEA SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE AND PLACE

23-24 MAY 2026 TRABZON ONLINE PRESENTATIONS

ORGANIZATION

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Uzm. Yasemin AĞAOĞLU

EDITOR

Prof. Dr. Songül TÜMKAYA

Doç.Dr. Yunus Emre ŞİMŞEK

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU
Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN
Prof. Dr. Sancar BULUT
Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN
Prof. Dr. Tolga ULUSOY
Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR
Assoc. Prof. Dr. Deniz KARATAŞ
Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ
Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU
Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK
Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI
Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ
Assoc. Prof. Dr. Seda BENGİ
Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK
Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI
Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV
Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN
Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU
Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL
Dr. Aziz İLGAZİ
Dr. Laleş USLU AZARAK
Dr. Mine KIRKYOL
Dr. Sevil ÖZCAN
Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU
Dr. Şengül ŞENTÜRK
Dr. Rana BAYTİN ALACI

ISBN: '978-625-378-658-8'

KİTAP YAYIN TARİHİ:05.06.2026

"COMPLIANCE WITH PUBLICATION ETHICS IS THE SOLE RESPONSIBILITY OF THE AUTHORS; ACCORDINGLY, THEY BEAR BOTH ETHICAL AND LEGAL ACCOUNTABILITY"

SCIENCE AND ADVISORY COMMITTEE

Prof.Dr.EMİNE NAS
Selçuk University

Prof. Dr. Jaın SADHNA
Unıversıty Of Delhı

Prof. Dr. Kübra KARAMAN
Yozgat Bozok University

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Siirt University

Prof. Dr. Mehmet ŞAHIN
Gaziantep University

Prof. Dr. Morakeng Edward
Kenneth LEBAKA University Of Zululand

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU
Cumhuriyet University

Prof. Dr. Manole COJOCARU
Titu Maiorescu University

Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ
Osmaniye Korkut Ata University

Prof. Dr. Mustafa METE
Gaziantep University

Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ
Selçuk University

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN
Sivas Cumhuriyet University

Prof. Dr. Nurdan KALAYCI
Gazi University

Prof. Dr. Orhan ZEYBEK
Balıkesir University

Prof. Dr. Sancar BULUT
Kayseri University

Prof.Dr. Sedat İLHAN
Dicle University

Prof. Dr. Selahattin YAVUZ
Erzincan Binali Yıldırım University
Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK
Hitit University

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI
Atatürk University

Prof.Dr.Vehbi GÜNEŞ
Selçuk University

Prof.Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR
Bitlis Eren University

Prof. Dr. Zharkynbıke SULEIMENOVA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK
Fırat University

Assoc. Prof. Dr.Ahmet AYDIN
Ege University

Assoc. Prof. Dr. Armel MBON
Marien Ngouabi University

Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ
Nuh Naci Yazgan University

Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ
Karabük Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr.Elif Feyza TOPDAŞ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr.Gökhan UYANIK
Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ
Mersin University

Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL
Fırat University
Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN
Batman University

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER
Gaziantep University

Assoc. Prof. Dr. Onur ÇOMAKLI
Erzurum Teknik University

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ
Dicle University

Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON
Shah Abdul Latif University

Assoc. Prof. Dr. Sevcan YILDIZ
Harran University

Assoc. Prof. Dr. Seyhan Çankaya
Süleyman Demirel University

Assoc. Prof. Soufiane Ziani
Mohammed 1st University

Assoc. Prof. Dr. Syed Ali
Raza NAQVI Government College University Faisalabad

Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE
Alecu Russo Balti State University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK
Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM
Necmettin Erbakan University

Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV
Azerbaycan Devlet Pedagoji University

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL
Nahçıvan Dövlet Universiteti

Dr. Ali ARSHAD
University Utara

Dr. Aygün MEHERREMOVA
Bakü Devlet University

Dr. Aziz İLGAZİ
Harran University

Dr. Bhavtosh AWASTHİ
Jecrc University India

Dr. Chems Eddine BOUKHEDIMI
University of Tizi Ouzou

Dr.Duong To Quoc THAI
Dong Thap University

Dr.Huma IKRAM
University Of Karachi

Dr.Melek ÖZ
Erciyes University

Meltem YANIK
Ordu University

Dr. Mine KIRKYOL
Artvin Çoruh University

Dr. Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education

Dr. Muhammad IMRAN
Government College University

Dr.Muhammad Saleh FAISAL
Pmdc Registration

Dr. Müslüm ÖZTÜRK
Kilis 7 Aralık University

Dr. Nurhoca AKBULAYEV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Dr. Rana BAYTİN ALACI
VAN YY University

Dr. Rida ZULFİQAR
University of Szeged

Dr. Taha Yasin ÖLMEZTOPRAK
Adıyaman University

Dr. Tatia DOLİDZE
European University

Dr. Yaşar SUBAŞI
Van Yüzüncü Yıl University

Dr. Yeşim BEDİR
Atatürk University

8th INTERNATIONAL BLACK SEA SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS
MAY 23-24 2026 TRABZON/TÜRKİYE

Congress Program

Participant Countries:

TÜRKİYE-AZERBAYCAN-ALGERIA-ALBANIA-GEORGIA-CHINA-IRAN-IRAQ-INDIA-MALAYSIA-MOROCCO-NIGERIA-SAUDI ARABIA-SERBIA-TUNISIA-UKRANIE-JAPAN-PAKISTAN-VIETNAM

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID instead of "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID or Personal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur. Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir. Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışıyor. Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom'a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

https://us02web.zoom.us/j/81748682500?pwd=CAsbfn3zJrg6WY9hzrtD0d5IxGiv7k.1

23.05.2026 / Hall-1, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10 00 : 11 00

EETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Smart Tie Rod End Design For Automotive Steering Systems	Ercan OLCAY	SIO Automotive TÜRKİYE
Reductıon Of Assembly-Induced Damages Caused By Metal Lockıng Elements In Suspensıon Dust Boots Through Redesıgn Usıng Composıte Materıals	Elçin KAHRAMAN UMAN	SIO Automotive TÜRKİYE
Repaırable Modular Suspensıon Component Desıgn And Investıgatıon Of Sustaınabılıty Impacts	Elçin KAHRAMAN UMAN	SIO Automotive TÜRKİYE
Cold Stress In Plants: Silicon Application	Dr. Yasin ÖZTÜRK Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU	Ordu University TÜRKİYE
Technical Design And Operational Processes Of Rotary-Wing Uav Systems Used In Agricultural Spraying And Field Data Analytics	Erdem BAKAR Lect. Dr. Mustafa ÇAKIR	Iskenderun Technical University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-2, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10 00 : 11 30

EETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Önder DAĞLIOĞLU

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Effect Of Calısthenıc Exercıses On Flexıbılıty, Anaerobıc Power, And Speed Parameters In Volleyball Players	Kevser BAY Önder DAĞLIOĞLU	Gaziantep University TÜRKİYE
The Effect Of Core Strength Training Programs On Speed And Dynamic Balance In Volleyball Players	Kevser BAY Önder DAĞLIOĞLU	Gaziantep University TÜRKİYE
Chrysin And Ferroptosis: Therapeutic Potential	Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT	Siirt University TÜRKİYE
The Molecular Effects Of Rutin On Oxidative Stress And Inflammation	Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT	Siirt University TÜRKİYE
Evidence-Based Practices In Preventing Complications Related To Post-Surgical Wound Car	Rana TUFAN Prof. Dr. Feride TAŞKIN YILMAZ	Sakarya Uygulamalı Bilimler University TÜRKİYE
Evidence-Based Practices In Preventing Deep Venous Thrombosis After Orthopedic Surgery	Sevgi Büşra ÖZLÜ Prof. Dr. Feride TAŞKIN YILMAZ Assist.Prof.Dr.Handenur GÜNDOĞDU	Sakarya Uygulamalı Bilimler University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-3, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 15

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Murat ÖZDAL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Literature Review Of "Crime And Addiction" Studies Produced In Türkiye	Emrullah BOZKURT Assist.Prof.Dr.Burak ACAR	Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE
Results Of A Tai Chi Introduction Event As A Social Contribution Project Of A Research And Application Center	Assoc.Prof.Dr. Şebnem AVCI Lect. Gözde TEKİN	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE
Histometric Analysis Of Goblet Cells And Histological Changes In The Small Intestine During Pregnancy	Assoc. Prof. Dr. Erhan ŞENSOY	Karamanoglu Mehmetbey University TÜRKİYE
Current Wound Care Practices In Palliative Care And The Role Of The Wound Care Nurse	Hanife İNÇ Lect.Dr.Şahizer ERAYDIN	Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE
Artificial Intelligence Advisory In Audiology-Based Sensory Integration Approaches: Clinical Accuracy And Consistency Analysis Of Chatgbt Responses	Assoc. Prof. Dr.Banu BAŞ Emine Nur ATEŞ	Ankara Yıldırım Beyazıt University TÜRKİYE
Investigation Of The In Vitro Characterization Properties Of Vitamin D-Loaded Oxidized Bacterial Cellulose Hydrogel Carriers For Intra-Articular Applications	Prof. Dr. Songül CÖMERT KILIÇ Prof. Dr. Murat ÖZDAL	Ataturk University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-4, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Assist.Prof.Dr. Hüseyin YÜCE

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Investigation Of The Rear Fan Design Of A Tumble Dryer By Using Open-Source Computational Fluid Dynamics Software	Sadettin KARAOĞLAN Assist.Prof.Dr.Levent AYDINBAKAR	Bursa Technical University TÜRKİYE
Influence Of High Temperature On The Low-Speed Impact Behavior Of Basalt/Epoxy Composites	Mehmet İskender ÖZSOY	Sakarya University TÜRKİYE
Impact Responses Of Jute/Basalt Fiber Hybrid Composites At Room And Elevated Temperatures	Mehmet İskender ÖZSOY	Sakarya University TÜRKİYE
Experimental Investigation Of The Bending Behavior Of S235 Steel Profiles With Different Punch Geometries	Melike Nur BERBEROĞLU Assoc.Prof.Dr.Emre ESENER	Bilecik Seyh Edebali University TÜRKİYE
An Investigation Of The Co_2 Sequestration Capacities Of Biochars Produced From The Cynara Cardunculus Wild Plant Under Different Production Parameters	Assoc. Prof. Dr. Yunus Emre ŞİMŞEK	Bilecik Şeyh Edebali University TÜRKİYE
A Mobile Communication-Based System Design For Real-Time Telemetric Field Data Acquisition	Ali Can TELLİOĞLU Assist.Prof.Dr.Uğur KESEN Assist.Prof.Dr. Hüseyin YÜCE Aykut DANA	Tümosan Teknoloji Mühendislik Sanayi Ticaret A. Ş. TÜRKİYE Marmara University TÜRKİYE
Ai-Based Mqtt Cybersecurity Gateway Design In Matlab For Internet Of Things (Iot) Systems	Burak Süha MİNAZ Assist.Prof.Dr. Hüseyin YÜCE Assist.Prof.Dr.Uğur KESEN	Marmara University TÜRKİYE
Structural Cabling Design In High-Capacity Data Centers: Comparison Of Classic Lc And Mpo/Mtp Architectures And A Python-Based Simulation Tool	İbrahim TAŞ Prof. Dr. Murat YÜCEL	Gazi University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-5, Session-3

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 15

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ferhat PEHLİVANOĞLU

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Relationship Between The Use Of Green Production Technologies And Environmental Efficiency In Olive Oil Production	Eren GÜRSOY Assoc.Prof.Dr.Hatice TÜRKTEN	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
Determining Consumers' Milk And Dairy Product Consumption Habits In The Province Of Samsun	Sinan DURSUN Assist.Prof.Dr.Kerem HAZNECİ	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
Quality Management Systems And Student Satisfaction Management In Higher Education: A Systematic Examination Within The Context Of Ondokuz Mayis University's Unikys (University Quality Management System).	Assoc.Prof.Dr.Çağatay YILDIRIM Yahya AYSAN	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
The Use Of Artificial Intelligence As An Information Source In Psychiatric Disorders: The Case Of Chatgpt And Depression	Asst. Prof. Dr. İbrahim KARAKAYA	İstanbul Gelişim University TÜRKİYE
Military And Political Developments In Kars After The Armistice Of Mondros	Assoc. Prof. Dr.İlyas TOPÇU	Kafkas University TÜRKİYE
An Analysis Of Technical Efficiency And Productivity In The Turkiye Electricity Distribution Sector	Prof. Dr. Ferhat PEHLİVANOĞLU Zeynep GÜRBÜZ	Kocaeli University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-6, Session-3

ANKARA LOCAL TIME

11 00 : 12 45

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Assist.Prof.Dr.Yıldıray ÇAVDAR

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Examining Parenting Processes In Mothers Of Gifted And Twice-Different Children:Burnout, Co-Parenting, Self-Efficacy, And Psychological Resilience	Zehra Aycan ÇETİNKAYA Melahat Sıla HAKVERDİ Assist.Prof.Dr.Elif ÜNAL Prof. Dr. Yeliz KINDAP TEPE	Ondokuz Mayıs niversity TÜRKİYE
Examınatıon Of Love Addıctıon In Unıversıty Students In Terms Of Gender, Relatıonshıp Duratıon, And Physıcal Dıstance	Osman DEMİR Lect.Dr. Uğur KAÇMAZ Prof. Dr. Yeliz KINDAP TEPE	Ondokuz Mayıs niversity TÜRKİYE
Investıgatıon Of The Relatıonshıp Between Socıal Comparıson Emotıonal Eatıng And Self-Crıtıcal Rumınatıon	Melisa BAŞDUVAR Assist.Prof.Dr.Nilgün ONNAR	İstanbul Arel University TÜRKİYE
On A New Copy Of Dâstân-I Ejderhâ	Assist.Prof.Dr.Yıldıray ÇAVDAR	Selçuk University TÜRKİYE
Interpretation Of Verses Containing "Minnet" (Favor/Obligation) In Surah Al-Baqarah Within The Context Of Beyânu'l-Hak Tafsir"	Feyza AKYÜZ	Kırıkkale University TÜRKİYE
The Influence Of Ishtiqāq (Morphological Derivation) On Qur'anic Exegesis	Salih TERZİ	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE
A Comparative Analysis Of The 2018 Middle School Mathematics Curriculum And The 2024 Tymm Algebra Learning Area Within The Framework Of The Tyler Model.	Merve ÇOLAK Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ	Bursa Uludağ University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-7, Session-3

ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 817 4868 2500	
11 [00] : 12 [30]		PASSCODE: 637606	

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Şenay KAYĞIN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Famıly Language Polıcy: A Case Study Of A Turkısh-Russıan Bılıngual Famıly	Res. Assist.Esra Nur TOPÇU Prof. Dr. İsmail YAMAN	Amasya University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
The Transformation In Newspaper Printing Technologies And The Process Of Evolution Towards Digital Media	Res. Assist. Dr.Ali TANER	Süleyman Demirel University TÜRKİYE
The Transformation Of Magazine Journalism İn The Turkish Press: A Comparative Analysis Of Hürriyet And Sabah Newspapers	Res. Assist. Dr.Ali TANER	Süleyman Demirel University TÜRKİYE
From The Old Corps To The New Army: Institutional Transformation In The Military Regulations Of 1826–1827	Assist.Prof.Dr.Fatih ÖZASLAN	Afyon Kocatepe University TÜRKİYE
Oecd Pillar Two: Integration Of The Global Minimum Corporate Tax Into Turkish Tax Legislation And The Transformation Of Investment Incentives	Lect.Dr. Cemil ALTUN	Aksaray University TÜRKİYE
The Subconscious And Memory As A Darkroom Metaphor In Günter Grass's The Box: Tales From The Darkroom	Prof. Dr. Şenay KAYĞIN	Atatürk University TÜRKİYE

23.05.2026 / Hall-8, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 12 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mohammed H. Al Maamori

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Historical And Economic Geography Of The Black Sea	Dr. Mohammad Jafar Chamankar	Urmia University IRAN
Intellectual Property In Commercıal Franchıse Actıvıtıes	Huynh Mai Yen	Thu Dau Mot University VIETNAM
Ethical Ai, Data Privacy, And Algorithmic Accountability In Educational Management	Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Adebayo Samuel ADEOGUN Oluwanifemi Opeyemi AGOI	Obafemi Awolowo University NIGERIA
Barriers And Factors Influencing Adherence To Home Physiotherapy Programs In Patients With Cervical Spondyloarthrosis	Behije GOLLOBËRDA Rajmonda OBONI Brikena GJATA Ilma TOÇI Seli KRYEZIU Andja LALA	University of Elbasan ALBANIA
Sikhism In The Age Of AI Digitizing The "Langar" Spirit Through Smart Resource Management	MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University PAKISTAN
Development And Implementation Of A Virtual Chemistry Laboratory For Enhancing Learning Outcomes Among Senior Secondary School Students In Abuja, Nigeria	Anga, Peter Inalegwu Dr. Idris S.B. Bauchi	Federal University NIGERIA
Thyroid Hormone Levels And Their Association With Plasma Zinc Levels Among Adolescent Afghan Refugees; A Cross-Sectional Study	Dr Saima Shaheen Dr Nabila Sher Dr. Kalsoom Tariq	Khyber Girls Medical College
Establishing The Legal Content Of The "Right To Climate Stability" As An Autonomous Human Right	Hoang Le Buu	Thu Dau Mot University VIETNAM
Computational Approaches In Breast Cancer Research	Maroua RIAD Jamal MABROUKI Ahmad AL-SHAMI	Mohammed V University MOROCCO
The Falah (Well-Being) Index: An Alternative To GDP For Measuring Islamic Sustainable Development	Dr.Zahiduzzaman Zahid Mufti Md. Maksudul Haque Mufti Dr. Mohammad Masum Billah Md. Mozammel Hoque Md Mahfujur Rahman	Islamic University

23.05.2026 / Hall-9, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 12 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION Fedi Ben Dhaou

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Physical and Cognitive Sequelae Following Critical Illness: A Single-Center Study at CHU Habib Bourguiba, Sfax	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Long-Term Outcomes of ICU Survivors in Tunisia: A Cross-Sectional Assessment	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Muscle Weakness and Functional Limitations After ICU Discharge: Findings from a Tunisian Cohort	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Post-Intensive Care Syndrome in a Tunisian Surgical ICU: Frequency, Profile and Associated Factors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Functional Independence and Activities of Daily Living Among ICU Survivors: Assessment Using the Barthel Index	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Fatigue, Pain and Nutritional Status Following Surgical Intensive Care: A Post-Discharge Evaluation	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Six-Minute Walk Test Performance as a Marker of Functional Recovery in Post-ICU Patients	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Physical Sequelae of Critical Illness: Prevalence and Severity in Tunisian ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA

23.05.2026 / Hall-10, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 12 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Fedi Ben Dhaou

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Impact of ICU Length of Stay on Physical Recovery: Evidence from a Surgical Reanimation Unit	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Dysphagia and Dysphonia Following Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Cognitive Impairment Following ICU Stay: Memory, Attention and Executive Function Disorders in Tunisian Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Post-ICU Cognitive Dysfunction: Prevalence and Characteristics in Surgical ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Sleep Disorders as the Leading Cognitive Sequela After Intensive Care: A Post-Reanimation Assessment	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Anxiety, Depression and Post-Traumatic Stress Disorder Among ICU Survivors: A Psychological Assessment Using HADS and PCL-5	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
From Entertainment to Addiction: Gaming Disorder Among Tunisian Adolescents	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Post-Intensive Care Syndrome: Physical and Cognitive Sequelae in Surgical ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Effect of Music Therapy on Patients' Tolerance and Anxiety During Bronchoscopy	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA

23.05.2026 / Hall-11, Session-5

ANKARA LOCAL TIME

12 00 : 14 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Fedi Ben Dhaou

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Post-Traumatic Stress Disorder Following Critical Illness: Screening Results in a Tunisian ICU Cohort	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Self-Esteem and Emotional Disorders in Patients After Surgical Intensive Care Hospitalization	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Psychological Burden of Post-Intensive Care Syndrome: Anxiety and Depression Screening inTunisian Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Health-Related Quality of Life After ICU Discharge: An SF-36 Assessment Among Surgical ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Multidimensional Impairment of Quality of Life in Post-Reanimation Patients: A Tunisian Perspective	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Nursing Assessment of Post-Intensive Care Sequelae: Toward a Structured Follow-Up Protocol	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Early Detection of Post-Intensive Care Syndrome: Implications for Nursing Practice in Tunisian ICUs	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Social Reintegration and Quality of Life Following Critical Illness in a Tunisian Population	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA

23.05.2026 / Hall-12, Session-5

ANKARA LOCAL TIME

12 00 : 14 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Fedi Ben Dhaou

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Multidisciplinary Rehabilitation After Critical Illness: Identifying Gaps in Post-Reanimation Care in Tunisia	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Post-ICU Follow-Up and Rehabilitation Needs Among Surgical ICU Survivors: A Call for Structured Nursing Pathways	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Impact of Mechanical Ventilation Duration on Physical and Cognitive Outcomes in Surgical ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Association Between ICU Complications and Post-Discharge Physical Sequelae: A Cross-Sectional Analysis	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Functional Recovery and Return to Work Following Surgical Intensive Care: Determinants and Barriers	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Predictors of Poor Functional Recovery Following Surgical ICU Hospitalization: A Multivariable Analysis	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Pre-Admission Functional Status as a Determinant of Post-ICU Dependence: Evidence from a Tunisian Cohort	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Unmet Rehabilitation Needs Following Critical Illness: Physiotherapy, Psychology and Speech Therapy Gaps in Tunisian ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA

23.05.2026 / Hall-13, Session-5

ANKARA LOCAL TIME

12 00 : 14 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Fedi Ben Dhaou

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Medical Follow-Up Patterns and Specialist Referral After ICU Discharge: Findings from a Tunisian Cohort	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Chronic Pain Following Surgical Intensive Care: Prevalence, Intensity and Impact on Daily Functioning	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Nutritional Status and Weight Loss After ICU Discharge: Prevalence and Clinical Implications in Tunisian Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Sleep Disturbances as a Major Post-Intensive Care Sequela: Insomnia, Hypersomnia and Non-Restorative Sleep Patterns	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Return to Work After Surgical ICU Hospitalization: Rates, Barriers and Associated Factors in a Tunisian Population	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Professional Reintegration Following Critical Illness: Impact of Physical and Cognitive Sequelae on Work Resumption	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Psychometric Tools for Post-ICU Sequelae Screening: Validity and Clinical Utility of MRC, FAS, HADS, PCL-5 and SF-36 in Tunisian ICU Survivors	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA
Telephone-Based Assessment of Post-Intensive Care Syndrome: Feasibility and Results in a Resource-Limited Setting	Fedi Ben Dhaou,Amal Ayedi Maroua Trigui,Faiza Grati Fares Mezghani, Mohamed Seddik Regaieg, Ahlem Kannou,Mondher Kassis,Bassem Abid	Habib Bourguiba University TUNISIA University of Sfax TUNISIA

23.05.2026 / Hall-14, Session-5

ANKARA LOCAL TIME

12 00 : 14 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mohammed H. Al Maamori

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Clothing Costumes And Lifestyle Practices Of The Gond Tribes: A Review	Dr Madan Lal Regar Chinmayi Riya Nikeeta Rushi Gajbhiye Vaishnavi Ambesange	National Institute of Fashion Technology INDIA
Reimagining Zelophedad's Daughters: A Phenomenological Study Into Muslim Women's Participation In Teacher Education And Its Impact On Girl-Child Literacy In Northern Nigeria	Favour C. Uroko (Ph.D)	University of Nigeria
Governance In The Age Of AI: Rethinking Decision-Making Through Data And Algorithms	Fatine BENKIRANE Achraf EL IDRISSI OUSSAMA EL-OGRI Mohamed AIT OUDRA Samir ERRABIH SALOUWA REMMAL ABDELLATIF TAGHZOUTI	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO
Artificial Intelligence In Continuous Auditing: A Bibliometric Analysis Of Real-Time Data Processing Research	Fatine BENKIRANE EL HJAJBI Yasmine Mohamed AIT OUDRA Samir ERRABIH TAMNINE Larbi	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO
Effect Of Micro And Nano-Lead On The Mechanical Properties On Silicone Rubber.	Fadhil Ketab Dahash Prof. Dr. Jamal Charara Prof. Dr. Mohammed H. Al Maamori	Lebanese University Lebanese University IRAQ
A Novel Transdermal Approach To Combat Anemia: Bio-Functionalized Iron Oxide Nanoparticles Using Cichorium Intybus	Rashna Mirza ,Kifayat Ullah Shah Amjad Ali Shah Aqeedat Javed Atif Ullah Khan Asim ur Rehman Shefaat Ullah Shah Adullah R.Alanzi Sakina Niyazi	Quaid-i-Azam University PAKISTAN King Saud University SAUDI ARABIA IFTM University INDIA
Characteristics Of Junior And Adult Basketball Players' Perceptions Of Their Coaches' Leadership	Justas BRAŽAS Prof. Dr. Romualdas MALINAUSKAS	Lithuanian Sports University Lithuanian
Investigation Into The Aerodynamic Characteristics Of A Yak Training Aircraft Via Cfd-Based Numerical Simulation	Lai Cong Hoan Nguyen Thanh Cuong Mai Duc Nghia	Air Force Officer's College VIETNAM
Using Ansys Fluent Software To Evaluate The Aerodynamic Characteristics Of The Aircraft At Various Angles Of Attack	Lai Cong Hoan Nguyen Thanh Cuong Mai Duc Nghia	Air Force Officer's College VIETNAM

24.05.2026 / Hall-1, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10 00 : 12 00

EETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Assoc.Prof.Dr.Gülpınar ASLAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Relationship Between Sustainable Food Literacy And Sustainable Eating Behaviors Among University Students	Hatice Sude AKTAŞ Assist.Prof.Dr.Rabia Nur KOCAMIŞ	Nişantaşı University TÜRKİYE
The Effect Of Education On Nutrition And Physical Activity Given To Mothers Of Children Aged 6-18	Assoc.Prof.Dr.Gülpınar ASLAN Fatma GÜL CAN Elif KANT	Agri Ibrahim Cecen University TÜRKİYE Ataturk University TÜRKİYE
An Invisible Burden On Employee Health: Workplace Mobbing As A Psychosocial Risk Mobbing	Assoc.Prof.Dr.Gülpınar ASLAN Assist.Prof.Dr.Pınar ERYILMAZ Lect.İrfan KAPLAN	Agri Ibrahim Cecen University TÜRKİYE
Psychometric Assessment Of The Turkish Adaptation Of The Health Information Security And Privacy Awareness Scale (Hispas-26)	Tayfun BAYRI Assist.Prof.Dr.Ahmet GENÇ	İstanbul Aydın University TÜRKİYE
Leaf-Like Traumatic Fibroma: Case Report	Uzm. Dt. Deniz Gül SARIDOĞAN Uzm. Dt. Gülnur SAĞLAM	Nilüfer Oral and Dental Health Hospital TÜRKİYE
Treatment Of Multıple Gıngıval Recessıon Usıng Connectıve Tıssue And Modıfied Tunnel Technıque: Case Report	Uzm. Dt. Gülnur SAĞLAM Uzm. Dt. Deniz Gül SARIDOĞAN	Nilüfer Oral and Dental Health Hospital TÜRKİYE
An Investigation Of Creative Thinking Levels Among Taekwondo Practitioners	İrem ALTUNAY Assoc.Prof.Dr. İzzet İSLAMOĞLU	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
Strategic Management Of Sports In Educational Organizations	Ozan AKILLI Ünal SAKİ	Ağrı İbrahim Çeçen University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-2, Session-1

ANKARA LOCAL TIME

10 00 : 11 45

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dr.İmge İhsane ÖZCAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Sustainable Food Literacy	Lect.Dr.Eda BALCI	İstanbul Beykent University TÜRKİYE
The Effects Of Sustainable Diets On Health	Lect.Dr.Eda BALCI	İstanbul Beykent University TÜRKİYE
The Role Of Nano-Fertilizers In Plant Growth And Physiology Of Medicinal And Aromatic Plants	Asst. Prof. Dr.İmge İhsane ÖZCAN	Zonguldak Bülent Ecevit University TÜRKİYE
Potential Effects Of Oxygen Nanobubble Technology On Seed Germination	Asst. Prof. Dr.İmge İhsane ÖZCAN	Zonguldak Bülent Ecevit University TÜRKİYE
Silico Identification Of Candidate Mirnas Associated With Abiotic Stress In Turkish Hazel (Corylus Colurna L.)	Deniz GÜNEY Prof.Dr.Semiha Erişen	Yıldız Technical University TÜRKİYE
Optimization Of Protein Extraction From Mulberry Leaves	Ayşenur YAŞAR	-
Activities Of Life Model In Postoperative Care After Coronary Artery Bypass Graft: Case Report	Fatma Nur POLAT Prof. Dr. Funda ÇETİNKAYA	Aksaray University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-3, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Songül TÜMKAYA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Examination Of Primary School Students' Perceptions Of The Nature Of Science	Prof. Dr. Songül TÜMKAYA Kemal DEMİRDEN	Çukurova University TÜRKİYE
Views Of Primary School Teachers Working In Private Schools On Their Professional Motivation And Work Processes	Prof. Dr. Songül TÜMKAYA	Çukurova University TÜRKİYE
The Young Adult Child's Experience Of Parental Divorce: An Analytical Autoethnographic Study	Can DÜNDAR Prof. Dr. Yücel CAN	Niğde Ömer Halisdemir University TÜRKİYE
Professional Decisions And Parenting Experiences Of Social Workers Working In The Field Of Child Protection	Reyyan ACAR Assist.Prof.Dr. Beyhan DOĞAN	Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE
Forced Migration And The Restructuring Of Family Roles After The February 6 Earthquakes: An Analysis Within The Context Of The Faar Model	Selim USLUOĞLU Prof.Dr.Sevilay ŞAHİN	Gaziantep University TÜRKİYE
The Theoretical Transformation Of Instructional Supervision: Management Theories, Supervision Models And The Guidance-Based Paradigm	Metin YAĞAR	MEB TÜRKİYE
Evaluation Of Postoperative Ileus Developing After Traumatic Abdominal Surgery According To The Roy Adaptation Model: A Case Report	Nesibe ERDEMCİ Funda ÇETİNKAYA	Aksaray University TÜRKİYE
Nursing Care Of A Patient With Subdural Hematoma According To Orem's Self-Care Deficit Theory: A Case Report	Nesibe ERDEMCİ Funda ÇETİNKAYA	Aksaray University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-4, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: **Assoc.Prof.Dr. Sevcan YILDIZ**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Systematic Review Of Theses Written About Kisas Village In The Şanliurfa Sample:1992 – 2011	Assoc.Prof.Dr. Sevcan YILDIZ Dr. Abdulhalik PINAR	Harran University TÜRKİYE
The First Long-Distance Hiking Route Of Şanliurfa: The Göbeklitepe Trail Project	Dr. Abdulhalik PINAR Assoc.Prof.Dr. Sevcan YILDIZ	Harran University TÜRKİYE
Innovation Capability And Firm Growth: The Mediating Role Of Innovation Performance In Developed And Emerging Markets	Assoc. Prof. Dr. Altug OCAK	Istanbul Beykent University TÜRKİYE
The Role Of Generations In The Relationship Between Service Quality, Satisfaction And Behavioral Intention In Museums	Rana Ebrar SAKAL Eda MUTLU Assoc.Prof.Dr.Onur Cüneyt KAHRAMAN	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE
Structural Transformation In The Turkish Economy During The 1970–1990 Period: Crisis, Stabilization, And Liberalization	Assist.Prof.Dr.Zeynep GÜNAY	Balıkesir University TÜRKİYE
From Agricultural Expansion To Foreign-Exchange Bottleneck: The Political Economy Of The Turkish Economy In The 1950S	Assist.Prof.Dr.Zeynep GÜNAY	Balıkesir University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-5, Session-2

ANKARA LOCAL TIME

10 30 : 12 45

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Prof.Dr.Aybaba HANÇERLİOĞULLARI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Efficiency Calibration Of Nanofluid Hybrid Pv/T Cooled Systems In Solar Energy Storage Systems	Lect.İlknur ŞAHİN Prof.Dr.Adnan SÖZEN Assoc.Prof.Dr.Rezvan REZAIZADEH Prof.Dr.Majid MONAJJEMI Prof.Dr.Aybaba HANÇERLİOĞULLARI	Middle East Technical University TÜRKİYE Alparslan Türkeş Science and Technology University TÜRKİYE University of Applied Science,IRAN Kastamonu University TÜRKİYE
Boron Mıneral Types, The Role Of Global Dıstrıbutıon, And Determınatıon Of Productıon And Consumptıon Levels	Assoc.Prof.Dr..Rezvan REZAIZADEH Prof.Dr.Majid MONAJJEMI Prof.Dr.Adnan SÖZEN Prof.Dr.Aybaba HANÇERLİOĞULLARI Lect.İlknur ŞAHİN	University of Applied Science IRAN Kastamonu University TÜRKİYE Alparslan Türkeş Science and Technology University TÜRKİYE Middle East Technical University TÜRKİYE
A Dıgıtal Twın-Drıven Aı Framework For Energy-Aware Multı- Objectıve Productıon Schedulıng	Dr. Erhan BARAN	Gazi University TÜRKİYE
Numerıcal Investıgatıon Of The Effect Of Number Of Branches On The Thermal Performance Of A New Y-Shaped Fractal Mını- Channel Heat Sınk	Lect.Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU Lect.Salih GÜVERCİN	Amasya University TÜRKİYE
Numerıcal Investıgatıon Of Fluıd Temperature Varıatıon In A New Y-Shaped Fractal Water-Cooled Mını Channel Heat Sink	Lect.Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU Lect.Salih GÜVERCİN	Amasya University TÜRKİYE
Fire Suppression Systems In Archives	Lect.Dr. Recep Çağrı ORMAN Gonca Nur EKİCİ	Gazi University TÜRKİYE
Seismic Site Response Analysis With Soft Soil Interlayers: Parametric Study, Amplification Characterization, And Predictive Modeling	Assist.Prof.Dr.Kaveh DEHGHANIAN Mustafa Tolga YILMAZ	Istanbul Aydin University TÜRKİYE Middle East Technical University TÜRKİYE
Analysis Of Student Happiness Using Machine Learning: The Effects Of Social, Economic, And Academic Factors	Havva Belinay YÜCE Assoc.Prof.Dr. Serdar KIRIŞOĞLU	Düzce University TÜRKİYE
Malicious Domain Detection With Machine Learning Methods	Esra DİNÇ SARIDAL Prof. Dr. Suhap ŞAHİN	Kocaeli University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-6, Session-3

ANKARA LOCAL TIME

11 00 : 13 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Assoc.Prof.Dr. CEYDA AKSOY TIRMIKÇI

Topic Title	AUTHORS	AFFILIATION
Comparative Analysis Of The Effect Of Clahe Preprocessing On Yolov8 And Faster R-Cnn Models For Mass Detection In Mammography Images	Rumeysa ÜSTÜN Assist. Prof. Dr.Hikmetcan ÖZCAN	Kocaeli University TÜRKİYE
Scalıng Renewable Energy In Egypt: A Comparatıve Analysıs Of A Utılıty-Scale 3.5 Gw Pv Statıon Agaınst Global Benchmarks And Local Thermal Generatıon	Mohamed Shawki NEGM Assoc. Prof. Dr.Ceyda AKSOY TIRMIKÇI	Sakarya University TÜRKİYE
A Fuzzy Axıomatıc Desıgn Approach For End-Of-Lıfe Strategy Selectıon Of Coffee Maker Components: A Comparatıve Study Wıth Fuzzy Topsıs	Monypanchakrith SOUS Assoc.Prof.Dr.Sena AYDOĞAN	Gazi University TÜRKİYE
Effects Of Natural Extract And Emulsifier On The Physical Properties Of Active Food Packaging Films	Gizem ÇAKMAK Assoc.Prof.Dr.Fatma Nur PARIN	Bursa Technical University TÜRKİYE
Comparative Analysis Of Dispute Resolution Methods In Construction Projects Within The Framework Of The Turkish Public Procurement Authority (Ppa) And Fidic Contracts	Murat DEMİR Assoc.Prof.Dr.Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ	Erzincan Binali Yıldırım University TÜRKİYE
Modeling Diffuse Solar Radiation And Pv System Performance In Khartoum, Sudan	Assoc.Prof.Dr. CEYDA AKSOY TIRMIKÇI Ahed Eisa Bushra Mohamed	Sakarya University TÜRKİYE
Effect Of Selective Laser Melting Process Parameters On The Structural Properties Of Ti6al4v Alloy	Abdulaziz ALKAN Assist.Prof.Dr.Özkan GÖKÇEKAYA Dilara AYMERGEN Karahan OCAK Res. Assist.F. Betül YILMAZ GÜLER Fatih AKSU Assoc. Prof. Dr.Gülşah AKTAŞ ÇELİK Prof. Dr. Ş. Hakan ATAPEK	Kocaeli University TÜRKİYE The University of Osaka JAPAN
Structural Characterization Of Ti6al4v Alloys Produced By Selective Laser Melting And Casting Methods	Karahan OCAK Assist.Prof.Dr.Özkan GÖKÇEKAYA Abdulaziz ALKAN Dilara AYMERGEN Res. Assist.F. Betül YILMAZ GÜLER Fatih AKSU Assoc. Prof. Dr.Gülşah AKTAŞ ÇELİK Prof. Dr. Ş. Hakan ATAPEK	Kocaeli University TÜRKİYE The University of Osaka JAPAN

24.05.2026 / Hall-7, Session-3

ANKARA LOCAL TIME
11 00 : 13 00

MEETING ID: 817 4868 2500
PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Lect. Dr.Osman Ziyaettin YAĞCI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Tracing A Lost Metropolis: The Ancient Development And Forgotten Heritage Of Apamea	Baraa KALKAL Assoc.Prof.Dr.Çiğdem BOGENÇ	Karabük University TÜRKİYE
Comparatıve Analysıs Of Clımate-Responsıve Urban Desıgn In Doha	Viddurrahman GANNUM Prof. Dr. Narmin AGHAYEVA	Karabük University TÜRKİYE
A Bıblıometrıc Analysıs Of Aı-Supported Documentatıon Of Lost Cultural Herıtage In Archıtectural Hıstory	Lect. Dr.Osman Ziyaettin YAĞCI	Karabuk University TÜRKİYE
A Bibliometric Analysis Of 3d Modeling And Ar/Vr Applications In Architectural History	Lect. Dr.Osman Ziyaettin YAĞCI	Karabuk University TÜRKİYE
Investigation Of The Applicability And Cost Analysis Of Seismic Isolation Methods For Kocaeli	Yusuf TURGUT Asst. Prof. Serkan ENGİN	Kocaeli University TÜRKİYE
Investigation Of Albums Released By International Turkish Piano Performers In Classical Music	Assoc.Prof.Dr. Hakan BAĞCI Erhan Furkan ALAN	Kocaeli University TÜRKİYE
The Influence Of The Viscoelasticity Of The Hollow Cylinder Containing A Compressible Inviscid Fluid On The Dispersion Of Quasi-Scholte Waves Propagating On This System	Muhammet Yuşa CANSIZ Assoc.Prof.Dr. Tarık KOÇAL Prof. Dr. Surkay D. AKBAROV	Ministry of Transport and Infrastructure TÜRKİYE Yildiz Technical University TÜRKİYE Baku State University AZERBAYCAN
A Conceptual Framework For Connection Design In Digital Modular Architecture: From Monolithic Integration To Autonomous Nodes	Gül Pınar MUTLU Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK Assoc.Prof.Dr.Güneş MUTLU AVİNÇ	Gazi University TÜRKİYE Ankara Yıldırım Beyazıt University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-8, Session-3

ANKARA LOCAL TIME	MEETING ID: 817 4868 2500
11 [00] : 13 [45]	PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Res. Assist. Dr.Michael Deniz YILMAZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Personalized Marketing And Customer Loyalty: A Study In The Restaurant Industry	Lae Lae PHYO Pan Sut YE Asst. Prof. Abdülkadir ŞENCAN	Istanbul Ticaret University TÜRKİYE
Bıblıometrıc Analysıs Of Sustaınabılıty Studıes In Munıcıpalıtıes	Assoc.Prof.Dr. Gözde KOCA Yeşim ANKARA Maher JARADA	Bilecik Şeyh Edebali University TÜRKİYE
From Volunteers To Donors: Relatıonshıp Marketıng Efforts In Nonprofıt Organızatıons Wıthın Post-Conflıct Contexts	Leyla KUDSİ Assist.Prof.Dr.Abdülkadir ŞENCAN	İstanbul Ticaret University TÜRKİYE
Italy's Asian Diplomacy: Spatial And Temporary Patterns Of Leaders' Visits	Zehra Nur KOÇ	Sakarya University TÜRKİYE
Underwater Archaeology In The Black Sea: Infrasrtucture, Researches And Scientific Potentials In Türkiye	Res. Assist. Dr.Michael Deniz YILMAZ	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE
Tikinti Müəssisələrində Ümumi Istehsal Xərclərinin Uçotu Və Bölüşdürülməsi Problemləri	Fariz MÜSLÜMOV	Bakı Mühəndislik University AZERBAYCAN
Balancing Risk And Return In The Customer Portfolio	Guliyev Araz GUNDUZ	Baku Engineering University AZERBAYCAN
Impact Of Ifrs-18 And The 2026-2027 Accounting Changes On Marketing Expenditures And Performance Measurements	Prof. Dr. Selim CENGİZ Prof. Dr. Tülin DURUKAN Assist. Prof. Dr.Serhat KARAOĞLAN Assoc. Prof. Dr.Cihat KARTAL	Kırıkkale University TÜRKİYE
Loneliness And Pet Ownership: Pet Attachment As A Psychological Protective Factor And Its Effect On Consumption Behaviors	Yasin TAŞ Prof. Dr. Tülin DURUKAN Assoc. Prof. Dr.Cihat KARTAL Assist. Prof. Dr.Serhat KARAOĞLAN	Kırıkkale University TÜRKİYE

24.05.2026 / Hall-9, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 13 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: **Associate ProfessorMadona Kebadze**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Integrity Crisis And Food Fraud At Food Festivals: A Netnographic Study	Mohd Farhan Md Ariffin Isya An-Nashrah Azhar	Universiti Kebangsaan Malaysia
Historical Foundations Of Georgia's Foreign Policy Orientation: Competition Between European And Russian Influences In The 20th–21st Centuries	Associate ProfessorMadona Kebadze	Iakob Gogebashvili Telavi State University GEORGIA
Closed Trials In Vietnamese Criminal Procedure Law	Ms. Tran Thi Thanh Hang, Nguyen Thi Khanh Ly	Thu Dau Mot University VIETNAM
Indigenous "Spirituality 2.0" AI-Powered Language Preservation And Ritual Mapping For First Nations	MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University PAKISTAN
Expressing The Heaven–Earth–Human Triad In Traditional East Asian Ceramics	Nguyen The Vinh Le Thanh Binh Hoang Le Buu	Thu Dau Mot University VIETNAM
The Philosophy Of "Learning To Become A Human Being" In The Eastern Intellectual Tradition	Anh LE THI NGOC Trung NGUYEN TAN	Korea College of Binh Duong VIETNAM
Explainable Artificial Intelligence (XAI) As A Pedagogical Paradigm For Enhancing Teaching Quality, Diversity, And Inclusive Learning To Improve Higher-Order Cognitive Skills In Computer Logic Gates Among Pre-Service Teachers In Colleges Of Education In Nigeria	Solomon Onen Abam Promise Thomas Itam Daniel Obakesa Ogwede	-
Production And Characterization Of Carbon Nanotubes From Biochar Under Microwave Irradiation.	Faisal Nazir	Department Of Physics, Faculty Of Sciences, The University Of Agriculture, Faisalabad, PAKISTAN
Spectral Representations and Harmonic Analysis on Hilbert Spaces: A Unified Framework for Modeling Economic Development Dynamics	Manal Elzain Muhammad Kamran	King Khalid University SAUDI ARABIA Shenzhen University CHINA

24.05.2026 / Hall-10, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 13 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Melik Sami

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Generative Design through Mathematics: A Study of Rule-Based Geometric Transformations in Architecture.	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Geometric Order and Digital Form: Proportion as a Bridge Between Classical and Computational Architecture	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Generative Geometry and Spatial Cognition: The Role of Voronoi Diagrams in Architectural Behavior Analysis	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Differential Geometry in Architecture: Modeling Free-Form Structures through Curvature-Driven Desig	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Data-Driven Architectural Design: Machine Learning Approaches for Predicting Spatial and Environmental Performance	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Reconceptualizing Architecture as Art: Integrating Fine Art Methodologies into Spatial Design Practice	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Bridging Dimensions: Methodologies for Converting Two-Dimensional Abstraction into Three-Dimensional Architecture	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Computational Morphogenesis in Architecture: Parametric Strategies for Integrating Form and Structural Logic	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Fragmentation and Continuity: Reconciling Cubist Aesthetics with Spatial Coherence in Architecture	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA
Illuminating Experience: The Role of Light in Shaping Emotional and Perceptual Responses in ArchitB432ecture.	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA

24.05.2026 / Hall-11, Session-4

ANKARA LOCAL TIME

11 30 : 13 30

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: DR. SELVAM

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Art And Evolution Of Photography	M.DHARANI DR. SELVAM	S. Vellaichamy Nadar College INDIA
The Impact Of 5g Technology On Global Communication	S. DHARANI DR. S. SELVAM	S. Vellaichamy Nadar College INDIA
Role Of Jaggery (Saccharum Officinarum), Black Sesame Seeds (Sesamum Indicum), And Poppy Seeds (Papaver Somniferum) Supplementation With Warm Water In Rheumatoid Arthritis Management	Tasawar Iqbal Sidra Altaf	University of Agriculture PAKSITAN
Therapeutic Importance Of Camel Milk In Enhancing White Blood Cell Levels And Immune Function	Tasawar Iqbal Sidra Altaf	University of Agriculture PAKSITAN
Nanotechnology-Based Anti-Inflammatory Mechanisms Of Dandelion (Taraxacum Officinale) In Rheumatoid Arthritis Management	Tasawar Iqbal Sidra Altaf	University of Agriculture PAKSITAN
Neuro-Symbolic AI Architectures For Global Anti-Fraud Frameworks And High-Value Corporate Donor Vetting	MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University
Deep Micro-Targeting Predictive Neural Networks for Maximizing International Donor Acquisition for Pakistani NGOs	MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University
Subacute Toxicological Evaluation Of The Ethanolic Seed Extract Of Smyrnium Olusatrum L. In Mice	Zineb SEKKOUT Omaima BOUDAIA Driss RADALLAH Najat EL AMRANI EL HAMSAS EL YOUBI Amal	Ben M'Sik, University Hassan II, MOROCCO
Local Stability Analysis Of An Infection-Age Mathematical Model For COVID-19 Disease Dynamics	Ogwede, Daniel Obakesa AGBO Christiana Ene	University of Abuja NIGERIA
Prevention Of Aircraft Accidents Through Human Factors Management	Marijana Zimonjic	Megatrend University SERBIA

24.05.2026 / Hall-12, Session-5

ANKARA LOCAL TIME

11 00 : 13 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Dr.Samia Moustaghfir

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Rethinking Critical Thinking Pedagogies In The AI Era: Toward A Framework For Critical AI Literacy	Dr.Samia Moustaghfir Sakina El Khattabi	IbnTofail University MOROCCO
Comprehensive Scientific Discussion Of Anti-Hiv Drugs: Pharmacological Features, Molecular Mechanisms, Resistance Patterns, Therapeutic Optimization Strategies, Safety Profiles, Side Effects, Toxicities And Patient-Centered Care Approaches	Nodar Sulashvili Nato Alavidze Maka Buleishvili Vira Kravchenko Olga Shapoval Igor Seniuk Nino Abuladze Lali Patsia Marika Sulashvili David Aphkhazava	Kharkiv State Medical University UKRANIE
Sea Buckthorn (Hippophae Rhamnoides) Berries As A Novel Phytomedicine For Targeted Therapy Of Rheumatoid Arthritis	Tasawar Iqbal	University of Agriculture PAKSITAN
Generative Ai In Educational Leadership: Opportunities, Risks, And Policy Frameworks	Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Adebayo Samuel ADEOGUN Rasheed Olatunde AJETUNMOBI	Lagos State University NIGERIA
Integrating Spectral Water Indices And Artificial Intelligence For Automated Water Quality Assessment	Dr. Muhammad Mazhar Iqbal Tehmena Rashid Shafiq-ur-Rehman Hafiz Shoukat Ali Muhammad Naveed Dr. Abdullah Hammad	Agriculture Mechanization Research Institute
Digital Skill Development Among Higher Education Students: Empirical Evidence On Awareness, Proficiency, And Career Prospects	Anxhela FERHATAJ	University of Tirana ALBANIA

24.05.2026 / Hall-13 Session-6

ANKARA LOCAL TIME

11 00 : 13 00

MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: Dr. G.Nixon Samuel Vijayakumar

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Hotels and Restaurants of Bangladesh : A Review with Considering the Characteristics of the Informal Sector	Muhammad Mofazzal Hossain Rasel	*Jagannath University*
Child Rights Violations And Social Criticism In Charles Dickens' Oliver Twist: A Contemporary Reassessment.	Dr Sohoutou Jean NOUNADONDE	University of Parakou
Utilizations Of Food Waste From Cheeryal Village Telengana India In ' Various Types Of Agricultural Activity	Subhashish Dey	Seshadri Rao Gudlavalleru Engineering College INDIA
Mathematical Modeling Of Contaminant Transport In Groundwater Systems With Sinusoidal Heterogeneity And Decaying Inlet Source	Ravi Shankar Singh Pintu Das	Sarala Birla University INDIA
A Privacy-Preserving Federated Learning Framework For Chest X-Ray And Brain MRI Classification Using Fedadam, Fedrep, And Adaptive Differential Privacy	Partha Bhuti, Rakesh Singha, Partha Protim Sadhu, Sumit Chakraborty, Jayanta Mahato, Meghna Chatterjee, Avick Kumar Dey, Somnath Maji	Institute of Advanced Technology and Management INDIA
Global Factors For Increasing Student Motivation	Mariam Koberidze	Gori State University GEORGIA
Characterization Of Bee Venom Proteins Using Sds-Page Electrophoresis	Assistant Professor, Shahjahan A. S.	Dr. Babasaheb Ambedkar Marathwada University INDIA

24.05.2026 / Hall-14 Session-6

ANKARA LOCAL TIME

11 00 : 13 00

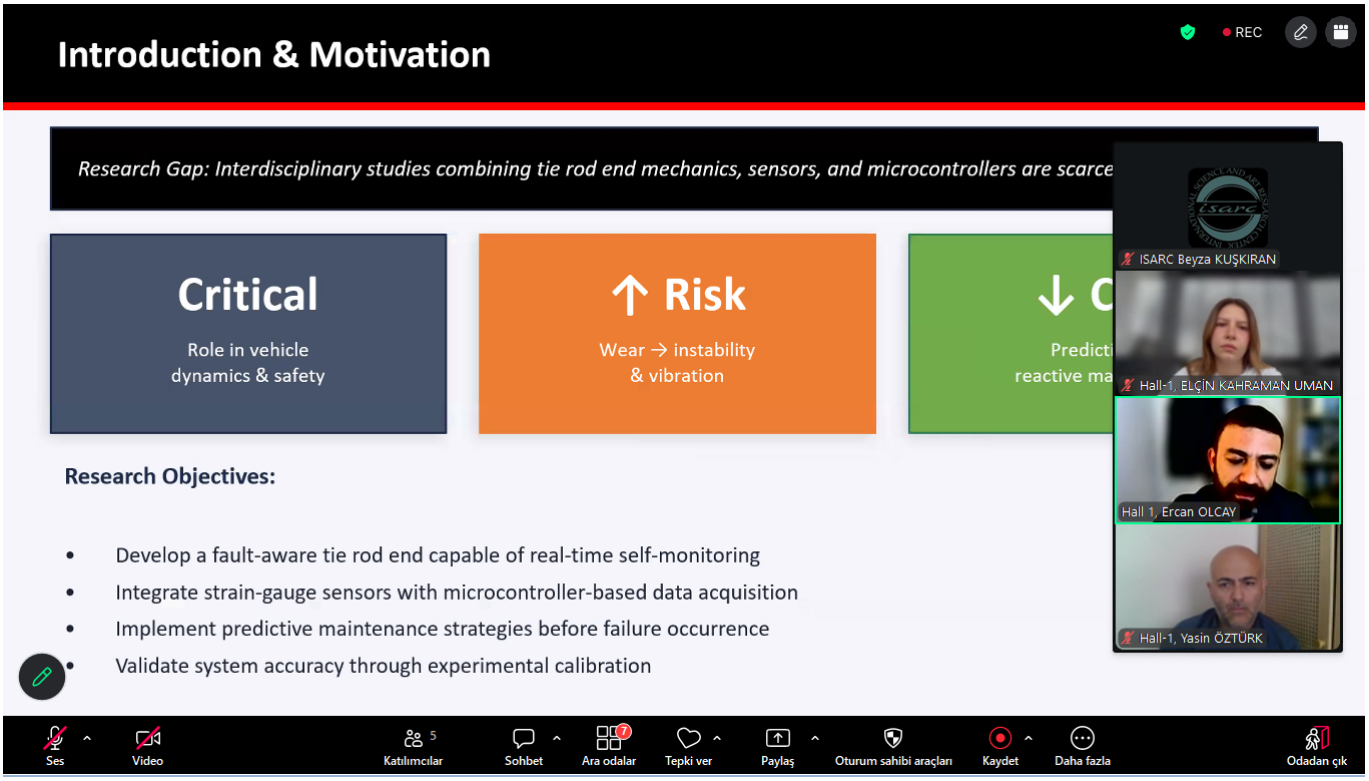
MEETING ID: 817 4868 2500

PASSCODE: 637606

HEAD OF SESSION: ***PhD student: Jamal JAFRAN***

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
rategic Competency Management And The Integration Of Young Talent İn Public Sector Organizations	*Mohamed KARIM* *Karim GASSEMI* *PhD student: Jamal JAFRAN* *PhD student: Salah-eddine KARIM*	*HASSAN II University MOROCCO*
The Role Of Mother,S Education In The Selfconfidence Of Their Girl Child In Pakistan	Sameena Kouser	Ahlul bayt international university of Tehran IRAN
Reviewonaccessingthetoxicityofjatrophatanjorensisleafextractandit's dosageinanimalproduction	JosephChisomOkoye	-
Faculty Practices For Assessing AI Generated Content Submitted By Undergraduate Students In Pakistan	Dr Irfan Bashir Dr Yasira Waqar Dr Afshan Naseem Dr Fariha Gul Dr Aisha Sami Dr Almas Shoiab Dr Aqila Rafique	University of Management and Technology PAKSITAN
Strategic Management And The Social Inclusion Of Young Talent	*Mohamed KARIM* *PhD student: Jamal JAFRAN* *PhD student:* Rajaa FAIK *PhD student: Fatima-ezzahra ELHASSADE* *LARNED*	*HASSAN II University MOROCCO*

PHOTO GALLERY



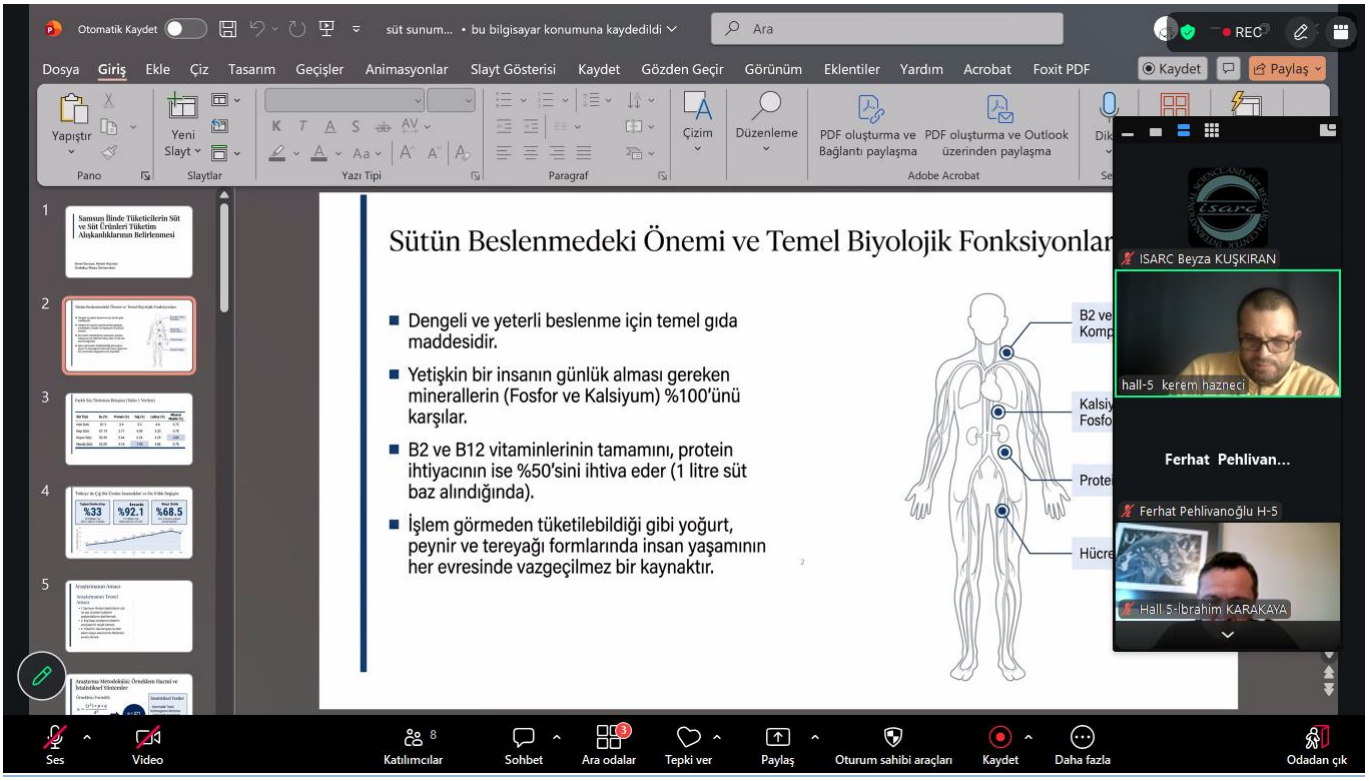


PHOTO GALLERY

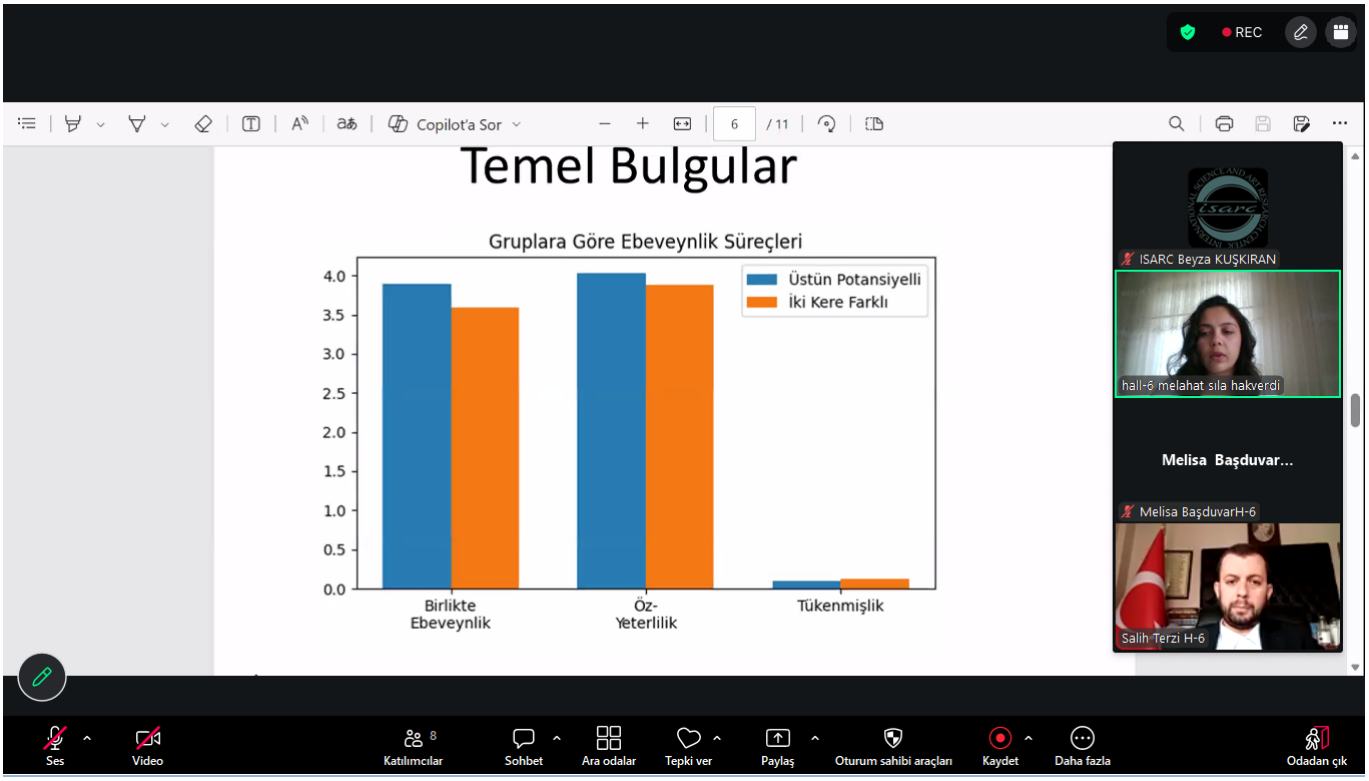


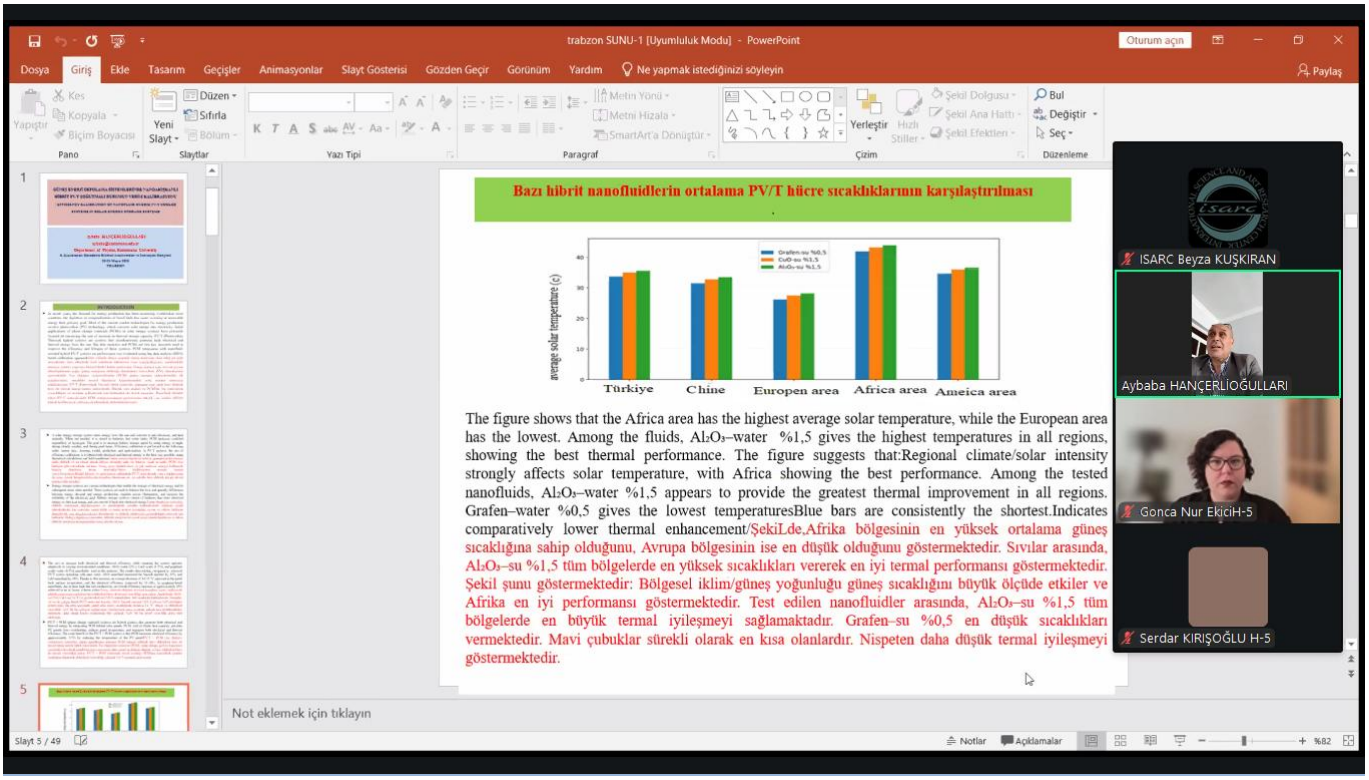


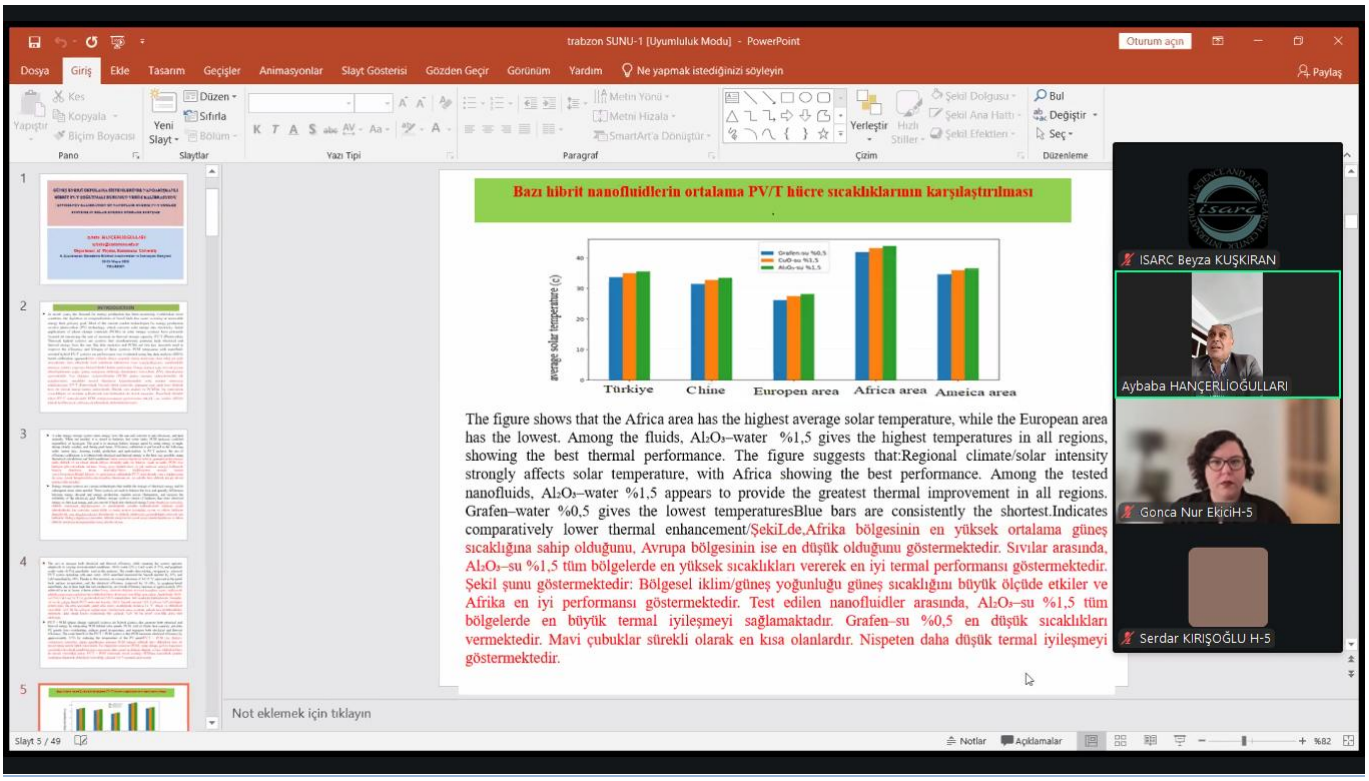
PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY





INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

KONU:KONGRE KATILIMCI BİLGİSİ **05.06.2026**

İLGİLİ MAKAMA

8. ULUSLARARASI KARADENİZ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ 22-23 ŞUBAT 2026 tarihleri arasında TRABZON'da ve online olarak 19 farklı ülkeden (Türkiye:105 ve diğer Ülkeler:;110 Toplam:215 akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen '' Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. '' değişikliğine uygun düzenlenmiştir. Bilgilerinize arz edilir.

Saygılarımla

Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC

NOTIFICATIONS

AUTHOR	TITLE	No
Baraa KALKAL Çiğdem BOGENÇ	TRACING A LOST METROPOLIS: THE ANCIENT DEVELOPMENT AND FORGOTTEN HERITAGE OF APAMEA	1-11
Yusuf TURGUT Serkan ENGİN	INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY AND COST ANALYSIS OF SEISMIC ISOLATION METHODS FOR KOCAELI	12-20
Yıldıray ÇAVDAR	ON A NEW COPY OF DÂSTÂN-I EZDERHÂ	21-28
Viddurrahman GANNUM Narmin AGHAYEVA	A COMPARATIVE ANALYSIS OF CLIMATE-RESPONSIVE URBAN DESIGN IN DOHA	29-49
Kevser BAY Önder DAĞLIOĞLU	THE EFFECT OF CORE STRENGTH TRAINING PROGRAMS ON SPEED AND DYNAMIC BALANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS	50-54
Zehra Aycan ÇETİNKAYA Yeliz KINDAP TEPE Elif ÜNAL	EXAMINING PARENTING PROCESSES IN MOTHERS OF GIFTED AND TWICE-DIFFERENT CHILDREN: BURNOUT, CO-PARENTING, SELF-EFFICACY, AND PSYCHOLOGICAL RESILIENCE	55-69
Osman DEMİR Uğur KAÇMAZ Yeliz KINDAP TEPE	EXAMINATION OF LOVE ADDICTION IN UNIVERSITY STUDENTS IN TERMS OF GENDER, RELATIONSHIP DURATION, AND PHYSICAL DISTANCE	70-79
Rumeysa ÜSTÜN Hikmetcan ÖZCAN	COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF CLAHE PREPROCESSING ON YOLOv8 AND FASTER R-CNN MODELS FOR MASS DETECTION IN MAMMOGRAPHY IMAGES	80-91
Erdem BAKAR Mustafa ÇAKIR	TECHNICAL DESIGN AND OPERATIONAL PROCESSES OF ROTARY-WING UAV SYSTEMS IN AGRICULTURAL SPRAYING AND FIELD DATA ANALYTICS	92-98
Şenay KAYĞIN	THE SUBCONSCIOUS AND MEMORY AS A DARKROOM METAPHOR IN GÜNTER GRASS'S THE BOX: TALES FROM THE DARKROOMABSTRACT	99-106
Esra DİNÇ Suhap ŞAHİN	MALICIOUS DOMAIN DETECTION WITH MACHINE LEARNING METHODS	107-116
Ferhat PEHLİVANOĞLU Zeynep GÜRBÜZ	AN ANALYSIS OF TECHNICAL EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY IN THE TURKIYE ELECTRICITY DISTRIBUTION SECTOR	117-137
Lai Cong Hoan Nguyen Thanh Cuong Mai Duc Nghia	USING ANSYS FLUENT SOFTWARE TO EVALUATE THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE AIRCRAFT AT VARIOUS ANGLES OF ATTACK	138-146
Lai Cong Hoan Nguyen Thanh Cuong Mai Duc Nghia	INVESTIGATION INTO THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A YAK TRAINING AIRCRAFT VIA CFD-BASED NUMERICAL SIMULATION	147-155
Osman Ziyaettin YAĞCI	DETERMINATION OF THE ENRICHMENT LEVELS OF RARE EARTH ELEMENTS IN PERLITE MINERALS	156-169
Osman Ziyaettin YAĞCI	A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF 3D MODELING AND AR/VR APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL HISTORY	170-183
CEYDA AKSOY TIRMIKÇI Ahed Eisa Bushra Mohamed	MODELING DIFFUSE SOLAR RADIATION AND PV SYSTEM PERFORMANCE IN KHARTOUM, SUDAN	184-192
Selim USLUOĞLU Sevilay ŞAHİN	FORCED MIGRATION AND THE RESTRUCTURING OF FAMILY ROLES AFTER THE FEBRUARY 6 EARTHQUAKES: AN ANALYSIS WITHIN THE CONTEXT OF THE FAAR MODEL	193-204
Banu BAŞ Emine Nur ATEŞ	ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADVISORY IN AUDIOLOGY-BASED SENSORY INTEGRATION APPROACHES: CLINICAL ACCURACY AND CONSISTENCY ANALYSIS OF CHATGPT RESPONSES	205-212

Zeynep GÜNAY	FROM AGRICULTURAL EXPANSION TO FOREIGN-EXCHANGE BOTTLENECK: THE POLITICAL ECONOMY OF THE TURKISH ECONOMY IN THE 1950S	213-219
Zeynep GÜNAY	STRUCTURAL TRANSFORMATION IN THE TURKISH ECONOMY DURING THE 1970-1990 PERIOD: CRISIS, STABILIZATION, AND LIBERALIZATION	220-224
Lae Lae Phyo Pan Sut Ye Abdülkadir ŞENCAN	PERSONALIZED MARKETING AND CUSTOMER LOYALTY: A STUDY IN THE RESTAURANT INDUSTRY	225-231
Havva Belinay YÜCE Serdar KIRIŞOĞLU	ANALYSIS OF STUDENT HAPPINESS USING MACHINE LEARNING: THE EFFECTS OF SOCIAL, ECONOMIC, AND ACADEMIC FACTORS	232-240
Gülpınar ASLAN Pınar ERYILMAZ İrfan KAPLAN	AN INVISIBLE BURDEN ON EMPLOYEE HEALTH: WORKPLACE MOBBING AS A PSYCHOSOCIAL RISK	241-244
Gülpınar ASLAN Fatma GÜL CAN Elif KANT	THE EFFECT OF EDUCATION ON NUTRITION AND PHYSICAL ACTIVITY GIVEN TO MOTHERS OF CHILDREN AGED 6-18	245-251
Michael Deniz YILMAZ	UNDERWATER ARCHAEOLOGY IN THE BLACK SEA: INFRASRTUCTURE, RESEARCHES AND SCIENTIFIC POTENTIALS IN TÜRKİYE	252-263
Yasin ÖZTÜRK Ceyhan TARAKÇIOĞLU	COLD STRESS IN PLANTS: SILICON APPLICATION	264-273
Leyla Kudsi Abdülkadir ŞENCAN	FROM VOLUNTEERS TO DONORS: RELATIONSHIP MARKETING EFFORTS IN NONPROFIT ORGANIZATIONS WITHIN POST-CONFLICT CONTEXTS	274-280
Gözde KOCA Yeşim ANKARA Maher JARADA	BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SUSTAINABILITY STUDIES IN MUNICIPALITIES	281-292
Sinan DURSUN Kerem HAZNECİ	DETERMINING CONSUMERS' MILK AND DAIRY PRODUCT CONSUMPTION HABITS IN THE PROVINCE OF SAMSUN	293-301
İbrahim KARAKAYA	THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN INFORMATION SOURCE IN PSYCHIATRIC DISORDERS: THE CASE OF CHATGPT AND DEPRESSION	302-307
Hüseyin YÜCE Uğur KESEN Burak Süha MİNAZ	AI-BASED MQTT CYBERSECURITY GATEWAY DESIGN IN MATLAB FOR INTERNET OF THINGS (IOT) SYSTEMS	308-317
Ali Can Tellioğlu Uğur Kesen Hüseyin YÜCE Aykut Dana	A MOBILE COMMUNICATION-BASED SYSTEM DESIGN FOR REAL-TIME TELEMETRIC FIELD DATA ACQUISITION	318-325
Ali TANER	THE TRANSFORMATION IN NEWSPAPER PRINTING TECHNOLOGIES AND THE PROCESS OF EVOLUTION TOWARDS DIGITAL MEDIA	326-333
Salih TERZİ	THE INFLUENCE OF ISHTIQĀQ (MORPHOLOGICAL DERIVATION) ON QUR'ANIC EXEGESIS	334-344
Eren GÜRSOY Hatice TÜRKTEN	THE RELATIONSHIP BETWEEN THE USE OF GREEN PRODUCTION TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN OLIVE OIL PRODUCTION	345-356
Esra Nur TOPÇU İsmail YAMAN	FAMILY LANGUAGE POLICY: A CASE STUDY OF A TURKISH-RUSSIAN BILINGUAL FAMILY	357-368
Tran Thi Thanh Hang Nguyen Thi Khanh Ly	CLOSED TRIALS IN VIETNAMESE CRIMINAL PROCEDURE LAW	369-374

İbrahim TAŞ Murat YÜCEL	STRUCTURAL CABLING DESIGN IN HIGH-CAPACITY DATA CENTERS: COMPARISON OF CLASSIC LC AND MPO/MTP ARCHITECTURES AND A PYTHON-BASED SIMULATION TOOL	375-381
İrem ALTUNAY İzzet İSLAMOĞLU	INVESTIGATION OF CREATIVE REASONING LEVELS IN TAEKWONDO ATHLETES	382-386
Nesibe ERDEMCİ Funda ÇETİNKAYA	NURSING CARE OF A PATIENT WITH SUBDURAL HEMATOMA ACCORDING TO OREM'S SELF-CARE DEFICIT THEORY: A CASE REPORT	387-393
Nesibe ERDEMCİ Funda ÇETİNKAYA	EVALUATION OF POSTOPERATIVE ILEUS DEVELOPING AFTER TRAUMATIC ABDOMINAL SURGERY ACCORDING TO THE ROY ADAPTATION MODEL: A CASE REPORT	394-406
Fatma Nur POLAT Funda ÇETİNKAYA	ACTIVITIES OF LIFE MODEL IN POSTOPERATIVE CARE AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT: CASE REPORT	407-413
Can Dündar Yücel Can	THE YOUNG ADULT CHILD'S EXPERIENCE OF PARENTAL DIVORCE: AN ANALYTICAL AUTOETHNOGRAPHIC STUDY	414-423
Zehra Nur KOÇ	ITALY'S ASIAN DIPLOMACY: SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF LEADER VISITS	424-433
Sevgi Büşra ÖZLÜ Feride TAŞKIN YILMAZ Handenur GÜNDOĞDU	EVIDENCE-BASED PRACTICES IN PREVENTING DEEP VENOUS THROMBOSIS AFTER ORTHOPEDIC SURGERY	434-451
Rana TUFAN Feride TAŞKIN YILMAZ	EVIDENCE-BASED PRACTICES IN PREVENTING COMPLICATIONS RELATED TO POST-SURGICAL WOUND CARE	452-463
Feyza AKYÜZ	INTERPRETATION OF VERSES CONTAINING "MINNET" (FAVOR/OBLIGATION) IN SURAH AL-BAQARAH WITHIN THE CONTEXT OF BEYÂNU'L-HAK TAFSIR	464-475
Gül Pınar MUTLU Semra ARSLAN SELÇUK Güneş MUTLU AVİNÇ	A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR CONNECTION DESIGN IN DIGITAL MODULAR ARCHITECTURE: FROM MONOLITHIC INTEGRATION TO AUTONOMOUS NODES	476-489
Çağatay YILDIRIM Yahya AYSAN	QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS AND STUDENT SATISFACTION MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION: A SYSTEMATIC EXAMINATION WITHIN THE CONTEXT OF ONDOKUZ MAYIS UNIVERSITY'S UNIKYS (UNIVERSITY QUALITY MANAGEMENT SYSTEM).	490-504
Altug OCAK	MARKETING INNOVATION CAPABILITY AND FIRM GROWTH: THE MEDIATING ROLE OF INNOVATION PERFORMANCE IN DEVELOPED AND EMERGING MARKETS	505-521
Guliyev Araz Gunduz	BALANCING RISK AND RETURN IN THE CUSTOMER PORTFOLIO	522-527
Erhan ŞENSOY	HISTOMETRIC ANALYSIS OF GOBLET CELLS AND HISTOLOGICAL CHANGES IN THE SMALL INTESTINE DURING PREGNANCY	528-532
Şebnem Avcı Gözde Tekin	RESULTS OF A TAI CHI INTRODUCTION EVENT AS A SOCIAL CONTRIBUTION PROJECT OF A RESEARCH AND APPLICATION CENTER	533-539
Melike Nur BERBEROĞLU Emre ESENER	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE BENDING BEHAVIOR OF S235 STEEL PROFILES WITH DIFFERENT PUNCH GEOMETRIES	540-548
Hoang Le Buu	ESTABLISHING THE LEGAL CONTENT OF THE "RIGHT TO CLIMATE STABILITY" AS AN AUTONOMOUS HUMAN RIGHT	549-558
Erhan BARAN	A DIGITAL TWIN-DRIVEN AI FRAMEWORK FOR ENERGY-AWARE MULTI-OBJECTIVE PRODUCTION SCHEDULING	559-565

Rezvan REZAIZADEH Majid MONAJJEMI Adnan SÖZEN Aybaba HANÇERLİOĞULLARI ilknur ŞAHİN	BORON MINERAL TYPES, THE ROLE OF GLOBAL DISTRIBUTION, AND DETERMINATION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION LEVELS	566-571
ilknur ŞAHİN Adnan SÖZEN Rezvan REZAIZADEH Majid MONAJJEMI Aybaba HANÇERLİOĞULLARI	EFFICIENCY CALIBRATION OF NANOFLUID HYBRID PV/T COOLED SYSTEMS IN SOLAR ENERGY STORAGE SYSTEMS	572-579
Anga Peter Inalegwu Umar Idris Sarkin Bauchi	DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA	580-585
Kaveh DEHGHANIAN Mustafa Tolga YILMAZ	SEISMIC SITE RESPONSE ANALYSIS WITH SOFT SOIL INTERLAYERS: PARAMETRIC STUDY, AMPLIFICATION CHARACTERIZATION, and PREDICTIVE MODELING	586-602
Huynh Mai Yen	INTELLECTUAL PROPERTY IN COMMERCIAL FRANCHISE ACTIVITIES	603-611
Songül TÜMKAYA Kemal DEMİRDEN	AN EXAMINATION OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS' PERCEPTIONS OF THE NATURE OF SCIENCE	612-617
Songül TÜMKAYA	VIEWS OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS WORKING IN PRIVATE SCHOOLS ON THEIR PROFESSIONAL MOTIVATION AND WORK PROCESSES	618-625
İmge İhsane ÖZCAN	THE ROLE OF NANO-FERTILIZERS IN PLANT GROWTH AND PHYSIOLOGY OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS	626-642
Yasin Taş Tülin Durukan Cihat Kartal Serhat Karaoğlan	LONELINESS AND PET OWNERSHIP: PET ATTACHMENT AS A PSYCHOLOGICAL PROTECTIVE FACTOR AND ITS EFFECT ON CONSUMPTION BEHAVIORS	643-654
Selim CENGİZ Tülin DURUKAN Serhat KARAOĞLAN Cihat KARTAL	IMPACT OF IFRS-18 AND THE 2026-2027 ACCOUNTING CHANGES ON MARKETING EXPENDITURES AND PERFORMANCE MEASUREMENTS	655-663
Karahan OCAK Özkan GÖKÇEKAYA Abdulaziz ALKAN Dilara AYMERGEN F. Betül YILMAZ GÜLER Fatih AKSU Gülşah AKTAŞ ÇELİK Ş. Hakan ATAPEK	STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF Ti6Al4V ALLOY PRODUCED BY SELECTIVE LASER MELTING AND CASTING METHODS	664-673
Abdulaziz ALKAN Dilara AYMERGEN Karahan OCAK F. Betül YILMAZ GÜLER Fatih AKSU Gülşah AKTAŞ ÇELİK. Ş. Hakan ATAPEK	EFFECT OF SELECTIVE LASER MELTING PROCESS PARAMETERS ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF Ti6Al4V ALLOY	674-682
Muhammet Yuşa CANSIZ Tarık KOÇAL Surkay D. AKBAROV	THE INFLUENCE OF THE VISCOELASTICITY OF THE HOLLOW CYLINDER CONTAINING A COMPRESSIBLE INVISCID FLUID ON THE DISPERSION OF QUASI-SCHOLTE WAVES PROPAGATING ON THIS SYSTEM	683-684
Osman Ziyaettin YAĞCI	A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF 3D MODELING AND AR/VR APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL HISTORY	685-698
Osman Ziyaettin YAĞCI	DETERMINATION OF THE ENRICHMENT LEVELS OF RARE EARTH ELEMENTS IN PERLITE MINERALS	699-712

Hakan BAĞCI Erhan Furkan ALAN	INVESTIGATION OF ALBUMS RELEASED BY INTERNATIONAL TURKISH PIANO PERFORMERS IN CLASSICAL MUSIC	713-714
Murat DEMİR Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ	COMPARATIVE ANALYSIS OF DISPUTE RESOLUTION METHODS IN PROJECTS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TURKISH PUBLIC PROCUREMENT AUTHORITY (PPA) AND FIDIC	715-721
Gizem ÇAKMAK Fatma Nur PARIN	EFFECTS OF NATURAL EXTRACT AND EMULSIFIER ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF ACTIVE FOOD PACKAGING FILMS	722-723
Monypanchakrith SOUS Sena AYDOĞAN	A FUZZY AXIOMATIC DESIGN APPROACH FOR END-OF-LIFE STRATEGY SELECTION OF COFFEE MAKER COMPONENTS: A COMPARATIVE STUDY WITH FUZZY TOPSIS	724-725
Mohamed Shawki Negm Ceyda Aksoy Tırmıkçı	SCALING RENEWABLE ENERGY IN EGYPT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF A UTILITY-SCALE 3.5 GW PV STATION AGAINST GLOBAL BENCHMARKS AND LOCAL THERMAL GENERATION	726-738
Recep Çağrı ORMAN Gonca Nur EKİCİ	FIRE SUPPRESSION SYSTEMS IN ARCHIVES	739-740
Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU Salih GÜVERCİN	NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NUMBER OF BRANCHES ON THE THERMAL PERFORMANCE OF A NEW Y-SHAPED FRACTAL MINI-CHANNEL HEAT SİNK	741-742
Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU Salih GÜVERCİN	NUMERICAL INVESTIGATION OF FLUID TEMPERATURE VARIATION IN A NEW Y-SHAPED FRACTAL WATER-COOLED MINI CHANNEL HEAT SİNK	743-744
Zeynep GÜNAY	FROM AGRICULTURAL EXPANSION TO FOREIGN-EXCHANGE BOTTLENECK: THE POLITICAL ECONOMY OF THE TURKISH ECONOMY IN THE 1950S	745-751
Zeynep GÜNAY	STRUCTURAL TRANSFORMATION IN THE TURKISH ECONOMY DURING THE 1970-1990 PERIOD: CRISIS, STABILIZATION, AND LIBERALIZATION	752-756
Rana Ebrar SAKAL Eda MUTLU Onur Cüneyt KAHRAMAN	THE ROLE OF GENERATIONS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN SERVICE QUALITY, SATISFACTION AND BEHAVIORAL INTENTION IN MUSEUMS	757-766
Abdulhalik PINAR Sevcan YILDIZ	THE FIRST LONG-DISTANCE HIKING ROUTE OF ŞANLIURFA: THE GÖBEKLİTEPE TRAIL PROJECT	767-774
Sevcan YILDIZ Abdulhalik PINAR	A SYSTEMATIC REVIEW OF THESES WRITTEN ABOUT KISAS VILLAGE IN THE ŞANLIURFA SAMPLE: 1992 – 2011	775-781
Metin YAĞAR	THEORETICAL TRANSFORMATION IN INSTRUCTIONAL SUPERVISION: MANAGEMENT THEORIES, SUPERVISION MODELS, AND A GUIDANCE-BASED PARADIGM	782-788
Reyyan Acar Beyhan Doğan	PROFESSIONAL DECISIONS AND PARENTING EXPERIENCES OF SOCIAL WORKERS WORKING IN THE FIELD OF CHILD PROTECTION	789-790
Ayşenur YAŞAR	OPTIMIZATION OF PROTEIN EXTRACTION FROM MULBERRY LEAVES	791-792
Deniz GÜNEY Semiha Erişen	SILICO IDENTIFICATION OF CANDIDATE miRNAs ASSOCIATED WITH ABIOTIC STRESS IN TURKISH HAZEL (CORYLUS COLURNA L.)	793-794
Subhashish Dey	UTILIZATIONS OF FOOD WASTE FROM CHEERYAL VILLAGE TELENGANA INDIA IN THE VARIOUS TYPES OF AGRICULTURAL ACTIVITY	795

Ravi Shankar Singh Pintu Das	MATHEMATICAL MODELING OF CONTAMINANT TRANSPORT IN GROUNDWATER SYSTEMS WITH SINUSOIDAL HETEROGENEITY AND DECAYING INLET SOURCE	796
Eda BALCI	THE EFFECTS OF SUSTAINABLE DIETS ON HEALTH	797-798
Eda BALCI	SUSTAINABLE FOOD LITERACY	799-800
Ozan Akıllı Ünal Saki	STRATEGIC MANAGEMENT OF SPORTS IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS	801-802
Gülnur Sağlam Deniz Gül Sarıdoğan	TREATMENT OF MULTIPLE GINGIVAL RECESSION USING CONNECTIVE TISSUE AND MODIFIED TUNNEL TECHNIQUE: CASE REPORT	803-808
Gülnur Sağlam Deniz Gül Sarıdoğan	LEAF-LIKE TRAUMATIC FIBROMA: CASE REPORT	809-812
Tayfun Bayrı Ahmet Genç	PSYCHOMETRIC ASSESSMENT OF THE TURKISH ADAPTATION OF THE HEALTH INFORMATION SECURITY AND PRIVACY AWARENESS SCALE (HISPAS-26)	813-814
Hatice Sude AKTAŞ Rabia Nur KOCAMIŞ	THE RELATIONSHIP BETWEEN SUSTAINABLE FOOD LUTERACY AND SUSTAINABLE EATING BEHAVIORS AMONG UNIVERSUTY STUDENTS	815-816
Cemil ALTUN	OECD PILLAR TWO: INTEGRATION OF THE GLOBAL MINIMUM CORPORATE TAX INTO TURKISH TAX LEGISLATION AND THE TRANSFORMATION OF INVESTMENT INCENTIVES	817-818
Fatih ÖZASLAN	FROM THE OLD CORPS TO THE NEW ARMY: INSTİTUTİONAL TRANSFORMATİON İN THE MİLİTARY REGULATİONS OF 1826–1827	819-820
Ali TANER	THE TRANSFORMATION OF MAGAZINE JOURNALISM IN THE TURKISH PRESS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF HÜRRİYET AND SABAH NEWSPAPERS	821-822
Merve ÇOLAK Menekşe Seden TAPAN BROUTIN Gül KALELİ YILMAZ	A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2018 MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS CURRICULUM AND THE 2024 TYMM ALGEBRA LEARNING AREA WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TYLER MODEL	823-843
Melisa Başduvar Nilgün ONNAR	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SOCIAL COMPARISON EMOTIONAL EATING AND SELF-CRITICAL RUMINATION	844-845
Yunus Emre ŞİMŞEK	AN INVESTIGATION OF THE CO_2 SEQUESTRATION CAPACITIES OF BIOCHARS PRODUCED FROM THE CYNARA CARDUNCULUS WILD PLANT UNDER DIFFERENT PRODUCTION PARAMETERS	846-847
Mehmet İskender ÖZSOY	IMPACT RESPONSES OF JUTE/BASALT FIBER HYBRID COMPOSITES AT ROOM AND ELEVATED TEMPERATURES	848-853
Mehmet İskender ÖZSOY	INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE ON THE LOW-SPEED IMPACT BEHAVIOR OF BASALT/EPOXY COMPOSITES	854-860
İlyas TOPÇU	MILITARY AND POLITICAL DEVELOPMENTS IN KARS AFTER THE ARMISTICE OF MONDROS	861-862
Songül CÖMERT KILIÇ Murat ÖZDAL	INVESTIGATION OF THE IN VITRO CHARACTERIZATION PROPERTIES OF VITAMIN D-LOADED OXIDIZED BACTERIAL CELLULOSE HYDROGEL CARRIERS FOR INTRA-ARTICULAR APPLICATIONS	863-864
Hanife İNÇ Şahizer ERAYDIN	CURRENT WOUND CARE PRACTICES IN PALLIATIVE CARE AND THE ROLE OF THE WOUND CARE NURSE	865-877
Emrullah BOZKURT Burak ACAR	A LITERATURE REVIEW OF “CRIME AND ADDICTION” STUDIES PRODUCED IN TÜRKİYE	878-879

Partha Bhuti Rakesh Singha Partha Protim Sadhu Sumit Chakraborty Jayanta Mahato Avick Kumar Dey Somnath Maji	A PRIVACY-PRESERVING FEDERATED LEARNING FRAMEWORK FOR CHEST X-RAY AND BRAIN MRI CLASSIFICATION USING FEDADAM, FEDREP, AND ADAPTIVE DIFFERENTIAL PRIVACY	880
Mariam Koberidze	GLOBAL FACTORS FOR INCREASING STUDENT MOTIVATION	881
Kevser BAY Önder DAĞLIOĞLU	THE EFFECT OF CORE STRENGTH TRAINING PROGRAMS ON SPEED AND DYNAMIC BALANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS	882-883
Elçin KAHRAMAN UMAN	REDUCTION OF ASSEMBLY-INDUCED DAMAGES CAUSED BY METAL LOCKING ELEMENTS IN SUSPENSION DUST BOOTS THROUGH REDESIGN USING COMPOSITE MATERIALS	884-887
Elçin KAHRAMAN UMAN	REPAIRABLE MODULAR SUSPENSION COMPONENT DESIGN AND INVESTIGATION OF SUSTAINABILITY IMPACTS	888-890
Ercan OLCAY	SMART TIE ROD END DESIGN FOR AUTOMOTIVE STEERING SYSTEMS	891-892
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE IN SURGICAL ICU SURVIVORS	893-894
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: A SINGLE-CENTER STUDY AT CHU HABIB BOURGUIBA, SFAX	895-896
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	POST-INTENSIVE CARE SYNDROME IN A TUNISIAN SURGICAL ICU: FREQUENCY, PROFILE AND ASSOCIATED FACTORS	897-898
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	LONG-TERM OUTCOMES OF ICU SURVIVORS IN TUNISIA: A CROSS-SECTIONAL ASSESSMENT	899-900

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	MUSCLE WEAKNESS AND FUNCTIONAL LIMITATIONS AFTER ICU DISCHARGE: FINDINGS FROM A TUNISIAN COHORT	901-902
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	FUNCTIONAL INDEPENDENCE AND ACTIVITES OF DAILY LIVING AMONG ICU SURVIVORS: ASSESSMENT USING THE BARTHEL INDEX	903-904
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	FATIGUE, PAIN AND NUTRITIONAL STATUS FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: A POST-DISCHARGE EVALUATION	905-906
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	SIX-MIINUTE WALK TEST PERFORMANCE AS A MARKER OF FUNCTIONAL RECOVERY IN POST-ICU PATIENTS	907-908
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PHYSICAL SEQUELAE OF CRITICAL ILLNESS: PREVALENCE AND SEVERITY IN TUNISIAN ICU SURVIVORS	909-910
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	DYSPHAGIA AND DYSPHONIA FOLLOWING MECHANICAL VENTILATION IN CRITICALLY ILL PATIENTS	911-912
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	IMPACT OF ICU LENGTH OF STAY ON PHYSICAL RECOVERY: EVIDENCE FROM A SURGICAL REANIMATION UNIT	913-914

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	COGNITIVE IMPAIRMENT FOLLOWING ICU STAY: MEMORY, ATTENTION AND EXECUTIVE FUNCTION DISORDERS IN TUNISIAN SURVIVORS	915-916
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	SLEEP DISORDERS AS THE LEADING COGNITIVE SEQUELA AFTER INTENSIVE CARE: A POST-REANIMATION ASSESSMENT	917-918
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	POST-ICU COGNITIVE DYSFUNCTION: PREVALENCE AND CHARACTERISTICS IN SURGICAL ICU SURVIVORS	919-920
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	ANXIETY, DEPRESSION AND POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER AMONG ICU SURVIVORS: A PSYCHOLOGICAL ASSESSMENT USING HADS AND PCL-5	921-922
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: SCREENING RESULTS IN A TUNISIAN ICU COHORT	923-924
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	SELF-ESTEEM AND EMOTIONAL DISORDERS IN PATIENTS AFTER SURGICAL INTENSIVE CARE HOSPITALIZATION	925-926
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PSYCHOLOGICAL BURDEN OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: ANXIETY AND DEPRESSİON SCREENING IN TUNISIAN SURVIVORS	927-928

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE AFTER ICU DISCHARGE: AN SF-36 ASSESSMENT AMONG SURGICAL ICU SURVIVORS	929-930
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	MULTIDIMENSIONAL IMPAIRMENT OF QUALITY OF LIFE IN POST-REANIMATION PATIENTS: A TUNISIAN PERSPECTIVE	931-932
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	SOCIAL REINTEGRATION AND QUALITY OF LIFE FOLLOWING CRITICAL ILLNESS IN A TUNISIAN POPULATION	933-934
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	NURSING ASSESSMENT OF POST-INTENSIVE CARE SEQUELAE: TOWARD A STRUCTURED FOLLOW-UP PROTOCOL	935-936
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	EARLY DETECTION OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: IMPLICATIONS FOR NURSING PRACTICE IN TUNISIAN ICUS	937-938
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	POST-ICU FOLLOW-UP AND REHABILITATION NEEDS AMONG SURGICAL ICU SURVIVORS: A CALL FOR STRUCTURED NURSING PATHWAYS	939-940
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	MULTIDISCIPLINARY REHABILITATION AFTER CRITICAL ILLNESS: IDENTIFYING GAPS IN POST-REANIMATION CARE IN TUNISIA	941-942

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	IMPACT OF MECHANICAL VENTILATION DURATION ON PHYSICAL AND COGNITIVE OUTCOMES IN SURGICAL ICU SURVIVORS	943-944
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	FUNCTIONAL RECOVERY AND RETURN TO WORK FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: DETERMINANTS AND BARRIERS	945-946
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	ASSOCIATION BETWEEN ICU COMPLICATIONS AND POST-DISCHARGE PHYSICAL SEQUELAE: A CROSS-SECTIONAL ANALYSIS	947-948
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PREDICTORS OF POOR FUNCTIONAL RECOVERY FOLLOWING SURGICAL ICU HOSPITALIZATION: A MULTIVARIABLE ANALYSIS	949-950
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PRE-ADMISSION FUNCTIONAL STATUS AS A DETERMINANT OF POST-ICU DEPENDENCE: EVIDENCE FROM A TUNISIAN COHORT	951-952
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	UNMET REHABILITATION NEEDS FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: PHYSIOTHERAPY, PSYCHOLOGY AND SPEECH THERAPY GAPS IN TUNISIAN ICU SURVIVORS	953-954
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	MEDICAL FOLLOW-UP PATTERNS AND SPECIALIST REFERRAL AFTER ICU DISCHARGE: FINDINGS FROM A TUNISIAN COHORT	955-956

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	CHRONIC PAIN FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: PREVALENCE, INTENSITY AND IMPACT ON DAILY FUNCTIONING	957-958
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	NUTRITIONAL STATUS AND WEIGHT LOSS AFTER ICU DISCHARGE: PREVALENCE AND CLINICAL IMPLICATIONS IN TUNISIAN SURVIVORS	959-960
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	SLEEP DISTURBANCES AS A MAJOR POST-INTENSIVE CARE SEQUELA: INSOMNIA, HYPERSOMNIA AND NON-RESTORATIVE SLEEP PATTERNS	961-962
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	RETURN TO WORK AFTER SURGICAL ICU HOSPITALIZATION: RATES, BARRIERS AND ASSOCIATED FACTORS IN A TUNISIAN POPULATION	963-964
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PROFESSIONAL REINTEGRATION FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: IMPACT OF PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE ON WORK RESUMPTION	965-966
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	PSYCHOMETRIC TOOLS FOR POST-ICU SEQUELAE SCREENING: VALIDITY AND CLINICAL UTILITY OF MRC, FAS, HADS, PCL-5 AND SF-36 IN TUNISIAN ICU SURVIVORS	967-968
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	TELEPHONE-BASED ASSESSMENT OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: FEASIBILITY AND RESULTS IN A RESOURCE-LIMITED SETTING	969-970

Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	FROM ENTERTAINMENT TO ADDICTION: GAMING DISORDER AMONG TUNISIAN ADOLESCENTS	971-972
Fedi Ben Dhaou Amal Ayedi Maroua Trigui Faiza Grati Fares Mezghani Mohamed Seddik Regaieg Ahlem Kannou Mondher Kassis Bassem Abid	EFFECT OF MUSIC THERAPY ON PATIENTS' TOLERANCE AND ANXIETY DURING BRONCHOSCOPY	973-974
Madan Lal Regar Chinmayi Riya Nikeeta Rushi Gajbhiye Vaishnavi Ambesange	CLOTHING COSTUMES AND LIFESTYLE PRACTICES OF THE GOND TRIBES: A REVIEW	975
Saima Shaheen Nabila Sher Kalsoom Tariq	THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY	976-977
Fariz Müslümov	TİKİNTİ MÜƏSSİSƏLƏRİNDƏ ÜMUMİ İSTEHSAL XƏRCLƏRİNİN UÇOTU VƏ BÖLÜŞDÜRÜLMƏSİ PROBLEMLƏRİ	978-979
MUHAMMAD FAISAL	SIKHISM IN THE AGE OF AI DIGITIZING THE "LANGAR" SPIRIT THROUGH SMART RESOURCE MANAGEMENT	980
Behije GOLLOBËRDA Rajmonda OBONI Brikena GJATA Ilma TOÇI Seli KRYEZIU Andja LALA	BARRIERS AND FACTORS INFLUENCING ADHERENCE TO HOME PHYSIOTHERAPY PROGRAMS IN PATIENTS WITH CERVICAL SPONDYLOARTHROSIS	981
Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Adebayo Samuel ADEOGUN Oluwanifemi Opeyemi AGOI	ETHICAL AI, DATA PRIVACY, AND ALGORITHMIC ACCOUNTABILITY IN EDUCATIONAL MANAGEMENT	982-999
Madona Kebadze	HISTORICAL FOUNDATIONS OF GEORGIA'S FOREIGN POLICY ORIENTATION: COMPETITION BETWEEN EUROPEAN AND RUSSIAN INFLUENCES IN THE 20TH–21ST CENTURIES	1000
Mohd Farhan Md Ariffin `Isya An-Nashrah Azhar	INTEGRITY CRISIS AND FOOD FRAUD AT FOOD FESTIVALS: A NETNOGRAPHIC STUDY	1001
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	ILLUMINATING EXPERIENCE: THE ROLE OF LIGHT IN SHAPING EMOTIONAL AND PERCEPTUAL RESPONSES IN ARCHITECTURE	1002
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	FRAGMENTATION AND CONTINUITY: RECONCILING CUBIST AESTHETICS WITH SPATIAL COHERENCE IN ARCHITECTURE	1003
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	COMPUTATIONAL MORPHOGENESIS IN ARCHITECTURE: PARAMETRIC STRATEGIES FOR INTEGRATING FORM AND STRUCTURAL LOGIC	1004
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	BRIDGING DIMENSIONS: METHODOLOGIES FOR CONVERTING TWO-DIMENSIONAL ABSTRACTION INTO THREE-DIMENSIONAL ARCHITECTURE	1005

Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	RECONCEPTUALIZING ARCHITECTURE AS ART: INTEGRATING FINE ART METHODOLOGIES INTO SPATIAL DESIGN PRACTICE	1006
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	DATA-DRIVEN ARCHITECTURAL DESIGN: MACHINE LEARNING APPROACHES FOR PREDICTING SPATIAL AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE	1007
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	DIFFERENTIAL GEOMETRY IN ARCHITECTURE: MODELING FREE-FORM STRUCTURES THROUGH CURVATURE-DRIVEN DESIGN	1008
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	GENERATIVE GEOMETRY AND SPATIAL COGNITION: THE ROLE OF VORONOI DIAGRAMS IN ARCHITECTURAL BEHAVIOR ANALYSIS	1009
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	GEOMETRIC ORDER AND DIGITAL FORM: PROPORTION AS A BRIDGE BETWEEN CLASSICAL AND COMPUTATIONAL ARCHITECTURE	1010
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	GENERATIVE DESIGN THROUGH MATHEMATICS: A STUDY OF RULE-BASED GEOMETRIC TRANSFORMATIONS IN ARCHITECTURE	1011
Favour C. Uroko	REIMAGINING ZELOPHEDAD'S DAUGHTERS: A PHENOMENOLOGICAL STUDY INTO MUSLIM WOMEN'S PARTICIPATION IN TEACHER EDUCATION AND ITS IMPACT ON GIRL-CHILD LITERACY IN NORTHERN NIGERIA	1012
Fadhil Ketab Dahash Jamal Charara Mohammed H. Al Maamori	EFFECT OF MICRO AND NANO-LEAD ON THE MECHANICAL PROPERTIES ON SILICONE RUBBER	1013-1022
Tran Thi Thanh Hang Nguyen Thi Khanh Ly	CLOSED TRIALS IN VIETNAMESE CRIMINAL PROCEDURE LAW	1023-1032
Anh LE THI NGOC Trung NGUYEN TAN	THE PHILOSOPHY OF “LEARNING TO BECOME A HUMAN BEING” IN THE EASTERN INTELLECTUAL TRADITION	1033-1043
Solomon Onen Abam Promise Thomas Itam Daniel Obakesa Ogwede	EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) AS A PEDAGOGICAL PARADIGM FOR ENHANCING TEACHING QUALITY, DIVERSITY, AND INCLUSIVE LEARNING TO IMPROVE HIGHER-ORDER COGNITIVE SKILLS IN COMPUTER LOGIC GATES AMONG PRE-SERVICE TEACHERS IN COLLEGES OF EDUCATION IN NIGERIA	1044
Faisal Nazir	PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBES FROM BIOCHAR UNDER MICROWAVE IRRADIATION	1045
Rashna Mirza Kifayat Ullah Shah Amjad Ali Shah Aqeedat Javed Atif Ullah Khan Asim ur Rehman Shefaat Ullah Shah Adullah R.Alanzi Sakina Niyazi	A NOVEL TRANSDERMAL APPROACH TO COMBAT ANEMIA: BIO-FUNCTIONALIZED IRON OXIDE NANOPARTICLES USING *CICHORIUM INTYBUS*	1046-1047
Justas BRAŽAS Romualdas MALINAUSKAS	CHARACTERISTICS OF JUNIOR AND ADULT BASKETBALL PLAYERS’ PERCEPTIONS OF THEIR COACHES’ LEADERSHIP	1048
S. DHARANI DR. S. SELVAM	THE IMPACT OF 5G TECHNOLOGY ON GLOBAL COMMUNICATION	1048-1053
M.DHARANI DR. SELVAM	THE ART AND EVOLUTION OF PHOTOGRAPHY	1054-1056
Tasawar Iqbal Sidra Altaf	ROLE OF JAGGERY (*SACCHARUM OFFICINARUM*), BLACK SESAME SEEDS (*SESAMUM INDICUM*), AND POPPY SEEDS (*PAPAVER SOMNIFERUM*) SUPPLEMENTATION WITH WARM WATER IN RHEUMATOID ARTHRITIS MANAGEMENT	1057

Tasawar Iqbal Sidra Altaf	THERAPEUTIC IMPORTANCE OF CAMEL MILK IN ENHANCING WHITE BLOOD CELL LEVELS AND IMMUNE FUNCTION	1058
Tasawar Iqbal Sidra Altaf	NANOTECHNOLOGY-BASED ANTI-INFLAMMATORY MECHANISMS OF DANDELION (TARAXACUM OFFICINALE) IN RHEUMATOID ARTHRITIS MANAGEMENT	1059
MUHAMMAD FAISAL	NEURO-SYMBOLIC AI ARCHITECTURES FOR GLOBAL ANTI-FRAUD FRAMEWORKS AND HIGH-VALUE CORPORATE DONOR VETTING	1060
Zineb SEKKOUT Omaima BOUDAIA Driss RADALLAH Najat EL AMRANI EL HAMSAS EL YOUBI Amal	SUBACUTE TOXICOLOGICAL EVALUATION OF THE ETHANOLIC SEED EXTRACT OF SMYRNIUM OLUSATRUM L. IN MICE	1061
Ogwede, Daniel Obakesa AGBO Christiana Ene	LOCAL STABILITY ANALYSIS OF AN INFECTION-AGE MATHEMATICAL MODEL FOR COVID-19 DISEASE DYNAMICS	1062
Marijana Zimonjic	PREVENTION OF AIRCRAFT ACCIDENTS THROUGH HUMAN FACTORS MANAGEMENT	1063
Manal Elzain Muhammad Kamran	SPECTRAL REPRESENTATIONS AND HARMONIC ANALYSIS ON HILBERT SPACES: A UNIFIED FRAMEWORK FOR MODELING ECONOMIC DEVELOPMENT DYNAMICS	1064
Maroua RIAD Jamal MABROUKI Ahmad AL-SHAMI	COMPUTATIONAL APPROACHES IN BREAST CANCER RESEARCH	1065
Zahiduzzaman Zahid Mufti Md. Maksudul Haque Mufti Dr. Mohammad Masum Billah Md. Mozammel Hoque Md Mahfujur Rahman	THE FALAH (WELL-BEING) INDEX: AN ALTERNATIVE TO GDP FOR MEASURING ISLAMIC SUSTAINABLE DEVELOPMENT	1066
Samia Moustaghfir Sakina El Khattabi	RETHINKING CRITICAL THINKING PEDAGOGIES IN THE AI ERA: TOWARD A FRAMEWORK FOR CRITICAL AI LITERACY	1067
Nodar Sulashvili Nato Alavidze Maka Buleishvili Vira Kravchenko Olga Shapoval Igor Seniuk Nino Abuladze Lali Patsia Marika Sulashvili David Aphkhazava	COMPREHENSIVE SCIENTIFIC DISCUSSION OF ANTI-HIV DRUGS: PHARMACOLOGICAL FEATURES, MOLECULAR MECHANISMS, RESISTANCE PATTERNS, THERAPEUTIC OPTIMIZATION STRATEGIES, SAFETY PROFILES, SIDE EFFECTS, TOXICITIES AND PATIENT-CENTERED CARE APPROACHES	1068-1100
Tasawar Iqbal	SEA BUCKTHORN (HIPPOPHAE RHAMNOIDES) BERRIES AS A NOVEL PHYTOMEDICINE FOR TARGETED THERAPY OF RHEUMATOID ARTHRITIS	1101
Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Adebayo Samuel ADEOGUN Rasheed Olatunde AJETUNMOBI	GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL LEADERSHIP: OPPORTUNITIES, RISKS, AND POLICY FRAMEWORKS	1102-1118
Dr. Muhammad Mazhar Iqbal Tehmena Rashid Shafiq-ur-Rehman Hafiz Shoukat Ali Muhammad Naveed Dr. Abdullah Hammad	INTEGRATING SPECTRAL WATER INDICES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AUTOMATED WATER QUALITY ASSESSMENT	1119

Tasawar Iqbal Sidra Altaf	THERAPEUTIC IMPORTANCE OF CAMEL MILK IN ENHANCING WHITE BLOOD CELL LEVELS AND IMMUNE FUNCTION	1058
Tasawar Iqbal Sidra Altaf	NANOTECHNOLOGY-BASED ANTI-INFLAMMATORY MECHANISMS OF DANDELION (*TARAXACUM OFFICINALE*) IN RHEUMATOID ARTHRITIS MANAGEMENT	1059
MUHAMMAD FAISAL	NEURO-SYMBOLIC AI ARCHITECTURES FOR GLOBAL ANTI-FRAUD FRAMEWORKS AND HIGH-VALUE CORPORATE DONOR VETTING	1060
Zineb SEKKOUT Omaima BOUDAIA Driss RADALLAH Najat EL AMRANI EL HAMSAS EL YOUBI Amal	SUBACUTE TOXICOLOGICAL EVALUATION OF THE ETHANOLIC SEED EXTRACT OF *SMYRNIUM OLUSATRUM* L. IN MICE	1061
Ogwede, Daniel Obakesa AGBO Christiana Ene	LOCAL STABILITY ANALYSIS OF AN INFECTION-AGE MATHEMATICAL MODEL FOR COVID-19 DISEASE DYNAMICS	1062
Marijana Zimonjic	PREVENTION OF AIRCRAFT ACCIDENTS THROUGH HUMAN FACTORS MANAGEMENT	1063
Manal Elzain Muhammad Kamran	SPECTRAL REPRESENTATIONS AND HARMONIC ANALYSIS ON HILBERT SPACES: A UNIFIED FRAMEWORK FOR MODELING ECONOMIC DEVELOPMENT DYNAMICS	1064
Maroua RIAD Jamal MABROUKI Ahmad AL-SHAMI	COMPUTATIONAL APPROACHES IN BREAST CANCER RESEARCH	1065
Zahiduzzaman Zahid Mufti Md. Maksudul Haque Mufti Dr. Mohammad Masum Billah Md. Mozammel Hoque Md Mahfujur Rahman	THE FALAH (WELL-BEING) INDEX: AN ALTERNATIVE TO GDP FOR MEASURING ISLAMIC SUSTAINABLE DEVELOPMENT	1066
Samia Moustaghfir Sakina El Khattabi	RETHINKING CRITICAL THINKING PEDAGOGIES IN THE AI ERA: TOWARD A FRAMEWORK FOR CRITICAL AI LITERACY	1067
Nodar Sulashvili Nato Alavidze Maka Buleishvili Vira Kravchenko Olga Shapoval Igor Seniuk Nino Abuladze Lali Patsia Marika Sulashvili David Aphkhazava	COMPREHENSIVE SCIENTIFIC DISCUSSION OF ANTI-HIV DRUGS: PHARMACOLOGICAL FEATURES, MOLECULAR MECHANISMS, RESISTANCE PATTERNS, THERAPEUTIC OPTIMIZATION STRATEGIES, SAFETY PROFILES, SIDE EFFECTS, TOXICITIES AND PATIENT-CENTERED CARE APPROACHES	1068-1100
Tasawar Iqbal	SEA BUCKTHORN (*HIPPOPHAE RHAMNOIDES*) BERRIES AS A NOVEL PHYTOMEDICINE FOR TARGETED THERAPY OF RHEUMATOID ARTHRITIS	1101
Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Adebayo Samuel ADEOGUN Rasheed Olatunde AJETUNMOBI	GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL LEADERSHIP: OPPORTUNITIES, RISKS, AND POLICY FRAMEWORKS	1102-1118
Dr. Muhammad Mazhar Iqbal Tehmena Rashid Shafiq-ur-Rehman Hafiz Shoukat Ali Muhammad Naveed Dr. Abdullah Hammad	INTEGRATING SPECTRAL WATER INDICES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AUTOMATED WATER QUALITY ASSESSMENT	1119

JosephChisomOkoye	**Reviewonaccessingthetoxicityofjatrophatanjorensisleafextractandit'sdosageinanimalproduction**	1167
Irfan Bashir Yasira Waqar Afshan Naseem Fariha Gul Aisha Sami Almas Shoiab Aqila Rafique	FACULTY PRACTICES FOR ASSESSING AI GENERATED CONTENT SUBMITTED BY UNDERGRADUATE STUDENTS IN PAKISTAN	1168
Mohamed KARIM Jamal JAFRAN Rajaa FAIK Fatima-ezzahra ELHASSADE LARNED	STRATEGIC MANAGEMENT AND THE SOCIAL INCLUSION OF YOUNG TALENT	1169- 1170

KAYIP BIR METROPOLÜN İZINDE: APAMEA'NIN ANTIK GELIŞIMI VE UNUTULMUŞ MIRASI

Baraa KALKAL
Karabük Üniversitesi Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Karabük/Türkiye
ORCID ID:0009-0004-5398-5824
Doç. Dr. Çiğdem BOGENÇ
Karabük Üniversitesi Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü ,Karabük/Türkiye
ORCID ID:0000-0003-2790-6614

ÖZET
Bu çalışma, Suriye'de yer almakta olan Asi Vadisi'nin kentsel tarihi, yerleşim sürekliliği ve mimari dönüşüm açısından farklı kentleşme modellerini ortaya koymaktadır. Hama şehri, Asi Nehri boyunca kesintisiz yerleşimle şekillenen organik ve kademeli büyüme modelini temsil ederken, Hama ilçesinin batı bölgesinde yer alan Apamea, Levant coğrafyasındaki planlı ve anıtsal kentleşmenin en önemli örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, Apamea'nın Helenistik dönemdeki kuruluşundan başlayarak çöküşü ve terk edilişine kadar uzanan tarihsel gelişimini, kentsel morfolojisini ve mimari dönüşümünü incelemektedir. Araştırma; arkeolojik raporlar, tarihsel çalışmalar, kentsel morfoloji literatürü ve karşılaştırmalı mekânsal analizlere dayanan nitel bir yöntem çerçevesinde yürütülmüş, kentin farklı tarihsel dönemlerde geçirdiği mekânsal ve mimari dönüşüm süreçleri değerlendirilmiştir.
Çalışma, Apamea'nın stratejik konumu ve planlı kent dokusu sayesinde Seleukos ve Roma dönemlerinde önemli bir askerî ve idari merkez hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Büyük Sütunlu Cadde, anıtsal kamu yapıları ve katı ızgara planı, Roma Suriyesi'ndeki klasik mimari anlayışın ulaştığı ölçeyi göstermektedir. Ancak araştırma, Apamea'nın görkemini oluşturan bu anıtsal ve sert yapının aynı zamanda istilalar, depremler, siyasal istikrarsızlıklar ve terk edilme süreçleri karşısında kenti daha kırılgan hâle getirdiğini de ortaya koymaktadır. Hama'nın uyarlanabilir ve süreklilik gösteren kentsel yapısının aksine, Apamea zamanla yıkım, ihmal ve günümüz çatışmalarının oluşturduğu risklere açık kırılgan bir arkeolojik peyzaja dönüşmüştür.
Çalışmanın sonunda, Suriye ve Levant bölgesindeki tehdit altındaki arkeolojik miras alanlarının korunmasının önemine vurgu yapılmaktadır. Bu doğrultuda, söz konusu alanların tarihsel ve kültürel değerine ilişkin toplumsal farkındalığı artıracak eğitim kampanyalarının düzenlenmesi ve alanların gelecekte oluşabilecek tahribatlara karşı daha güvenli ve kontrollü koruma stratejileri kapsamında değerlendirilmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Apamea, Hama, Klasik Kentleşme, Mimari Miras, Roma Suriyesi

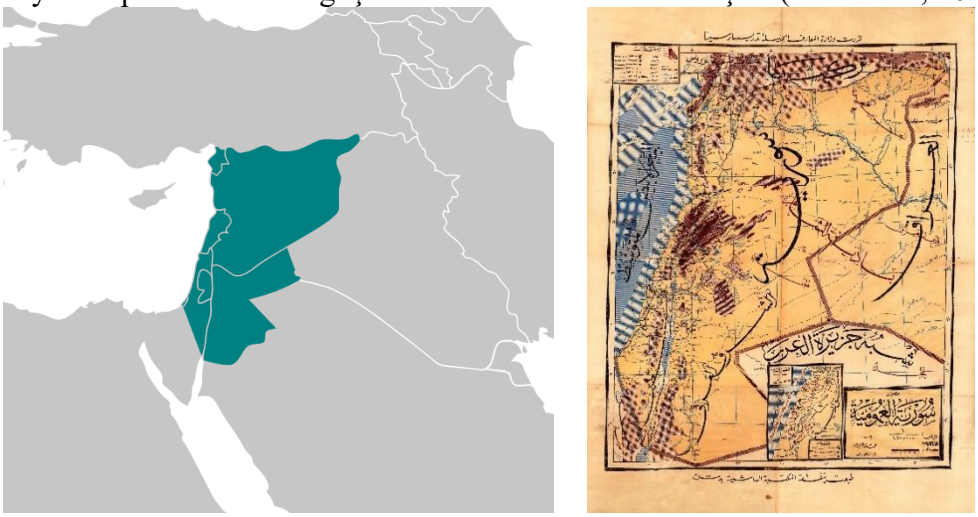
TRACING A LOST METROPOLIS: THE ANCIENT DEVELOPMENT AND FORGOTTEN HERITAGE OF APAMEA

ABSTRACT
This study examines different models of urbanization in terms of urban history, settlement continuity, and architectural transformation within the Orontes Valley in Syria. While the city of Hama represents an organic and gradual pattern of growth shaped by continuous settlement along the Orontes River, Apamea, located in the western region of the Hama district, stands out as one of the most significant examples of planned and monumental urbanism in the

Levant. The study investigates the historical development, urban morphology, and architectural transformation of Apamea from its Hellenistic foundation to its decline and eventual abandonment. The research was conducted within a qualitative methodological framework based on archaeological reports, historical studies, urban morphology literature, and comparative spatial analysis, through which the city's spatial and architectural transformations across different historical periods were evaluated.
The study demonstrates that Apamea became an important military and administrative center during the Seleucid and Roman periods due to its strategic location and planned urban structure. In particular, the Great Colonnade, monumental public buildings, and rigid grid plan reflect the scale achieved by classical architectural planning in Roman Syria. However, the research also reveals that the same monumental and rigid structure that formed Apamea's grandeur simultaneously increased the city's vulnerability to invasions, earthquakes, political instability, and processes of abandonment. Unlike the adaptive and continuous urban fabric of Hama, Apamea gradually transformed into a fragile archaeological landscape exposed to destruction, neglect, and the risks created by contemporary conflicts.
In conclusion, the study emphasizes the importance of protecting endangered archaeological heritage sites in Syria and the Levant region. Accordingly, it proposes organizing educational campaigns to increase public awareness of the historical and cultural value of such sites, as well as implementing safer and more controlled preservation strategies to protect these areas against future damage and destruction.
Keywords: Apamea, Hama, Classical Urbanism, Architectural Heritage, Roman Syria

1. GİRİŞ:

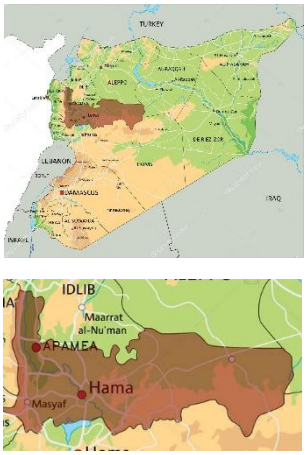
Levant, Doğu Akdeniz kıyıları ile doğudaki çöl kuşağı arasında kalan geniş bir coğrafi bölgeyi tanımlar; ancak sınırları kesin çizgilerle belirlenmiş değildir. Söz konusu bölge, Mısır, Mezopotamya ve Anadolu arasında stratejik bir kavşak noktası olarak öne çıkmış; bu konumu sayesinde Akdeniz dünyasında merkezi bir rol üstlenmiş, aynı zamanda MÖ ikinci binyıldan itibaren büyük imparatorlukların güç mücadelelerine sahne olmuştur (Manolova, 2019).



Şekil1: levant bölgesi (URL 2;URL 5).

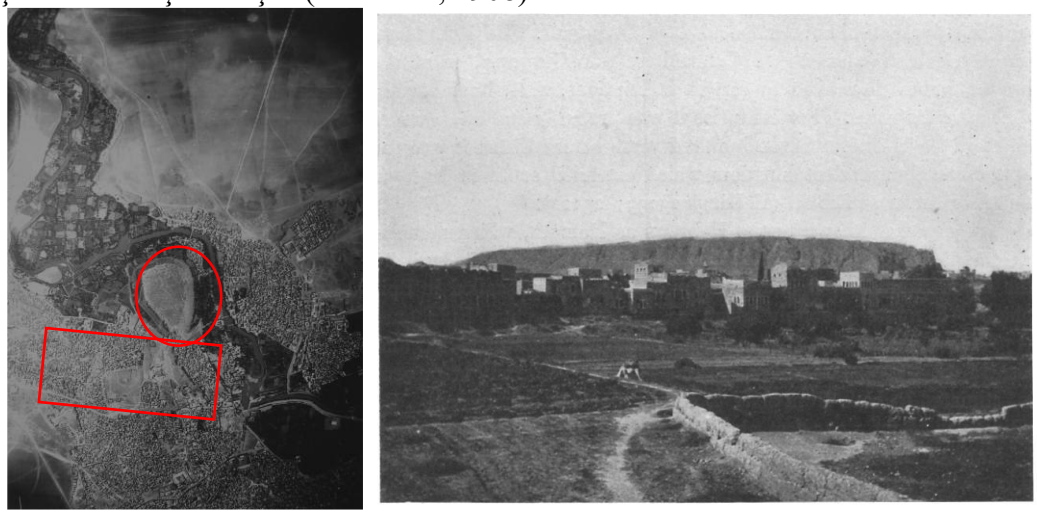
Bu coğrafi bütün içinde Kuzey Levant, kabaca Humus Geçidi'nden kuzeye doğru kıyı ve iç vadiler boyunca uzanan bölgeyi kapsar (Manolova, 2019). İç bölgelerde, Koele-Suriye'nin geniş vadisi, Akdeniz kıyısından Asi Nehri ovasına uzanan doğal bir geçiş güzergâhı sunar. Eski İbraniler, bu bölgeyi "Hamath'ın girişi" olarak adlandırmıştır; söz konusu ifade, Asi Nehri boyunca önemli bir kent olan Hama'yı çevreleyen alanı işaret etmektedir. Genişliği yirmi ile yirmi beş mil arasında değişen bu coğrafi alan, dört ana dağ geçidinin birleştiği geniş

ve hafif engebeli bir ovadan oluşur: geçitlerden biri kıyıya, biri doğudaki Suriye çölüne, diğer ikisi ise kuzey ve güney yönlerine açılır (Robinson, 1908).



Şekil 2, 3: Hama ilçesi, Hamath yerleşimi (Robinson, 1908. URL 3).

Bu ovanın içinde, Asi Nehri kıyısında son derece elverişli bir konuma sahip olan Hama, dünyanın en eski şehirlerinden biri sayılmaktadır (Robinson, 1908). Kentin merkezindeki höyükte yürütülen arkeolojik kazılar, A'dan M'ye harflendirilen on iki katmandan oluşan zengin bir stratigrafiyi gün yüzüne çıkarmıştır; bu katmanlar, Neolitik dönemden Arap dönemine uzanan kesintisiz bir yerleşim geçmişini belgelemektedir (Dussaud, 1944). Kentte ilk yaşayanların Sami dilleri konuşan Kenanlılar olduğu bilinmekte; yerleşim alanının ilerleyen yüzyıllarda Hititlerin kraliyet kentlerinden biri işlevini üstlendiği anlaşılmaktadır. MÖ 10. yüzyılda Hama, Kral Toi önderliğinde güçlü ve bağımsız bir krallığın başkenti konumuna gelmiş; bu nüfuzunu MÖ 8. yüzyıla dek sürdürmüş ve bu dönemde peygamber Amos tarafından "Büyük Hamath" olarak anılmıştır. Ne var ki zamanla gücü azalan Hama, sonunda MÖ 720 yılında II. Sargon komutasındaki Asur İmparatorluğu'nun hâkimiyetine girmiş ve kolonileştirilmiştir (Robinson, 1908).



Şekil 4: Helenistik dönemde hama şehri, hama kalesi (Neglia, 2011).

Demir Çağı'nda önemini yitirmesinin ardından Hama, Helenistik dönemde köklü bir kentsel dönüşüm geçirmiş ve bugünkü morfo-tipolojik yapısının temelleri bu süreçte atılmıştır. Kent, tarihöncesi höyüğün eteklerinde, Seleukos dönemi Suriye şehirlerine özgü planlama ilkeleri çerçevesinde yeniden kurulmuştur (Neglia, 2011). Makedon egemenliği döneminde kente Epiphania adı verilmiş; bu ismin büyük olasılıkla MÖ 176-164 yılları arasında IV. Antiokhos Epiphanes tarafından konulduğu kabul edilmektedir (Robinson, 1908). Bu Helenistik yeniden

kuruluş, kent dokusuna Via Recta adıyla bilinen ana eksen etrafında biçimlenmiş düzenli bir ızgara plan kazandırmıştır. Bölgedeki ada ölçüleri ve hizalamalar, yeni kentin kamusal yaşamının odağı olan merkezi bir agora da barındırmış olduğunu kuvvetle düşündüren sistematik bir kentsel ağa işaret etmektedir (Neglia, 2011).
Epiphania, Roma döneminde de büyümesini doğal bir seyirle sürdürmüştür. Bu dönemde kent sınırları genişlemiş, kare planlı bir castrum, yani askerî garnizon inşa edilmiş; sütunlu bir cadde ile tiyatronun da bu dönemde eklendiği tahmin edilmektedir (Neglia, 2011). MS 639 yılında Müslüman kuvvetlerin eline geçen kent, bu geçişle birlikte Bizans katedrallerini camilere dönüştürmüş; ancak temel kentsel düzeni büyük ölçüde değişmeden kalmıştır (Robinson, 1908). Hama, özellikle tanınmış Arap coğrafyacısı ve hükümdarı Ebu'l-Fidâ'nın yönetimi altında, 12. yüzyılın sonlarından 14. yüzyılın ortalarına uzanan dönemde parlak bir kültürel ve ekonomik canlılık yaşamıştır (Dussaud, 1944). Tüm bu tarihsel süreç boyunca Hama'nın Asi Nehri ile olan ilişkisi kentin belirleyici özelliği olmayı korumuştur; kemerli taş köprüler ve geniş bahçeleri sulayan, taş su kemerleri aracılığıyla yukarı kente su taşıyan noria adlı büyük su çarkları bu ilişkinin en çarpıcı simgeleri olmuştur (Robinson, 1908).

2. YÖNTEM:

Bu çalışma, Suriye Hama ilçesinde yer alan Apamea'nın tarihsel gelişimini, kentsel morfolojisini ve mimari dönüşümünü ele alan nitel bir araştırma çerçevesine dayanmaktadır. Temel amaç, Orontes vadisindeki Apamea'nın Helenistik dönemdeki kuruluşundan Roma çağındaki anıtsal büyümesine, Bizans dönemi yeniden yapılanmalarından Ortaçağ ve modern dönemlerdeki yıkım süreçlerine uzanan mekânsal dönüşümünü izlemektir. Bu çerçevede Hama, aynı coğrafi havzada gelişmiş karşılaştırmalı bir örnek olarak çalışmaya dahil edilmiş; özellikle kentsel süreklilik, morfolojik esneklik ve tarihsel dayanıklılık boyutlarıyla incelenmiştir.
Araştırma verileri; arkeolojik kazı raporları, tarihsel coğrafya çalışmaları, kentsel morfoloji literatürü ve kadastro haritaları üzerinden doküman analizi yöntemiyle elde edilmiştir. Bu kaynaklar ışığında, Apamea'nın Helenistik dönemden günümüze uzanan mekânsal dönüşüm evreleri kronolojik bir düzende ele alınmıştır.
Çalışma kapsamında; stratejik topoğrafya, planlı kentleşme, anıtsal mimari, savunma yapıları, doğal afetler ve terk edilme süreçlerinin kent dokusu üzerindeki etkileri sistematik biçimde incelenmiştir. Apamea'nın dik açılı planı, Büyük Sütunlu Caddesi, tiyatrosu ve surları çalışmanın odak noktalarını oluştururken, Hama'nın organik büyüme örüntüsü karşılaştırmalı bir referans çerçevesi olarak benimsenmiştir.

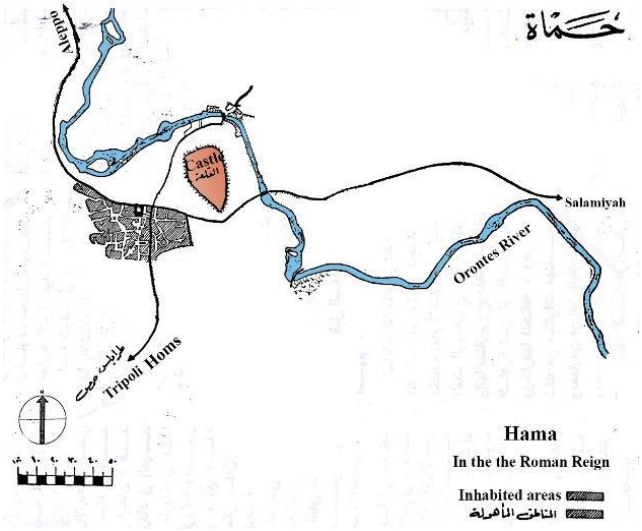
3. BULGULAR:

3.1 ORGANİK BÜYÜMEDEN ANITSAL KENTLEŞMEYE.

3.1.1. HAMA'NIN ROMA DÖNEMİNDEKİ GENİŞLEMESİ

Kadastro haritaları üzerinde yapılan çözümlemeler, Hama'nın kentsel dokusunun oluşumunda ikinci ana evrenin Roma dönemine ait olduğunu ortaya koymaktadır. Kentsel yapı izleri incelendiğinde, kenar uzunlukları yaklaşık 213 metreyi bulan, başka bir deyişle her kenarı 6 acta ölçüsünde kare biçimli geniş bir alanın varlığı saptanmaktadır. Bu alan, bölgenin stratejik önemini korumak amacıyla inşa edilmiş tahkimli bir castrum olarak hizmet görmüştür. Bu askerî yapı, merkez höyüğü dolanarak akan Orontes Nehri'nin yönüne uyum sağlamak için 14 derece döndürülmüştür (Neglia, 2011).
Bu genişleme sürecinde kent içi ulaşım ağının öncelik sıralaması da kökten değişmiştir. Helenistik dönemden kalma Via Recta önemini yitirmiş; yerini bugünkü Cerrah Caddesi güzergâhıyla örtüşen yeni bir Roma sütunlu caddesi almıştır. Roma kentinin nehre doğru

genişlemesi, Roma döneminde inşa edilen ve thermae ile merkezi dini yapılara su sağlayan iki su kemerinin kalıntıları aracılığıyla belgelenmektedir (Neglia, 2011).



Şekil 5: Roma dönemde hama şehri (Alsumsam, 2017).

Bab el-Kıbli mahallesi çevresindeki yapı dokusunda radyal bir örüntü izlenmekte; bu durum yaklaşık 86 metre çapında bir Roma tiyatrosunun var olduğunu kuvvetle akla getirmektedir. Söz konusu morfolojik bulgular, merkez höyükteki arkeolojik stratigrafiyle de örtüşmektedir; nitekim C katmanı doğrudan Roma dönemi yerleşimine karşılık gelmektedir (Dussaud, 1944).

3.1.2. APAMEA'NIN STRATEJİK KURULUŞU.

Hama'nın kenti Orontes boyunca doğal bir seyirle büyürken, nehrin aşağı kesimlerindeki Apamea sahasında çok daha farklı ve anıtsal bir kentleşme anlayışı filizleniyordu. Başlangıçta Pharnakè adıyla bilinen küçük bir köy olan bu alan, stratejik konumunun fark edilmesiyle Antigonus I Monophthalmus tarafından ele geçirilmiş; Makedonyalı gaziler için bir koloni kurulmuş ve yerleşim Pella adını almıştır. MÖ 301'deki Ipsus Muharebesi'nin ardından Seleucus I Nicator bölgenin kontrolünü eline almış; yerleşimi bir polis olarak yeniden kurmuş, sur duvarlarıyla sağlamlaştırmış ve eşi Apama'ya atfen kente Apamea adını vermiştir (Balty, 2003).

Antik coğrafyacı Strabo, kentin coğrafi avantajlarını ayrıntılı biçimde aktarmaktadır. Ona göre Apamea, geniş bir ova ortasında yükselen, güçlü surlarla çevrilmiş bir sırt olan lophos üzerinde kurulmuştur. Orontes Nehri ile çevresindeki geniş göl havzası bu platoyu, suyla çevrili doğal bir yarımadaya, yani bir Chersonesos'a dönüştürmektedir. Üç yanı suyla çevrili olan bu doğal savunma mevzii; 30.000 kısrağı, 300 aygırı ve 500 fili besleyecek otlaklara ev sahipliği yapmasıyla birlikte Seleukos İmparatorluğu'nun temel askerî cephaneliği ve stratejik merkezi konumuna gelmiştir (Balty, 2003).



Şekil 6: Apamea şehrin yerleşimi (Balty, 2003).

3.1.3.
KLASIK IZGARA PLAN VE BÜYÜK SÜTUNLU CADDE.

Apamea'da yürütülen arkeolojik çalışmalar, kentin kuzey-güney yönünde uzanan ana cadde eksenine dayalı, katı bir Hippodamos planına göre kurulduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Massih et al., 2018).

Helenistik dönemde bu ana arter, taş dükkânların sıralandığı ve 5,48 metre genişliğinde bir revaklı kenar yürüyüş yolu bulunan geniş bir plateia niteliğindeydi. MS 115'teki yıkıcı depremin ardından başlatılan kapsamlı bir yeniden yapılanma programı ise bu caddeyi, tümüyle bazalt levhalarla döşenmiş görkemli bir Roma sütunlu bulvarına dönüştürdü (Massih et al., 2018).

MS 2. yüzyıldaki halıyla Apamea'nın Büyük Sütunlu Caddesi, çağının en etkileyici kentsel akslarından biriydi. Revak genişliği 6,90 metreye, orta yol genişliği ise 20,80 metreye ulaşmış; bu boyutlar başkent Antioch'taki muadil caddeyi bile geride bırakmıştır. Korinth düzenindeki sütunlar yaklaşık 7,50 metreye yükseliyor, arşitrav ve üst yapıyla birlikte stylobat düzeyinden ölçüldüğünde 10,55 metreye erişiyordu. Yaklaşık iki kilometre boyunca uzanan bu anıtsal düzenleme, kentin silueti içinde odak noktası olmuştur (Balty, 1994).

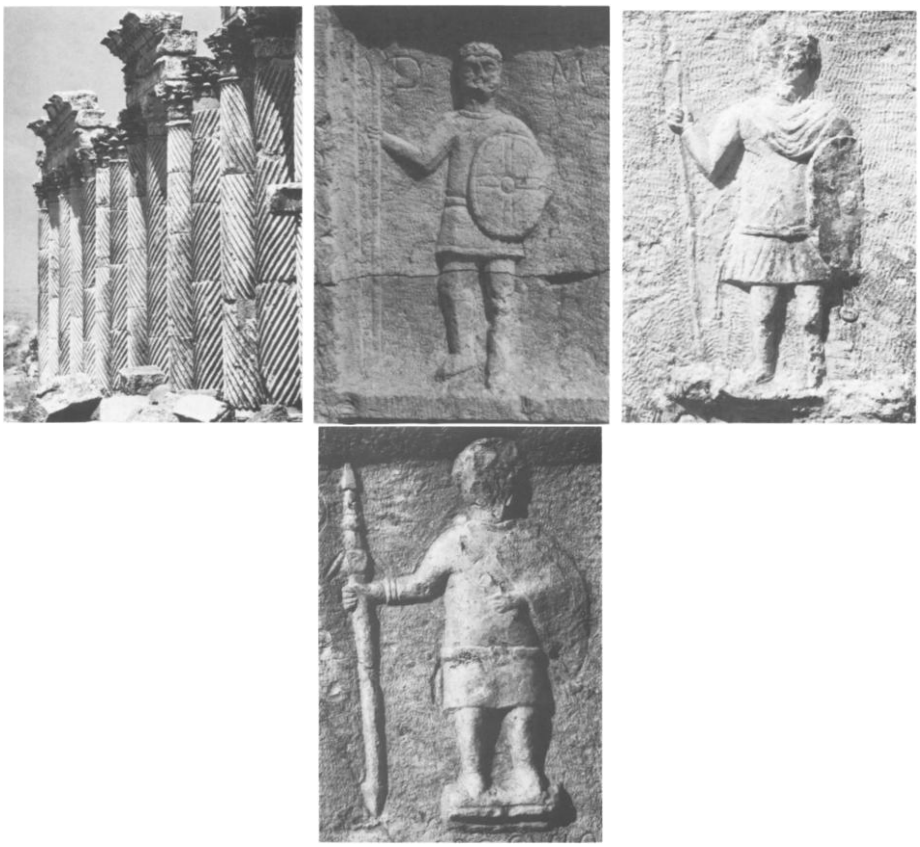


Şekil 7: Apamea sütün caddesi (URL 1; Balty, 2003).

3.1.4. ANITSAL MIMARI VE ROMA ASKERÎ VARLIĞI.

Apamea'nın Roma İmparatorluğu çağında ulaştığı refah düzeyi, başta tiyatrosu ve görkemli konut yapıları olmak üzere pek çok mimari eserde kendini açıkça belli etmektedir.

MS 2. yüzyılın ortalarında inşa edilen Apamea Tiyatrosu, yaklaşık 100 metrelik çapıyla Suriye'deki en büyük ikinci Roma tiyatrosudur. Alt kademedeki oturma sıraları saf beyaz kireçtaşından oyularak şekillendirilmiş; orkestra bölümü ise granit, cipollino mermer ve çeşitli renkli taş bloklarla zenginleştirilmiştir (Massih et al., 2018).



Şekil 8: Anıtsal Mimari ve Roma Askerî Varlığı (Balty, 1988).

Ana caddeye bitişik bölgede son yıllarda sürdürülen kazılar, MS 2. yüzyılın sonuna ya da 3. yüzyılın başına tarihlenen görkemli bir Roma konutunu gün yüzüne çıkarmıştır (Massih et al., 2018). Üst yapısı büyük ölçüde yıkılmış olsa da bu yapı; zengin mimari bezeme ögelerine, kaliteli mozaik döşemelere ve titiz bir işçiliğin ürünü olan duvar resimlerine sahipti. Tüm bu buluntular, kentte Antioch başta olmak üzere büyük merkezlerin ustaları ile boy ölçüşebilecek yetenekli zanaatkârların varlığına işaret etmektedir (Massih et al., 2018).

3.2. HAMA VE APAMEA'NIN ZAMAN İÇİNDEKİ DÖNÜŞÜM (SAVAŞLAR VE DOĞAL AFETLER).

3.2.1. SASANİ TEHDİDİ VE SAVUNMAYA YÖNELİK UYUMLAR.

Apamea'nın Pax Romana döneminde yaşadığı anıtsal istikrar, MS 3. yüzyılın ortasında patlak veren jeopolitik krizlerle sarsılmaya başladı. Doğu sınırlarının zayıflamasının ardından Shapur I, Suriye genelinde yıkıcı seferler düzenledi ve Trebonianus Gallus'un iktidar yıllarında, MS 252'de Levant koridoruna derinlemesine sızdı.

Sasani kuvvetlerinin ilerleyişi Apamea'yı doğrudan tehdit altına almış ve bu durum kentte köklü fiziksel önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Doğu surlarında, özellikle "Kule XV" olarak bilinen burçta yürütülen arkeolojik kazılar, savunucuların ellerindeki her türlü malzemeyi kullanarak surları büyük bir aceleyle güçlendirdiğini gözler önüne sermiştir (Balty, 1987).

Surları bir an önce güçlendirme telaşı içindeki halk, yakın çevredeki askerî nekropolü parçalamış; ele geçirilen mimari bloklar, yazıtlı mezar stelleri ve Legio II Parthica'ya ait cippuslar savunma duvarlarına harç yerine işlenmiştir (Balty, 1988).

Kent çevresindeki bu köklü askerîleşme, Apamea'nın açık ve rahat bir klasik şehirden, bölgesel çöküşün gölgesinde hayatta kalmaya çabalayan bir tahkimli kaleye nasıl dönüştüğünü son derece çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır.

3.2.2. BIZANS DÖNEMINDE DIRENÇ VE SISMIK SARSINTILAR.

Apamea, MS 3. yüzyılın askerî fırtınasını atlatmış olsa da Bizans döneminde doğal afetler kentin görünümünü derinden değiştirdi. MS 526 ve 528 yıllarında arka arkaya gelen iki büyük deprem kenti büyük zarara uğrattı; ikinci sarsıntı, birincisinin zaten hasar verdiği anıtsal yapıları büsbütün yerle bir etti (Balty, 1994).

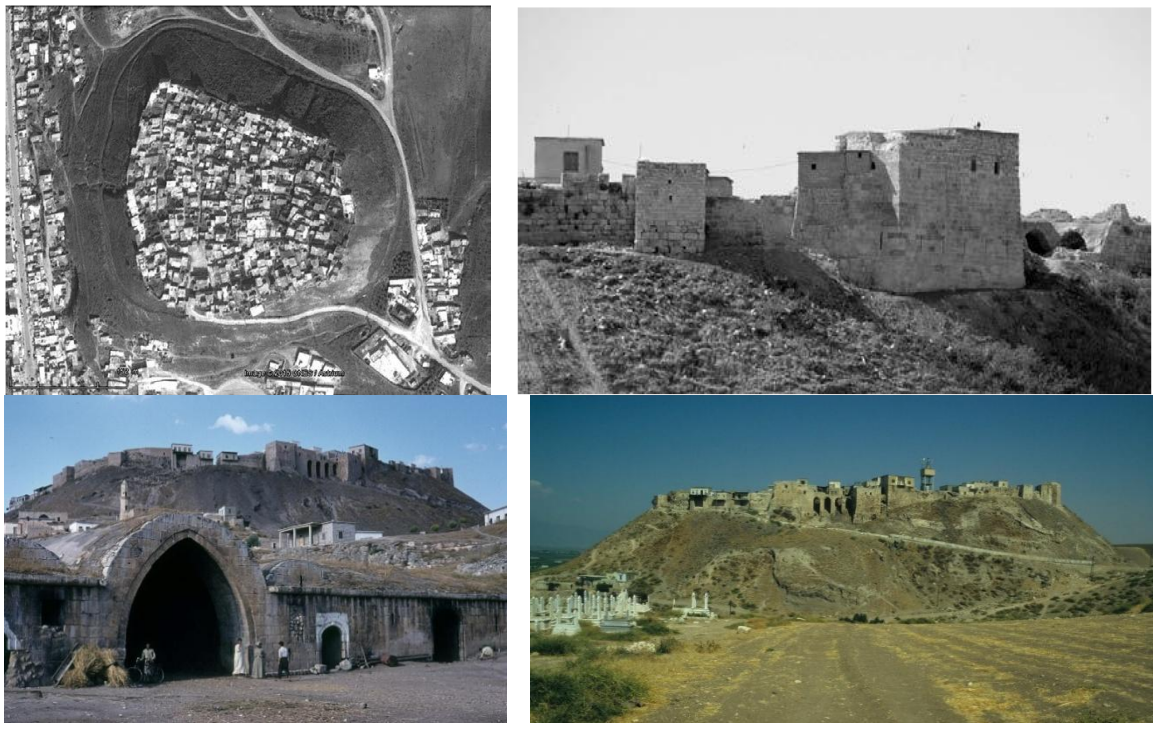
Tüm bu yıkıma karşın kent, şaşırtıcı bir dirençle yeniden ayağa kalktı ve plato genelinde kapsamlı bir yeniden inşa süreci başlatıldı. Bizans dönemine özgü bu yenilenme sürecinde Büyük Sütunlu Cadde'nin düşmüş sütunları özenle dikilerek yerlerine oturtuldu; ana eksenin geniş döşemeleri de düzenli biçimde onarıldı. Böylece Hippodamos planına dayanan başlıca kentsel aksın sürekliliği sağlandı. Öte yandan klasik kent sınırlarının hemen dışındaki çevre de dönüşüme sahne oldu: Kuzeydeki eski pagan mezarlığının yerini zamanla büyük bazilikalar, dini vakıf yapıları ve manastırlar aldı. Bu dönüşüm, Bizans toplumunun değişen dinî ve kültürel kimliğinin mekânsal bir yansıması olarak yorumlanmaktadır (Balty, 1994).

3.2.3. ORTAÇAĞ DARALMASI VE KALʿAT EL-MUDÎK KALESI.

Antik Apamea'nın son kentsel evresi, Ortaçağ'daki yeni deprem hareketlilikleriyle biçimlenmiş ve klasik plato üzerindeki yerleşim geleneği bu süreçte sona ermiştir. Başta MS 1157 ve 1170 yıllarında yaşanan büyük depremler olmak üzere arka arkaya gelen sismik olaylar, geride kalan halkı ızgara planlı antik kenti tümüyle terk etmek zorunda bırakmıştır (Balty, 1994). Halk kalıcı olarak harabenin üzerindeki Qalaat al-Mudiq kalesine sığınmış; bu kale daha sonra Nur ad-Din tarafından onarılarak güçlendirilmiştir (Massih et al., 2018).

Aşağı kent bütünüyle boşaltıldıktan sonra, kuzey kapıları yakınındaki harap mahalleler 12. yüzyılın sonları ile 13. yüzyılın başlarında kireç işçileri (chaufourniers) tarafından kullanılmaya başlandı. Bu işçiler yıkıntı arasında geçici barınaklar ve büyük fırınlar kurdu; kireçtaşı yapı kalıntılarını taş taş sökerek yaktı ve elde ettikleri kireci başka inşaatlarda hammadde olarak kullandı (Balty, 1994).

Bu endüstriyel nitelikteki tahrip süreci, Apamea'nın fiziksel yok oluşunu tamamladı ve geride bugün hayranlıkla izlenen, ancak yalnızca bir iskelet halinde ayakta kalan arkeolojik kalıntıları bıraktı.



Şekil.9: Kalʿat el-Mudîk Kalesi (Massih et al., 2018; URL 4).

3.4. 2011 SAVAŞ SONRASI: ÇATIŞMANIN BAŞLAMASI VE FİZİKSEL TAHRİBAT.

Apamea, antik çağlarda pek çok depremi ve askerî saldırıyı göğüslemiş olmasına karşın, günümüzde anıtsal mirasını tehdit eden tarihte eşi görülmemiş bir yıkım tehlikesiyle yüzleşmektedir.

2011'de başlayan iç çatışmaların ardından Apamea arkeolojik alanı ve üzerindeki Qalaat al-Mudiq, aktif savaş, yoğun topçu ateşi ve askerî işgal nedeniyle son derece ağır tahribata uğramıştır. Ortaçağ kalesi, süregelen bombardıman ve yangın nedeniyle, özellikle güney surlarında ağır yapısal hasara maruz kalmıştır (Cunliffe, 2012).

Eş zamanlı olarak, alanın fiziksel dokusu da askerî tahkimat çalışmaları nedeniyle derin biçimde tahrip edilmiştir. Suriye ordusuna ait buldozerler tank mevzisi oluşturmak için kale höyüğünün yamaçlarını kazarken, tankların Büyük Sütunlu Cadde'nin antik taşlarını bizzat hedef aldığı da görsel belgelerle kanıtlanmıştır (Cunliffe, 2012).

4. SONUÇ: LEVANT KENTLEŞMESİNİN AYRIŞAN YAZGILARI

Orontes vadisinin kentsel gelişim öyküsü; mimari uyarlanabilirlik, anıtsallık arzusu ve kentsel kırılganlık temalarını bir araya getiren derin bir tarihsel anlatı sunar. Hama, köklerini Hitit ve Arami dönemlerine kadar götüren geçmişiyle büyümesini, nehirle ve şehrin simgesi hâline gelen su çarklarıyla şekillenen kesintisiz organik bir süreç içinde gerçekleştirmiştir.

Kentin alt katmanlarını oluşturan kentsel dokunun incelenmesi, Hama'nın imparatorluk güçleriyle karşılaştığında silinmediğini, tam tersine bu etkileri bünyesine katarak kendini yenilediğini göstermektedir. Helenistik dönemde Epiphania adıyla yeniden düzenlenen ve Via Recta ekseni etrafında biçimlenen kent, Roma çağında tahkimli bir castrum ve yarım daire planlı bir tiyatro ile zenginleşmiş; mimari gelişim böylece her yeni dönemin bir öncekinin üzerine eklemlendiği sürekliliğin damgasını vurduğu bir çizgide ilerlemiştir.

Bu kesintisiz dönüşüm süreci, Hama'nın Bizans, İslam ve Memlük dönemlerinde de temel kimliğini yitirmeden ayakta kalmasını sağlamış; kent bu sayede kesintisiz iskânın ve olağanüstü kentsel direncin nadir bir örneği olarak tarihe geçmiştir.

Apamea ise Levant'ta planlı ve anıtsal kentleşmenin zirvesini temsil etmektedir. Orontes'e hâkim doğal bir Chersonesos platosunun stratejik avantajlarından yararlanan Seleukos plancıları, mütevazı bir köy yerleşimini seçkin bir askerî başkente dönüştürmeyi başarmışlardır.

Kentin mimari kimliği; katı Hippodamos planı, görkemli tiyatrosu ve yaklaşık iki kilometre boyunca uzanan devasa Büyük Sütunlu Caddesiyle şekillenmiştir. Ancak tam da bu sert anıtsallık, kenti Geç Antikçağ'ın sarsıcı siyasal dönüşümlerine karşı kırılgan bırakmıştır.

MS 3. yüzyılın ortasında Sasani baskısı doruk noktasına ulaştığında, Apamea'nın açık ve klasik düzeni savunma açısından ciddi bir zafiyet hâline dönüştü; savunucular doğu surlarını güçlendirebilmek için kendi askerî mezarlıklarını söküp yapı malzemesi olarak kullanmak zorunda kaldılar.

Sonuç olarak bu iki Levant kentinin birbirinden ayrışan tarihsel kader çizgileri, antik mimari dayanıklılığın farklı biçimlerini gözler önüne sermektedir. Hama'nın esnek ve uyarlanabilir kentsel dokusu onu canlı bir şehir olarak bugüne taşırken, Apamea'nın klasik görkemi MS 1157 ve 1170 depremlerinin darbesiyle kalıcı olarak yıkılmıştır.

Platonun tümüyle boşaltılması ve ardından Ortaçağ kireç işçilerinin taşları söküp başka yapılarda kullanması, aşağı kentin fiziksel çöküşünü hızlandırmış; yaşam yalnızca yüksekteki Qalaat al-Mudiq çevresinde sürdürülebilmiştir.

Bu çalışma, kesintisiz organik yerleşimden anıtsal bir terk edilişe uzanan kentsel süreçleri irdeleyerek yalnızca Orontes vadisinin mekânsal tarihini gün yüzüne çıkarmakla kalmamakta;

aynı zamanda Suriye'nin günümüze ulaşmış mimari mirasının son derece değerli, ancak bir o kadar kırılgan niteliğini de vurgulamaktadır.

5. ÖNERİ.

Bu araştırmanın ortaya koyduğu mimari kırılganlık ve yok oluş tablosu ışığında, Apamea gibi eşsiz antik kentlerin korunması ve geleceğe aktarılması için salt fiziksel önlemlerin ötesine geçen, eğitim ve idari yönetim odaklı bütüncül stratejiler geliştirilmesi önerilmektedir. Geçmişten günümüze uzanan sistematik tahribat zincirini kırmak adına, öncelikle devlet kurumlarının ve yetkili idarelerin bu arkeolojik alanlar üzerinde tam denetim sağlaması, yasal koruma çerçevelerini güçlendirmesi ve mirası tehdit eden eylemlere karşı caydırıcı güvenlik politikalarını tavizsiz biçimde hayata geçirmesi elzemdir. Ancak kurumsal denetimlerin uzun vadede kalıcı ve başarılı olabilmesi, bu alanların tarihsel ve kültürel öneminin topluma doğru biçimde aktarılmasına bağlıdır. Bu bağlamda, kamuoyunu bilinçlendirmeye yönelik kapsamlı eğitim programları düzenlenmeli ve antik mirasın salt bir yapı kalıntısı değil, aidiyet duyulması gereken ortak hafızanın paha biçilemez bir parçası olduğu fikri toplumsal tabana yayılmalıdır.

Kaynakça:

Alsumsam, I. (2017). *Improving the quality of public open spaces in Hama, Syria: An investigation through the social spatial approach* (Doctoral dissertation, University of Edinburgh).

Balty, J. C. (1987). Apamée (1986): Nouvelles données sur l'armée romaine d'Orient et les raids sassanides du milieu du IIIe siècle. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, *131*(1), 213-242.

Balty, J. C. (1988). Apamea in Syria in the second and third centuries AD. *The Journal of Roman Studies*, *78*, 91-104.

Balty, J. C. (1994). Grande colonnade et quartiers nord d'Apamée à la fin de l'époque hellénistique. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, *138*(1), 77-101.

Balty, J. (2003). À la recherche de l'Apamée hellénistique: les sources antiques. *Topoi. Orient-Occident*, *4*(1), 211-222.

Cunliffe, E. (2012). Damage to the soul: Syria's cultural heritage in conflict.

Dussaud, R. (1944). Harald Ingholt.—Rapport préliminaire sur sept campagnes de fouilles à Hama en Syrie (1932-1938); PJ Rus.—Hama-Samlingen. *Syria. Archéologie, Art et histoire*, *24*(3), 258-261.

Manolova, T. (2019). The Levant. A Companion to the Archaeology of Early Greece and the Mediterranean, 1185-1214.

Massih, J. A., Nishiyama, S., Charaf, H., & Deb, A. (Eds.). (2018). *Archaeological explorations in Syria 2000-2011: proceedings of ISCACH-Beirut 2015*. Archaeopress Publishing Ltd.

Robinson, G. L. (1908). The Entrance of Hamath. *The Biblical World*, *32*(1), 7-18.

Neglia, G. A. Interpreting the urban structures underlying the Hama Medina: archaeology without excavation.

URL 1: The Colonnade of Apamea in Syria

URL 2 : Belad Al-Sham (The Levant) by Syrian geographer Hamdi Tarabein, 1930s : r/MapPorn

URL 3 : High Detailed Syria Physical Map Labelling Stock Vector by ©delpieroo 545134454

URL 4: "أفاميا، الخان العثماني الأثري أسفل قلعة المضيق" - Syrian Heritage Archive

URL 5: Levant - NamuWiki

SİSMİK İZOLASYON YÖNTEMİNİN KOCAELİ İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ VE MALİYET ANALİZİ

Yusuf TURGUT
Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 77200 Yalova
ORCID ID: 0009-0002-1073-1053
Serkan ENGİN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 41001 İzmit, Kocaeli
ORCID ID: 0000-0001-9214-237X

ÖZET
Daha önce yaşanmış olan depremler özellikle 2000 yılı öncesine ait yapı stoğunun düşük beton dayanımı, yetersiz donatı miktarı gibi değişkenlerden kaynaklanan yapısal yetersizlikler içerdiğini göstermektedir. Şehirleri depreme dirençli hale getirmek için bahsedilen eski yapı stokunun yenilenmesi gerekmektir. Ancak bu yenilemenin, belli hasar seviyesini baştan kabul eden klasik yapı tasarımı yerine yapının ve içindeki donanımların hasar görmeden depremi atlatmasını sağlayan sismik izolatör gibi yenilikçi yaklaşımlarla yapılması şehirlerin deprem dirençliliğini daha da arttıracaktır. Ülkemizde belli bir yatak sayısını aşan hastanelerde sismik izolatörlerin kullanılması uzun yıllardan beri bir zorunluluk olmasına rağmen konut türü yapılardan böyle bir zorunluluk bulunmadığından kullanımı günümüze kadar oldukça kısıtlı kalmıştır. Konut türü yapılarda sismik izolatör kullanımına ilişkin farkındalık 6 Şubat 2023'te meydana gelen depremlerden sonra artmış olsa da bu tür yapıların daha maliyeti inşa edileceği önyargısıyla hala yaygınlaşmamıştır. Bu çalışmada Kocaeli'nde inşa edileceği kabul edilen 8 katlı bir yapının klasik tasarım yaklaşımı ve sismik izolatörlü olarak inşa edilecek olması kabulüne göre zaman tanım alanında analizleri gerçekleştirilerek sonuçları hem yapı davranışı hem de maliyet açısından karşılaştırılmıştır.
Anahtar kelimeler: Sismik izolatör, betonarme yapı, göreli kat öteleme oranı, zaman-tanım alanında analiz, deprem dirençliliği, maliyet analizi

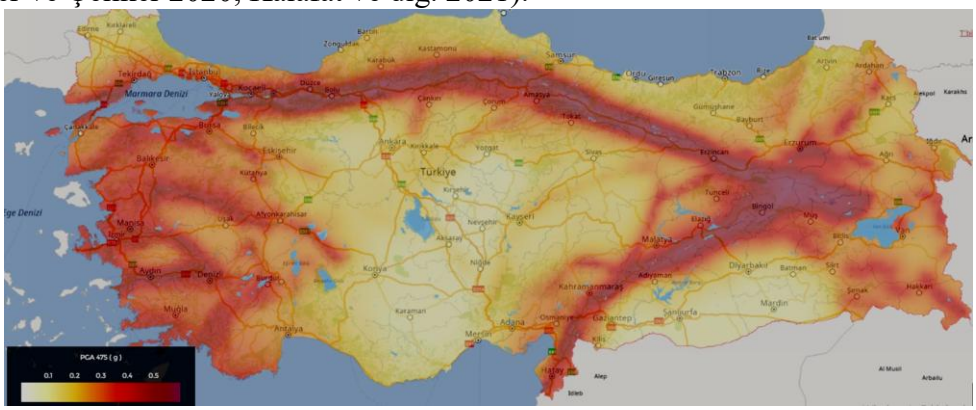
INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY AND COST ANALYSIS OF SEISMIC ISOLATION METHODS FOR KOCAELI

ABSTRACT
Previous earthquakes have shown that the building stock, especially those built before the year 2000, contain structural deficiencies stemming from variables such as low concrete strength and insufficient reinforcement. To make cities more resilient to earthquakes, the aforementioned old building stock needs to be renovated. However, this renovation, rather than relying on classical building designs that accept a certain level of damage from the outset, will further increase cities' earthquake resilience by using innovative approaches, such as seismic isolators, that allow the structure and its equipment to withstand earthquakes without damage. Although the use of seismic isolators has been a requirement for many years in hospitals exceeding a certain number of beds in our country, their use has remained quite limited in residential buildings due to the lack of such a requirement. While awareness regarding the use of seismic isolators in residential buildings increased after the earthquakes of February 6, 2023, their widespread adoption is still hampered by the misconception that such buildings are more expensive to construct. In this study, time-domain analyses were performed on an 8-story building to be constructed in Kocaeli, under both a classical design

approach and the assumption that it would be built with seismic isolators. The results were then compared in terms of both structural behavior and cost.
Keywords: Seismic isolator, reinforced concrete structure, relative story drift ratio, time-domain analysis, earthquake resilience, cost analysis

1. GİRİŞ

Türkiye bulunduğu jeopolitik konum dolayısıyla Avrasya, Afrika ve Arap levhaları arasında kalmaktadır. Bu levhaların birbiri ile etkileşimlerinin sonucu olarak Alp-Himalaya sismik kuşağı üzerinde yer alan dünyanın en aktif deprem bölgelerinden birisi meydana gelmektedir (Ünal ve diğ. 2014, Demircioğlu ve diğ. 2018, Kalafat ve diğ. 2021, Engin ve Gerdan 2025). Şekil 1, ülkemizin sismik tehlike haritasını göstermektedir. Bingöl'ün Karlıova ilçesinden başlayıp Ege Denizi'ne kadar uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu, Türkiye'nin aktif fay hattını oluşturmaktadır (İnce ve Kurnaz 2018, Şeşetyan ve diğ. 2016, Sönmezer ve Çeliker 2020, Kalafat ve diğ. 2021).



Şekil 1. Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası (AFAD)

Türkiye'deki konutlaşma, sanayi ve nüfus yoğunluğunun fazlalığı göz önünde bulundurulduğu zaman ise Marmara Bölgesi çok önemli bir yere sahiptir (Erdik ve diğ. 2004, Kalkan ve diğ. 2009). Özellikle 1999 depremleri meydana gelebilecek olumsuz durumların büyüklüğünü gözler önüne sermiştir. Öte yandan, Kocaeli ili Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan ve barındırdığı yerleşme ve sanayi bölgelerinin birçoğunun 1. derece deprem bölgesinde yer alması nedeniyle yüksek deprem riski altındadır (Korkmaz ve diğ. 2024).

Depreme dirençli kentler ve sürdürülebilir yapılaşma amaçları doğrultusunda inşaat sektöründeki yenilikçi ve teknolojik gelişimlerden birisi olan sismik izolasyon yönteminde düşük yanal rijitlik ve yüksek düşey rijitliğe sahip elemanlar yerleştirilerek yapıyı zemin hareketinden ayrı tutma işlemi hedeflenmektedir. Sismik izolatörlerin çalışma prensibi temel ile üst yapı arasına yerleştirilerek yapının hâkim periyodunu uzatmak üzerinedir (Kelly 1986, Karaca ve diğ. 2022, Çerçevik ve Çerçevik 2025). Böylece, olası bir deprem sırasında yapıya etkiyen kuvvet azalırken katlar arası göreli kat ötelemeleri de sınırlandırılarak yer değiştirmeler sismik izolasyon seviyesinde sönümlenmektedir.

Bu çalışmada, Kocaeli ilinde inşa edileceği düşünülen 8 katlı geleneksel betonarme ve çift sürtünme yüzeyli sürtünmeli sismik izolatörlü olarak inşa edilecek olması kabul edilen 8 katlı izolatörlü binanın modellemesi yapılmıştır. Zaman-tanım alanında analiz yöntemi ile her iki yapının da seçilen deprem kayıt setleri altında göreli kat öteleme oranları karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde yapıların analizde esas alınan tasarım spektrumları, seçilen deprem kayıtları, seçilen kayıtların tasarım spektrumuna uygun hale getirilmesi için yapılan ölçekleme ve yapı analitik modelinin oluşturulması adımları açıklanmıştır.

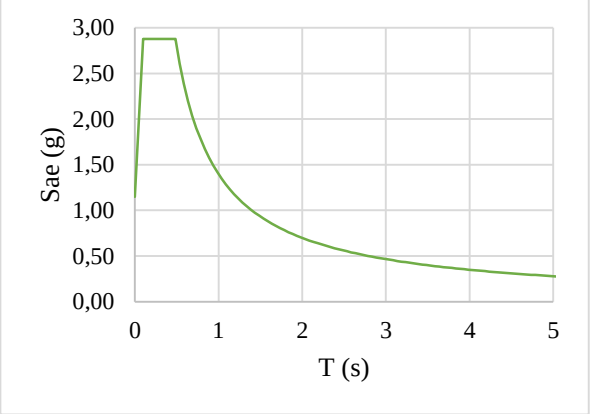
2.1. Yatay Tasarım Spektrumlarının Oluşturulması

Deprem tasarım düzeyi-1 (DD-1) olan yer hareketi düzeyi çok seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir. Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan bu deprem yer hareketi düzeyi göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketlerini nitelemektedir. Öte yandan, tasarım süreçlerinde standart deprem yer hareketi olarak kabul edilen DD-2 düzeyi, 50 yıllık bir kullanım ömrü içinde aşılma ihtimali %10 olan ve ortalama 475 yılda bir gerçekleşmesi beklenen seyrek sismik etkileri tanımlamaktadır. Deprem kayıtlarının seçimi için deprem yer hareketi düzeyi-1 (DD-1) ve deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2) düzeylerindeki tasarım spektrum verileri 40.667619° enlem ve 29.788602° boylam koordinatları için AFAD web sitesi (http://tdth.afad.gov.tr/) üzerinden elde edilmiştir.

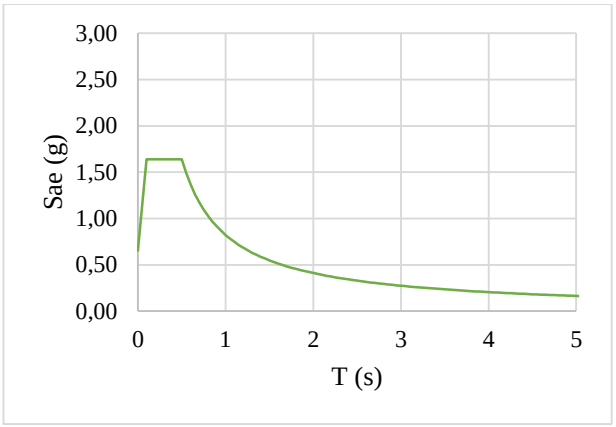
Tablo 1. Bölgenin Tasarım Spektrum Verileri

Deprem Düzeyi	S_s	S_1	S_{DS}	S_{D1}	T_A	T_B
DD-1	2.876	0.822	2.876	1.399	0.097	0.486
DD-2	1.638	0.443	1.638	0.823	0.100	0.502

Tablo 1, seçilen bölgenin tasarım spektrum değerlerini spesifik olarak listelemektedir. Tablonun ilk sütunu çalışmaya konu olan bölgedeki deprem tasarım düzeyini gösterirken devam eden sütunlarda bu bölgedeki S_S, S_1, S_{DS} ve S_{D1} parametre değerleri sırasıyla sunulmaktadır. TBDY 2018'e göre, tasarım ivme spektrumu oluşturmak amacıyla kullanılan S_S parametresi kısa periyot harita spektral ivme katsayısını göstermektedir. Diğer bir parametre 1.0 saniye periyot değeri için harita spektral ivme katsayısı olan S_1'dir. Her iki düzey için de yatay tasarım spektrumları TBDY-2018'e uygun olarak bahsedilen katsayılar için elde edilmiştir. Aşağıda verilen Şekil 2 DD-1 deprem düzeyi için yatay tasarım spektrumunu, Şekil 3 ise DD-2 deprem düzeyi için yatay tasarım spektrumunu göstermektedir.



Şekil 2. DD-1 düzeyindeki yatay tasarım spektrumu



Şekil 3. DD-2 düzeyindeki yatay tasarım spektrumu

2.2. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

Çalışmada kullanılacak olan deprem kayıtlarının büyüklük, fay kırığına olan mesafe ve zemin özellikleri açısından benzer özellikleri içerecek şekilde olması yapı tasarımı açısından daha uygun görülmektedir. Bu sebeple, seçilecek deprem kayıtlarının büyüklükleri 6.00 Mw ile 8.00 Mw aralığında ve fay kırığına olan mesafeleri ise 20 km'den küçük olacak şekilde seçildi. Farklı zemin profilleri için deprem kayıtları belirlenirken en üst 30 m'lik zemin profilindeki kayma dalgası hızı olan V_S'nin alacağı farklı değerlere göre seçim yapıldı. TBDY 2018'e göre seçilecek olan deprem kayıtlarının V_{S30} değerleri 180 m/s ile 360 m/s arasında sınırlandırıldı.

Tablo 2. DD-1 spektrumuna ölçeklemek için seçilen deprem kayıtları

Deprem	İstasyon	Yıl	M_w	V_{S30} (m/s)	R_{JB} (km)
Imp. Valley-06	Delta	1979	6.53	264.57	0.07
Imp. Valley-06	EC County Center	1979	6.53	192.05	7.31
Superstition-02	El Centro Imp. Co.	1987	6.54	192.05	18.20
Northridge-01	Canyon Country	1994	6.69	325.60	11.39
Kocaeli	Düzce	1999	7.51	281.86	13.60
Kocaeli	Yarımca	1999	7.51	297.00	1.38
Düzce	Bolu	1999	7.14	293.57	12.02
Düzce	Düzce	1999	7.14	281.86	0.00
Tottori	TTRH02	2000	6.61	310.21	0.83
Parkfield-02	Parkfield Stone	2004	6.00	260.63	2.85
El Mayor-Cuca.	RIITO	2010	7.20	242.05	13.70

Tablo 3. DD-2 spektrumuna ölçeklemek için seçilen deprem kayıtları

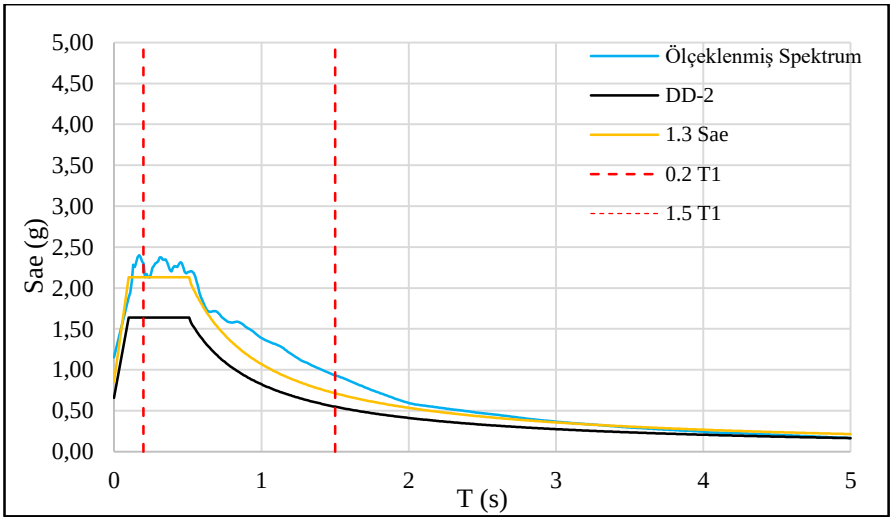
Deprem	İstasyon	Yıl	M_w	V_{S30} (m/s)	R_{JB} (km)
Gazlı	Karakyr	1976	6.80	259.59	3.92
Imp. Valley-06	El Centro Array #5	1979	6.53	205.63	1.76
Imp. Valley-06	El Centro	1979	6.53	202.26	5.09
N. Palm Spring	North Palm Spring	1986	6.06	344.67	0.00
Superstition-02	Poe Road	1987	6.54	316.64	11.16
Landers	Cool Water	1992	7.28	352.98	19.74
Northirdge-01	Port Island	1994	6.69	355.81	9.44
Northridge-01	Pardee-SCE	1994	6.69	325.67	5.54

Düzce	Bolu	1999	7.14	293.57	12.02
Denali	TAPS Pump St#10	2002	7.90	329.40	0.18
Christchurch	Pages	2011	6.20	206.00	1.92

Tablo 2, DD-1 spektrumuna ölçeklemek için seçilen yer hareketi kayıtlarının özelliklerini, Tablo 3 ise DD-2 spektrumuna ölçeklemek için seçilen deprem kayıtlarının özelliklerini göstermektedir. Buna göre, ilk sütunda depremin adı, ikinci sütunda depremin ölçüldüğü istasyon bilgisi ve devam eden sütunlarda sırasıyla depremin yılı, depremin büyüklüğü, zemin özellikleri ve fay kırığına olan mesafelerinin bilgisi verilmektedir. İlaveten, yönetmelik gereği en az 11 adet deprem kaydı çifti seçilmiş ve veri setinin çeşitliliğini korumak için deprem başına en fazla 3 deprem kaydı seçilmiştir.

2.3. Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi

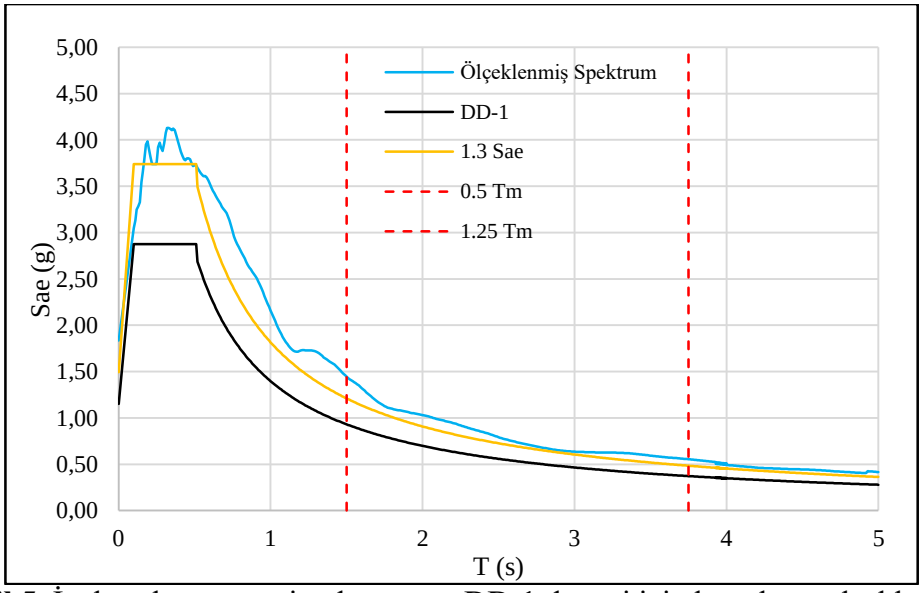
Geleneksel bina için seçilen deprem kayıtlarının ölçeklenmesi TBDY-2018'de verilen yaklaşıma göre DD-2 düzeyi için yapılmıştır. Şekil 4'te verilen mavi renkli eğri DD-2 düzeyinde geleneksel yaklaşımla tasarımı yapılan binanın seçilen 1 saniyelik periyot değerine göre ölçeklenmiş spektrum eğrisini göstermektedir. Geleneksel bina için ölçekleme yapılırken seçilen periyot değerinin 0.2 katı ile 1.5 katı arasında ölçekleme yapılmıştır. Bu sınır değerleri Şekil 3 üzerinde kırmızı kesikli çizgilerle belirtilmiştir.



Şekil 4. Geleneksel tasarımlı yapı periyoduna göre DD-2 düzeyi için kayıtların ölçeklemesi

TBDY-2018'de ölçeklenen spektrumun, standart tasarım spektrumunun 1.3 katından düşük olmaması istenmektedir. Şekil 4'te verilen siyah eğri standart tasarım spektrumunu, turuncu eğri standart spektrumunun 1.3 katını mavi eğri ise ölçeklenen tasarım spektrumunu göstermektedir. Grafik incelendiği zaman, mavi renkle gösterilen ölçeklenmiş spektrum tasarım spektrumunun 1.3 katının üzerinde kaldığı görülmektedir.

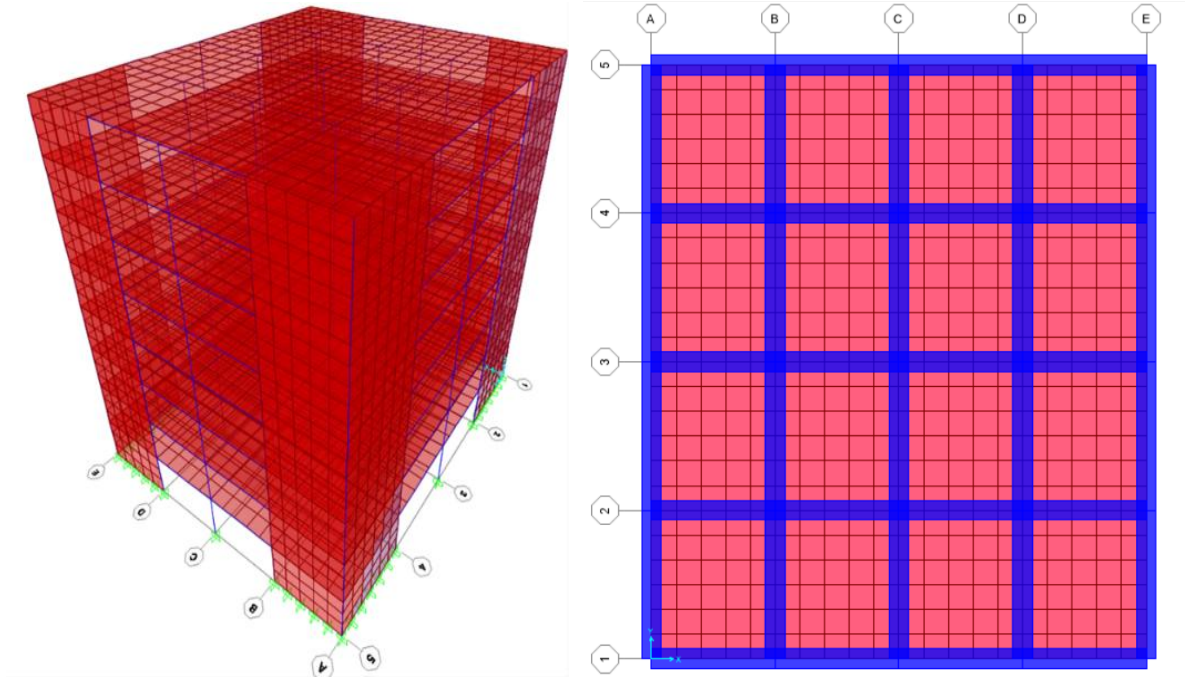
Öte yandan, Şekil 5, periyot değeri (T_M) 3 saniye olarak belirlenen izolatörlü yapının periyoduna göre DD-1 deprem düzeyi için ölçeklenmiş spektrum eğrisini göstermektedir. Şekil 5 üzerinde ölçeklenmiş spektrum eğrisi mavi renkle, ilgili tasarım düzeyi siyah renkle ve yatay tasarım spektrum eğrisinin 1.3 katını temsil eden yatay tasarım spektrum eğrisi sarı renkle gösterilmiştir. TBDY-2018'de sismik izolatörlü bina için ölçeklemenin izolatörlü yapının en büyük yer değiştirme altındaki etkin titreşim periyodunun 0.5 katı ile 1.25 katı arasında ölçekleme yapılması istenmektedir. Bu sınır değerleri Şekil 5 üzerinde kırmızı kesikli çizgilerle belirtilmiş ve buna göre ölçeklenen deprem spektrum eğrisi mavi renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5. İzolatörlü yapı periyoduna göre DD-1 düzeyi için kayıtların ölçeklemesi

2.4. Çalışmada Kullanılan Yapıların Analitik Modeli

Yapının analitik modeli SAP2000 sonlu elemanlar analiz programında oluşturularak analizler yapılmıştır. Şekil 6(a) tasarlanan geleneksel tasarımlı yapının 3 boyutlu halini, Şekil 6(b) ise bu yapının kat planını göstermektedir. Şekil 6'da görülen yapı 3 metre kat yüksekliğinde, x-yönünde 5 metre ve y-yönünde 6 metre aks aralıklarına sahip 8 katlı bir model olarak oluşturulmuştur. Her katın kat planı aynı şekilde alınarak tasarlanan bu yapıda beton sınıfı C35/45 ve çelik sınıfı S420 olarak seçilmiştir. Binanın her katında 25 adet kolon bulunmaktadır.



(a) (b)

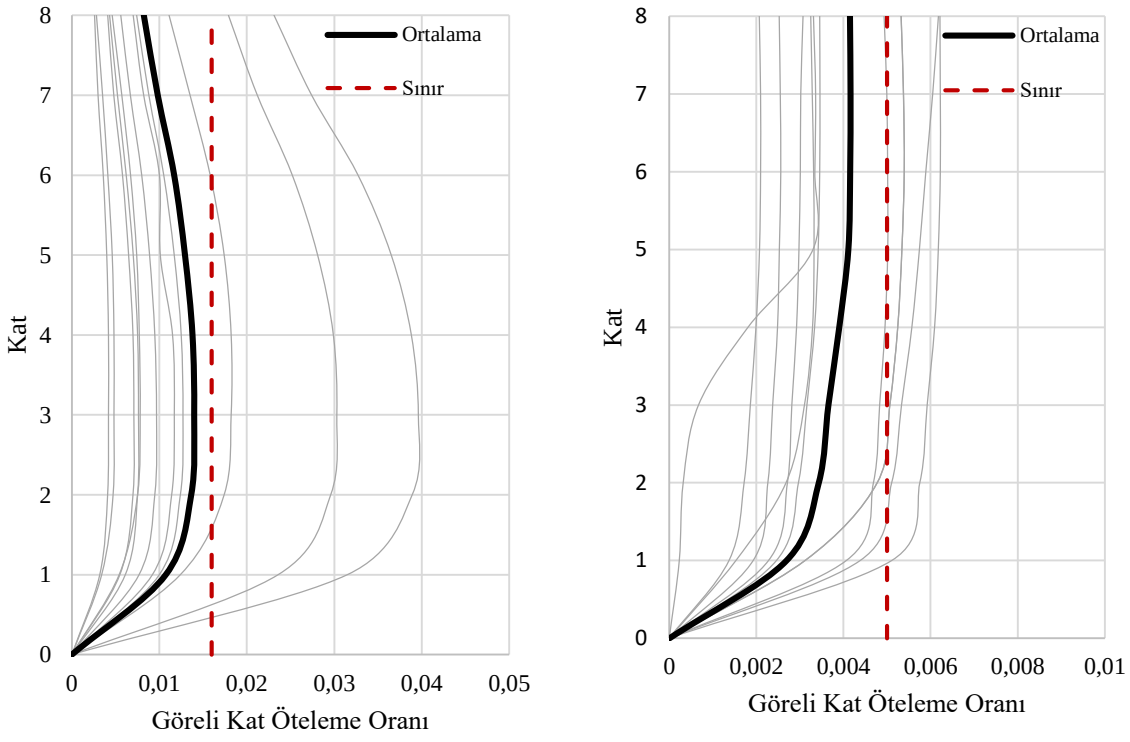
Şekil 6. Çalışmada kullanılan yapı modeli, (a) 3 boyutlu model; (b) Kat planı

Aynı geometriye sahip ve Şekil 6(b)'de kat planı gösterilen yapının altına çift sürtünme yüzeyli sürtünmeli izolatör sistemi eklenmiştir. Şekil 6(b)'de gösterilen modele izolatör eklemek amacıyla rijit bir döşeme tabakası modellenmiştir. Bu sayede sistemde bulunan 25

adet kolonun altına 25 adet izolatör yerleştirilmiş ve izolatörlerin yapıya bağlanması sağlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Geleneksel yaklaşımla ve izolatörlü olarak tasarlanan yapıların analizi her iki yapı için seçilerek ölçeklenen deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında analiz yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda kayıt setlerinde bulunan her bir deprem için ayrı ayrı yapıların göreli kat ötelemeleri elde edilmiştir. Şekil 7(a)'da DD-2 kayıt seti için geleneksel binaya ait göreli kat öteleme oranlarının kat seviyesinde değişimi sunulmuştur. Şekilde yer alan gri renkli çizgiler her bir deprem kaydı için elde edilen göreli kat ötelemesi değerlerini, siyah çizgi ise bu kayıt seti için elde edilen ortalama değerleri, kesikli kırmızı düşey çizgi ise TBDY-2018'de geleneksel bina için tanımlanan göreli kat ötelemesi sınırı olan %1.6 değerini temsil etmektedir. Şekil 7(b)'de izolatörlü yapı için seçilen DD-1 kayıt setindeki 11 deprem kaydının kat seviyelerindeki göreli yer değiştirme sonuçları ince ve gri renkli çizgilerle belirtilirken bu kayıtların ortalamasını oluşturan eğri siyah renkle gösterilmiştir. İzolatörlü yapı için DD-1 tasarım düzeyindeki kesintisiz kullanım performans hedefi için sınır değeri olan %0.5 değeri de grafik de kırmızı kesikli çizgilerle gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 7. Yapılar için kat-göreli kat ötelemesi değişimi, (a) Geleneksel yapı; (b) İzolatörlü yapı

Bu çalışma özelinde aynı taşıyıcı sistem ve yapı geometrisi kullanıldığı için izolatör maliyetinin eklenmesiyle beraber geleneksel binaya göre ortaya çıkan maliyet tutarı artmaktadır. Ancak, izolatörlü binanın maliyeti geleneksel binaya göre fazla olmasına rağmen yapıdaki göreli kat öteleme oranları büyük ölçüde azalmaktadır.

4. SONUÇLAR

Sismik izolatörlü yapıların Kocaeli için tasarımı durumunda geleneksel yapı tasarıma göre farklarının ortaya konulması hedeflenen bu çalışmada, Kocaeli'nde bulunduğu kabul edilen bir yapının öncelikle geleneksel ve sismik izolatörlü yaklaşımla iki farklı modeli oluşturulmuştur. Yapının zaman tanım alanında analizi için deprem kayıtları seçilmiş ve bu kayıtlar hem geleneksel yapının periyodu hem de sismik izolatörlü yapının en büyük yer

değiştirme altındaki etkin titreşim periyoduna göre TBDY-2018'de tanımlanan aralıkta tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiştir. Ölçeklenen kayıtlar kullanılarak yapıların analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kayıt seti için binaya ilişkin göreli kat ötelemesi değerleri elde edilmiş ve sonuçları kıyaslanmıştır. Çalışmada kullanılan yapı modelleri ve kayıt setleri çerçevesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Geleneksel tasarımlı bina için DD-2 düzeyinde seçilen kayıtların ortalama göreli kat öteleme oranı %1.40 değerine ulaşmaktadır.
- İzolatörlü binada DD-1 düzeyindeki yer hareketleri sonucunda yapının göreli kat öteleme oranı %0.42 değerine ulaşmaktadır.
- Modellenen her iki yapı da TBDY-2018'in belirttiği sınırların altında kalmaktadır ancak izolatörlü binaya DD-1 seviyesinde deprem kayıtları uygulanmasına rağmen elde edilen göreli kat öteleme oranları, DD-2 seviyesinde deprem kayıtları uygulanan geleneksel tasarımlı binanın göreli kat öteleme oranlarından çok daha düşük kalmıştır. Bu da izolatörlü yapıların depreme karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın devamında, farklı yapı tipleri, farklı yapı konumları, zemin sınıfları ve farklı özelliklere sahip deprem kayıt setleri için analizlerin genişletilerek, elde edilen sonuçların daha geniş bir aralığı temsil edecek sonuçların elde edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Ünal, S., Çelebioğlu, S. and Özmen, B. (2014). Seismic hazard assessment of Turkey by statistical approaches. Turkish Journal of Earth Sciences, 23,350–360.

Demircioğlu, MB., Şeşetyan, K., Duman, TY., Çan, T., Tekin, S. and Ergintav, S. (2017). A probabilistic seismic hazard assessment for the Turkish territory: part II—fault source and background seismicity model. Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3399–3438.

Kalafat, D., Zülfikar, A.C. And Okuyan Akcan, S. (2021). Seismicity of Turkey and Real-Time Seismology Applications in Determining Earthquake Hazard. Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management.

Engin, S. and Gerdan, S. (2025). Estimation of earthquake vulnerability of Izmit by using analytical hierarchy process and rapid assessment methods. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 1–16.

Ince, Y. and Kurnaz, T.F. (2018). Probabilistic seismic hazard analysis of Kahramanmaras Province, Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 11(5).

Sesetyan, K., Demircioglu, M.B., Duman, T.Y., Can, T., Tekin, S., Tuba Eroğlu Azak and Özge Zülfikar Fercan (2016). A probabilistic seismic hazard assessment for the Turkish territory—part I: the area source model. 16(8), 3367–3397.

Sonmezer, Y.B. and Celiker, M. (2020). Determination of seismic hazard and soil response of a critical region in Turkey considering far field and near field earthquake effect. Geomechanics and Engineering, 20(2),131–146.

Erdik, M., Demircioglu, M., Sesetyan, K., Durukal, E. and Siyahi, B. (2004). Earthquake hazard in Marmara Region, Turkey. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24(8), 605–631.

Kalkan, E., Gulkan, P., Yilmaz, N. and Celebi, M. (2009). Reassessment of Probabilistic Seismic Hazard in the Marmara Region. Bulletin of the Seismological Society of America, 99(4),2127–2146.

Korkmaz, M., Zulfikar, A.C. and Demirkesen, S. (2024). Leveraging Digital Twins as a Common Operating Picture for Disaster Management: Case of Seismic Hazards. ISPRS International Journal of Geo-Information, 13(12), 430.

Kelly, J.M. (1986). Aseismic base isolation: review and bibliography. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 5(4),202–216.
Karaca, E.O., Tanyildizi, M. and Bozkurt, N. (2022). Investigation of seismic base isolation systems and their properties', Engineering Applications, 1(1),63-71.
Çerçevik, A.E. and Kazak Çerçevik, N. (2025). Energy-Based Optimization of Seismic Isolation Parameters in RC Buildings Under Earthquake Action Using GWO. Applied Sciences, 15(5), 2870.
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara. http://tdth.afad.gov.tr/
TBDY (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,
Pasifik Deprem Araştırma Merkezi. PEER, https://ngawest2.berkeley.edu

DÂSTÂN-I EZDERHÂ'NIN YENİ BİR NÜSHASI ÜZERİNE

Dr. Öğr. Üyesi Yıldıray ÇAVDAR
Selçuk University, Faculty of Letters, Department of Turkish Language and Literature, KONYA
ORCID ID: 0000-0002-9846-0480

ÖZET

13. yüzyılda Moğol baskısının artmasıyla Oğuzlar büyük kitleler hâlinde Anadolu'ya gelip yerleşmeye başlamış, böylelikle Anadolu'da yeni bir yazı dili ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu yazı dilinin temeli doğal olarak Oğuz ağızlarına dayalıdır. Batı Türkçesinin ilk dönemi sayılan 13-15. yüzyıllardaki Eski Oğuz Türkçesi, çeşitli Oğuz ağzı özelliklerinin bir arada kullanıldığı bir yazı dilidir. Bu dönemde halka İslam dininin esaslarını öğretmek amacıyla pek çok manzum dinî hikâye yazılmıştır. Bu hikâyeler halk şiirinde en çok tercih edilen on birli hece veznine yakınlığı nedeniyle genelde aruzun fâilâfün/fâilâtün/fâilün vezniyle, küçük hacimli mesneviler şeklinde kaleme alınmıştır. Öğretici amaçla ve topluluklar önünde okunmak için yazılan bu manzumelerin en önemli özellikleri, halkın anlayabileceği yalın bir Türkçenin kullanılmasıdır. Destan, kıssa, mevlit gibi adlarla anılan bu küçük hacimli mesnevilerde Peygamberlerin başından geçen çarpıcı olaylar ve din büyüklerinin gösterdikleri kahramanlıklar, halka onların anlayabileceği bir dille sunulmuştur. Bu çalışmada şahsi kütüphanemizde bulunan bir dinî şiir mecmuasının 15b-19a varakları arasında kayıtlı bir Ezderha Destanı tanıtılacaktır. Eserin adı mecmuada "Hâzâ Hikâye-i Ezderhâ" şeklinde kayıtlıdır. Eser 109 beyitten oluşmaktadır ve mesnevi nazım biçiminde yazılmıştır. Sonundaki kayıtta hicri 1237 senesinde Molla Ahmed tarafından yazıldığı belirtilmiştir. Bu tarih eserin istinsah tarihidir. Eserin konusu kısaca şöyledir: Bir gün Hz. Peygamber'in huzuruna beş yüz kişi gelerek bir ezderhanın kendilerine zarar verdiğini söyleyip yardım isterler. Bunun üzerine Hz. Ali, Hz. Ömer, Hz. Osman ve Hz. Ebubekir sırayla ileri atılıp ezderhayı kendilerinin öldüreceğini söylerler. Ama bunu Allah'ın adını anmadan ve Hz. Peygamberden izin almadan yaptıkları için Hz. Peygamber incinmiştir. Hz. Ali, Hz. Ömer, Hz. Osman ve Hz. Ebubekir, binlerce sahabeyle ezderhanın olduğu yere giderler ancak onu öldüremezler. Hz. Ali ezderhayla günlerce vuruşmasına rağmen onu yenemez. Sonunda anlar ki Allah'ın adını anmadan ve peygamberin iznini almadan başlanan her dava boştur, sonu başarısızlığa mahkumdur. Hz. Ali'nin bu pişmanlığı üzerine Hz. Peygamber yetişir, bağışlandığını söyler. Sonunda Hz. Ali ezderhayı öldürür. Eserin bilinen ona yakın nüshası olup çoğu yayınlanmıştır. Paris nüshasında müellifinin Kirdeci Ali olduğu belirtilmektedir. Kirdeci Ali'nin Konyalı olduğu, Mevlânâ ve Ahmed Fakih'in çağdaşı olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda eserin transkripsiyonlu metni verilerek dil özellikleri bakımından diğer nüshalardan farklılık gösteren yönleri incelenecek, tam bir Ezderha Destanı metninin ortaya konmasına katkıda bulunulacaktır.

Anahtar kelimeler: manzum dinî hikâyeler, Eski Oğuz Türkçesi, Kirdeci Ali, Hz. Ali

ON A NEW COPY OF DÂSTÂN-I EZDERHÂ

ABSTRACT

With the increasing Mongol pressure in the thirteenth century, the Oghuz Turks began to migrate and settle in Anatolia in large numbers, which consequently gave rise to the need for a new written language in Anatolia. The basis of this written language was naturally grounded in the Oghuz dialects. Old Oghuz Turkish, which constitutes the first period of Western Turkish between the thirteenth and fifteenth centuries, was a written language in which various features of Oghuz dialects were used together. During this period, numerous versified religious narratives were composed with the aim of teaching the basic principles of Islam to the public.

Owing to their closeness to the eleven-syllable metre most commonly preferred in folk poetry, these narratives were generally written in the aruz metre *fâilâtün / fâilâtün / fâilün* and took the form of short mesnevis. One of the most significant features of these poems, which were composed for didactic purposes and intended to be recited before audiences, is their use of a plain Turkish that could be understood by the general public.
In these short mesnevis, known by names such as *destan*, *kıssa*, and *mevlit*, striking events experienced by the prophets and the heroic deeds of religious figures were presented to the public in a language accessible to them. This study introduces a copy of the *Ezderha Destanı* recorded between folios 15b and 19a of a miscellany of religious poetry preserved in our private library. In the miscellany, the work is registered under the title "Hâzâ Hikâye-i Ezderhâ". The text consists of 109 couplets and was composed in the mesnevi verse form. The colophon at the end states that it was written by Molla Ahmed in the year 1237 AH. This date refers to the date of transcription.
The subject of the work may be briefly summarized as follows: One day, five hundred people come into the presence of the Prophet and ask for his help, saying that a dragon has been causing them harm. Thereupon, ʿAlī, ʿUmar, ʿUthmān, and Abū Bakr step forward in turn and declare that they will kill the dragon. However, since they make this declaration without mentioning the name of God and without obtaining permission from the Prophet, the Prophet is offended. ʿAlī, ʿUmar, ʿUthmān, and Abū Bakr then go to the place where the dragon is located, accompanied by thousands of Companions, but they are unable to kill it. Although ʿAlī fights the dragon for days, he cannot defeat it. Eventually, he realizes that every undertaking begun without invoking the name of God and without receiving the Prophet's permission is futile and destined to fail. Upon ʿAlī's remorse, the Prophet arrives and tells him that he has been forgiven. In the end, ʿAlī kills the dragon.
Nearly ten copies of the work are known, most of which have been published. In the Paris copy, the author is identified as Kirdeci Ali. It is known that Kirdeci Ali was from Konya and was a contemporary of Mevlânâ and Ahmed Fakih. In this study, the transcribed text of the work will be presented; its linguistic features that differ from those of the other copies will be examined; and a contribution will be made to the establishment of a complete text of the *Ezderha Destanı*.
Keywords: versified religious narratives, Old Oghuz Turkish, Kirdeci Ali, Hz. Ali

Giriş

Oğuz Türklerinin 13. yüzyıldan itibaren büyük kitleler hâlinde Anadolu'ya göç etmesiyle yeni bir yazı dili ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Anadolu sahasında eser veren müellifler, Oğuz boylarına onların anlayabileceği bir dille hitap etmek için Oğuz ağzına dayalı bir yazı dili kullanmaya başlamışlardır. Batı Türkçesinin 13-15. yüzyılları arasında devam eden bu yeni yazı diline Eski Anadolu Türkçesi, Eski Türkiye Türkçesi, Eski Oğuz Türkçesi gibi adlar verilmiştir. Bu yazı dilinin kullanıldığı coğrafya sadece Anadolu değil, Azerbaycan, Irak, Suriye ve Balkanlardır (Ercilasun, 2018, s. 438). Dolayısıyla söz konusu yazı dili için "Eski Oğuz Türkçesi" adlandırmasını kullanmak daha doğru olacaktır.
Anadolu'ya gelen Oğuz topluluklarına İslam dininin esaslarını telkin etmek amacıyla çeşitli Kur'an kıssalarının ve sahabelerle ilgili kahramanlık hikâyelerinin anlatıldığı pek çok eser kaleme alınmıştır. Öğretici amaçla yazılan bu eserler akılda kalıcı olmaları için manzum olarak düzenlenmiş, küçük hacimli mesneviler hâlinde yalın bir Türkçeyle halkın beğenisine sunulmuştur. Kıssa, mevlit, destan gibi adlarla anılan bu eserler meddah şairler veya kıssahanlar tarafından topluluklar önünde halka okunmuştur (Korkmaz Bulut, 2020, s. 309). Zamanla sözlü geleneğin ürünleri hâline gelerek dilden dile dolaşan bu eserlerin farklı zamanlarda ve yerlerde istinsah edilerek çoğaltılmış, onlarca nüshaları ortaya çıkmış, çoğunun müellifleri bile

unutulmuştur. Eski Oğuz Türkçesinin pek çok özelliğini barındıran bu tür eserler, dönemin yazı dili ve konuşma diline ilişkin pek çok veri barındırmaktadır. Bu nedenlerle söz konusu eserlerin tespit edilen nüshalarının yayınlanması Türk dili araştırmalarında bazı hususların çözüme kavuşturulmasına bazı varsayımların teyit edilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Ejderha Destanı ve müellifi hakkında ilk bilgileri Vasfi Mahir Kocatürk vermiştir (Kocatürk, 1964, s. 144-147). Eserin müellifi olduğu düşünülen Kirdeci Ali hakkında kaynaklarda pek bilgi yoktur (Argunşah, 2002, s. 5-6). Kirde kelimesi, tandır ekmeği, pide anlamına gelmektedir. Buradan hareketle müellifin tandır ekmeği yapan bir fırıncı olduğu düşünülebilir

*Bunı aydan **Kirdeci ʿAlī** durur*
Ḳonya'da Mevlānā'nuŋ ḳulı durur

beyitlerinden müellifin Konyalı olduğu veya Konya'da yaşadığı, Mevlâna ve Ahmed Fakihle çağdaş olduğu düşünülmektedir (Sarıca, 2020, s. 1002).

Ejderha Destanı'nın pek çok nüshası olup bunlardan bazıları yayınlanmıştır. Söz konusu çalışmalarda eserin beyit sayıları şöyledir:

N. Aslan'ın çalışmasında 110 beyit (Aslan, 2016, s. 213-214).
M. Tatçı ve A. Güzel'in çalışmalarında 113 beyit (Güzel veTatçı, 1990, s. 69).
A. Kozan ve R. Bilgili'nin çalışmalarında 57 beyit (Kozan ve Bilgili, 2013, s. 470).
S. Onur'un çalışmasında 114 beyit (Onur, 2019, s. 690).
M. Argunşah tarafından 116 beyit olduğu belirtilmiştir. (Argunşah, 2002, s. 12).
Şentürk ve Kartal'ın çalışmalarında, 116 beyit (Şentürk ve Kartal, 2012, s. 173) .
Sarıca'nın çalışmasında 123 beyit (Sarıca, Bedri, 2020, s. 1004).

Bu çalışmada şahsi kütüphanemizde (Dede Korkut Kütüphanesi) bulunan bir yazma şiir mecmuasının 15b-19a varakları arasında kayıtlı "Hikâye-i Ezderhâ" adlı bir mesnevi çeviri yazı harfleriyle günümüz Türk alfabesine aktarılmıştır. Aruzun 11'li hece veznine uyan Fā'ilātün Fā'ilātün Fā'ilün vezniyle kaleme alınmış olan mesnevi 109 beyitten oluşmaktadır. Çok miktarda vezin kusuru olan eserin sonundaki kayıttan eserin hicri 1237 yılında Molla Ahmed tarafından istinsah edildiği anlaşılmaktadır. Bu tarih miladi 1822 yılına tekabül etmektedir. Eserin dil özellikleri asıl nüshanın Eski Oğuz Türkçesi dönemine ait olduğunu göstermekle birlikte 16-17. yüzyıllardaki Osmanlı Türkçesi dönemine geçiş dönemi dil özellikleri de bulunmaktadır.

Eserin dil özellikleri

Eserde Eski Oğuz dönemi söz varlığı unsurlarından bazıları şöyledir: deril- (toplanmak), od (ateş), tol- (dol-), iriş- (eriş-), ir- (er-), ṭaġ (dağ), depe (tepe), tütün (duman), gevde (gövde), anıñ (onun), key (çok, zorlu), bañla- (yüksek sesle bağırmak), yazu (ova), sın- (yenilmek, zayi olmak), ḳaḳ- (vurmak), göyne- (yanmak, sızlanmak), ḳızġur- (işkenceye çekmek, cezalandırmak), ṭola- (dolamak), ṭoḳun- (dokunmak), imdi (şimdi), hergiz (asla), uçmaḳ (cennet), Ḥaḳ Çalap, er- (yetişmek, varmak), yavlaḳ (kötü, fena, uğursuz), arı- (yorulmak), örü ṭur- (ayağa kalkmak).

Eserde Eski Oğuz Türkçesinin tipik özelliği olan yuvarlaklaşmanın görüldüğü ekler şunlardır:

Zarf-fiil ekleri -ü/-üp/ -uban: (deyü, yetüp, kaçuban, getürüben)
Bildirme ekleri -dur/-dür: (taşıdur, işidür)
Görülen geçmiş zaman ekleri -dük (geldük
İkinci tekil kişi emir eki -gıl/-gil: kılgıl, inayet eylegil
Üçüncü tekil kişi emir eki -sun/-sün: gelsün
Birinci çoğul kişi emir ekleri -alum/-elüm (duralum, gidelüm)

Eserde Eski Oğuz Türkçesinin tipik özelliği olarak daima düz ünlülü olan bazı ekler şunlardır:

Belirtme durumu eki -ı/-i: dördi, yazuyı
Görülen geçmiş zaman eki -dı/-di: oldılar, güldi

Eserde bir sebebe bağlı olmaksızın yuvarlak ünlülü olan bazı kelimeler şunlardır: karşu, demürci, ayruḳ, çeküç.

Metin

Eserde çok miktarda vezin kusuru vardır. Metnin okunuşunda metin tamiri yöntemine gidilmemiştir. Okunamayan kelimeler üç nokta ile, tarafımızdan eklenen harfler köşeli ayraç ile gösterilmiştir. Yanlış yazıldığı düşünülen kelimeler dipnotlarla gösterilmiştir.

15b

Haẕa Hikāye-i Eẕderhā

1. Diñle imdi bir ḥikāyet idelüm
Ḥaḳ Resūl'den rivāyet idelüm

2. Muʿcizātın iẓhār idelüm añlarısañ
Cān ḳulaġın uruban diñleriseñ

3. Muṣṭafā Kaʿbe'de oturmış idi
Ṣaḥābīler ayaġın ṭurmış idi

4. Beş biñ ʿArab derilüp girdi-[i]çeri
Yüz yere ḳoyup durdılar gerü

5. Çaġırdılar yā Muḥammed feryād deyü
Ezderhānıŋ elinden feryād deyü

6. Bir ezderhā aḳup yidi başı var
Her birinde otuz iki dişi var

7. Her bir dişi ṣanki ṣınır ṭaşıdur
Elli deve ezderhānuñ işidür

8. Elli deve verirüz her gün yudar
Bulamazsa cihānı oda yaḳar

9. Beş biñ ʿArab derilüp vardıḳ aña
Bir ʿacāyib idelüm diŋle saña

10. Beş biñ oḳ urdıḳ anıñ tenine
Biri yetüp bulaşmadı ḳanına

11. Od ṣaçuban ḳapḳara yaḳdı bizi
Ḳırar idi añmasayıduḳ sizi

12. Ezderhādan ḳaçuban geldük size
Yā Muḥammed şefāʿat eyleñ bize

13. Çün Resūl işitdi bu sözleri
Yaş-ıla ṭoldı mübārek gözleri

14. Der İlāhī yarı ḳılġıl bana
Ġāzilerden kim cevāb vire aña

16a

1. Ḳanḳı mü'min ezderhā ile uruşa
Meger Ḥaḳ'dan bir ʿināyet irişe

2.ʿAlī eydür Yā Resūl böyle dime
Ezderhādan bu ḳadar ġuṣṣa yime

3. Bellüdür kim bir yılanuñ heybeti
Yılan içün ġuṣṣa yime gel ḳatı

4. Ezderhānıñ cengine ben varayım
Zülfiḳār-ıla iki yarayım

5. Ezderhānıñ yedi başın keseyim
Getürüp Kaʿbe şehrine asayım

6.ʿÖmer eydür ben daḫı varam bile
Urayım ezderhāyı gürz-ile

7.ʿOsmān eydür ben daḫı sizüñ ile
Ezderhā cengine varayım bile

8. Ṣıddīḳ eydür Yā Resūl teferrüce
Ben daḫı bile varayım ey Ḫoca

9. Dördi daḫı daʿvā eylemedi
Muṣṭafā destūr ile söyledi

10. Dördi daḫı gök demür aldılar
Otuz üç biñ ṣaḥābī oldılar

11. Bunlar daḫı yola girmiş idi
Muṣṭafā'nıñ ḫāṭırı ḳalmış idi

12. Üç gün üç gice çünki gitdiler
Ezderhānıñ maḳāmına irdiler

13. Gördiler bir ḳara ṭaġ yatur yüce
Ṭaġ üstinde yedi depe var ey ḫoca,

14. Her depede ikişer çırāḳ yanar
Biribirinden ḳatı ayruḳ yanar

15. Yedi yerden ḳapḳara tütün çıḳar
Mısḳālı doḳunsa fitilleri yaḳar
16b
1. Ol tütünler nefesi ezderhānıñ
Ol ḳara ṭaġ gevdesi imiş anıñ

2. Ol depeler ezderhānıñ başıdur
Ol yananlar gözleri-le dişidür

3. Ol ġāzīler gördiler bu heybeti
Ḳamusunuñ ʿaḳlı gitdi key ḳatı

4. Ṭaġ üstünde ṣaf baġlayup ṭurdılar
ʿAlī didi ḫoş naʿra vurdılar

5. Şunuñ gibi naʿra urdı ol Ġāzī
Yankulandı ṭaġı ṭaşı her yeri

6. Bañlayup ezderhā getürdi baş
Ḳızġurdı titredi ṭaġ ı ṭaş

7. Urdı ḳuyruġun yaradı yeri
Yedi baş diküp hep ḳapḳara

8. Gözin açup dört yaña baḳar idi
Ol yazuyı odlara yaḳar idi

9. Kişi var-idi ki ʿaḳlı gitmiş idi
Atdan düşüp nicesi ölmiş idi

10. Şol ḳadar ṣındı ʿAlī'nüñ çerisi[1]
Ḳalmadı ol arada hīç birisi

11. Ḳaldı Ṣıddīḳ ʿÖmer ʿOs̱mān ile
Ol dīnimüz diregi ʿAlī ile

12. ʿÖmer eydür yā ʿAlī biz nidelüm
Duralum mı yoḫsa biz de gidelüm

13. Güldi ʿAlī eydür ʿÖmer Ġāzi
Ölmek-içün yaratdı Allāh bizi

14. Yā ben ölem yā ezderhā öldürem
Kāfirleri ḳaçanları güldürem

15. Himmetüñüz benümle olsun bile
Ḫoş ṣalavāt virelüm Peyġambere
17a
1. Zülfiḳār'ı aldı ḳarşu yürüdi
Ferişteler Allāh Allāh dir idi

2. Ḳudreti-le Allāh añar idi
Yaradılmışdan ʿAlī key er idi

3. Ay güneş yürür iken ṭurdılar
Ezderhā ile ʿAlī cengin gördiler

4. Ezderhā gelürdi yeri yara yara
Yedi baş diküp hep ḳapḳara

5. Birbirine çün muḳābil oldılar
İkisi daḫı ḳarşu ḳarşu durdılar

6. Gelmiş-idi çün ʿAlī'yi yuṭmaġa
Aġzın açup ṣundı ṭatmaġa

7. ʿAlī şöyle ayaġın vurdı ṭaşa
Ḳadem ḳademinden ayırmadı ḫāṣā

8. Üç kez çekdi ʿAlī'yi alamadı
Ḳaḳ[ı]dı vāy nidesin bilemedi

9. Çün nöbetde ʿAlī'ye geldi başa
Ayaġını urmış-ıdı bir ṭaşa

10. Şunuñ gibi ççalar-ıdı Zülfiḳār'ı
Ezderhā iñler idi zārı zārı

11. Ḫaḳ Çalap Zülfiḳār'a emr eyledi
Zülfiḳār'a kesme deyü söyledi

12. Zīrā ʿAlī daʿvā ile gelmiş-idi
Muṣṭafā'nıñ ḫāṭırı ḳalmış-ıdı

13. Yıldırım gibi ḳılıç oynar-ıdı
Kesmez-idi ʿAlī vāy göyner-idi

14. Gāh ezderhā ḳızġurur gāh ʿAlī
Çalar-ıdı Zülfiḳār'ı ol velī

[1] Yazma'da: çehresi

15. Ezderhā ol dem gürler-idi
Eşidenler gök gürler derler-idi
17b
1. Getürüben kendi özün atar-ıdı
Şanki ʿAlī'ye güneş ṭutar-ıdı

2. Ḳuyruġın ʿAlī'ye ṭolar idi
Ġāzīler ṣaç ṣaḳal yolar idi

3. Çeker-idi ʿAlī'yi getürmege
Ḫarḫamır eyleyüp yetürmege

4.ʿAlī ayaġın ṭaşa urmış-ıdı
Sedd-i İskender gibi ṭurmış-ıdı

5. Zīrā ʿAlī Tañrı'nuñ ol arslanı
Kāfir olur her kim sevmez anı

6. Ebū Bekir ʿÖmer ʿOŝmān ile
Ol dīnümüziñ diregi ʿAlī ile

7. Ne ʿAlī ezderhāya buldı çāre
Ne ezderhāyı Zülfiḳār kesmedi zīrā

8. ʿAlī şol dem ḳaldurup Zülfiḳār'ı
Zülfiḳār'ı elinden atdı yere

9. Zülfiḳār'ı ḳarşu ṭoḳundı bir ṭaşa
İki yardı şol ṭaşı başdan başa

10. ʿAlī'niñ heybetinden ol Zülfiḳār
Adam gibi iñledi zār ı zār

11. Ḥaḳ dil virdi Zülfiḳār'a söyledi
ʿAlī'ye gör ne ʿināyet eyledi

12. Eydür yā ʿAlī neçün atdıñ beni
Sen mi yaratdıñ yā ʿAlī imdi beni

13. Kes dirseñ keseyim yedi ḳat yeri
Öküz balığını ḳomayam diri

14. Ḳāf ṭaġını yā ʿAlī iki yaram
Ol Pādişāh ögdügi Zülfiḳār'am

15. Demürciler hergiz[2] düzmedi
Odlara yāḳup çeküçler urmadı

18a
1. Zülfiḳār'ı Fāṭıma'i Düldül'i
Üçümüz ḳardaş yaratdı yā velī

2. Bir almadan yaratdı Allāh bizi
Rūzī ḳıldı Ḥaḳ saña ḳamumuzı

3. Ol elmayı Ḥaḳ Çalap Muḥammed'e
Uçmaġdan getürmişdi Aḥmed'e

4. Ol almayı Resūl bir dem dişledi
Allāh aña Fāṭıma'i baġışladı

5. Yarısından Düldül oldı yā ʿAlī
Yarısından beni yaratdı yā Velī

6. Çün ʿAlī işitdi Zülfiḳār sözin
Secdeye vardı yere urdı yüzin

7. Egilüp aldı gerü Zülfiḳār'ı
Secdeye urup yüzin ḳıldı zarı

8. Der İlāhī günāhım baġışlaġıl
Ben ṣuç ḳıldım sen ʿināyet eylegil

9. Kāfirlerden sen müberrā ḳıl bizi
Ey sulṭānlar sulṭānı yüce Ġanī

10. Nice varam Muṣṭafā ḳatına
Nice baḳam anuñ ḫūb ṣūratına

11. Ya cānım al ya baña ḳılġıl çāre
Ezderhādan żaʿīf ḳaldım bīçāre

12. Çünki bildi ʿAlī güneh işledi
Ḥaḳ Çalap çoḳ mürüvvet işledi

13. Ḥaḳ Çalap Cebrāʾīl'e emir eyledi
Eyitdi Ḥabībim ersin dedi

14. Arslanımı bugün āciz eyledim
Zülfiḳār'a kesme deyü söyledim

15. Raḥmete'l-li'l-ʿālemīn benim adım
Kim evime geldi ben anı maḥrum ḳodum
[18b]
1. Gelsün ʿAlī'ye şefāʿat eylesün

[2] Yazma'da: hergez

Oḫşayuban Zülfiḳār’a söylesün

2. Söyledi Cebrāʾīl indi yere
Muṣṭafā’nıñ ḳatuna ḳondı yene

3. Hemāndem Muṣṭafā bindi ata
İrişdi hem ol araya nûra bata

4. Ol ġāzīler Muṣṭafā’yı gördiler
Ḳamusı tekbīr ṣalavāt virdiler

5. Eyitdiler ey bizim sulṭānımuz
Sensiz yavlaḳ olur bizüm işimüz

6. Bizi senden Ḥaḳ Çalap ayırmasun
Bir sāʿat sensiz yürütmesün

7. Ṣordı Resūl yāranları Ali ḳanı
Gösterdiler ezderhā ḳatında anı

8. Ezderhā bir ṭaġ gibi yatmış-ıdı
Zülfiḳār’ı Ali ancaḳ ṣalmış-ıdı

9. Ezderhādır ne kim ḳorḳar-ıdı
Ezderhādan Ali artuḳ arıdı

10. Muṣṭafā bir kez çaġırdı yā Ali
Hīç ḳorḳma sen bende geldim yā Velī

11. Ḥaḳ Çalap günāhıñı bağışladı
Senüñ içün luṭf-ı kerem işledi

12. Hīç ḳorḳma Zülfiḳār’ı ṣal dedi
Ezderhādan intiḳāmıñ al dedi

13. Çün Ali işitdi Muḥammed sözin
Secdeye vardı Ḥaḳ’a ṭutdı yüzin

14. Ol şāẕlıḳdan Ali bir kez naʿrā urur
Bañlayup ezderhā örü ṭurur

15. Ḫoş ṣalavāt getürür bir kez çalar
Ezderhāyı ortada iki böler

19a
1. Çünki gördiler ġāzīler bu heybeti
Ḳamusı tekbīr getürdiler ḳatı

2. Didiler kim din Muḥammed dinidür
Vallah bize bugün bayram günidür

3. Ezderhānıñ yedi başın kesdiler
Getürüp Kaʿbe şehrine aṣdılar

4. Kendözüñi görmegil ʿayne’d-dīn
Kendözin gören olmaz Ḥaḳḳ’a yaḳın

5. Fāʻilātün Fāʻilātün Fāʻilāt
Vir salavāt defʻ olsun ...

Sonuç

Hikâye-i Ezderha, Eski Oğuz Türkçesi döneminde halka dinî telkinlerde bulunmak, topluluklar önünde okunmak amacıyla yazılmış bir mesnevidir. Halkın anlayabileceği yalın bir Türkçeyle kaleme alınan eser, akılda kalıcı olması, kolay ezberlenebilmesi için manzum olarak düzenlenmiştir. Bu çalışmadı Ejderha Destanı'nın şahsi kütüphanemizde bulunan bir nüshası çeviri yazı harfleriyle günümüz Türk alfabesine aktarılmış, söz varlığı ve şekil özellikleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Pek çok nüshası bulunan eserin ortak bir metninin oluşturulması, çeşitli ses ve şekil özelliklerinin karşılaştırılması açısından çalışmamızın Türk dili araştırmalarına küçük de olsa bir katkısı olacağını düşünüyoruz.

Kaynakça

Argunşah, M. (2002). *Kirdeci Ali Kesikbaş Destanı*. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.

Aslan, N. (2016). Hz. Ali Cenknameleri Bağlamında Bir Eser (Destan-ı Ejderha ve Bazı Motifleri Üzerine). *Millî Folklor*(111), 208-219.

Çağbayır, Y. 2007. *Ötüken Türkçe Sözlük*. İstanbul: Ötüken Yayınevi.

Ercilasun, A. B. 2018. *Türk Dili Tarihi*. Ankara: Akçağ Yayınları.

Güzel, A., ve Tatçı, M. (1990). Hz. Ali ile İlgili Manzum Hikâye: Destan-ı Ejderha ve Hazret-i Ali'ye Atfedilen Bir Eser:Emsal-i Hazret-i Ali. *Gazi Eğitim Fakültesi*(VI/1), 67-89.

Kocatürk, V. M. (1964). *Türk Edebiyatı Tarihi.* Ankara: Edebiyat Yayınevi.

Korkmaz Bulut, T. 2020. Eski Anadolu Türkçesi Dönemine Ait Bir Eser: Aksaraylı Îsâ, Destân-ı İsmâîl [06 Mil Yz A 6823/5]. *Journal of Old Turkic Studies* 4 (2): 306-375.

Kozan, A., ve Bilgili, R. (2013). Hz. Ali'nin Menkıbevî Hayatına Dair Bir Destan: Dâstân-ı Ejderhâ ve İslâmî Dönem Anadolu Türk Kültürüne Yansımaları. *Turkish Studies,* 8(5), 465-490.

Onur, S. (2019, Aralık). Ejderha Destanı'nın Yeni Bir Neşri (Salur Kazan, Sarı Saltuk ve Hz. Ali'nin Ejderhayla Cenklerinin İlişkisi). *Modern Türklük Araştırmaları Dergisi*, 16(4), 687-723.

Sarıca, B. 2020. Dâsitân-ı Ejderhâ'nın Paris Nüshası Üzerine. *Dr. Kemal Daşcıoğlu'na Vefa Kitabı.*Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Şentürk, A. A., ve Kartal, A. (2012). *Eski Türk Edebiyatı Tarihi*. İstanbul: Dergah Yayınları.

Türk Dil Kurumu. 2009. *Tarama Sözlüğü I-VIII*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları

Yazma Dini Şiir Mecmuası. Yıldıray Çavdar'ın Şahsi Kütüphanesi olan Dede Korkut Kütüphanesi. 20 varak.

DOHA'DA İKLİM DUYARLI KENTSEL TASARIMIN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Viddurrahman GANNUM
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 78600 Karabük/Türkiye
ORCID: 0009-0008-9694-161X
Prof. Dr. Narmin AGHAYEVA
Karabük Üniversitesi, Safranbolu Başak Cengiz Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 78600 Karabük/Türkiye
ORCID: 0000-0002-9088-6815

ÖZET
Körfez kentlerinde neoliberal dönüşüm ve küreselleşme odaklı mekansal üretim süreçleri, sıcak-kurak iklime uyumlu geleneksel yerleşim morfolojisini çözmüş ve iklim duyarlı kamusal yaşam pratiklerini zayıflatmıştır. Yüksek yoğunluklu, otomobil merkezli ve uluslararası sermaye odaklı kentsel modeller; dış mekan kullanımını sınırlandıran ve kamusal yaşamı iklimlendirilmiş iç mekanlara bağımlı kılan parçalı bir yapı üretmektedir. Çalışma, bu kırılmayı Doha örneğinde inceleyerek ekolojik ve insan odaklı kentsel tasarımın etkilerini iki karşıt doku üzerinden değerlendirmektedir: pasif iklimlendirme, vernaküler tipolojinin çağdaş yorumu ve yaya öncelikli kamusal mekanlarıyla öne çıkan Msheireb Downtown ile yüksek katlı kuleler, geniş taşıt arterleri ve iklim bağlamından kopuk modernist formuyla West Bay (Al Dafna).
Karşılaştırmalı durum çalışması yöntemiyle iki bölgenin kentsel morfolojisi, mikroiklim performansı, termal konforu ve kamusal mekan sürekliliği incelenmiştir. Bulgular, Msheireb Downtown'da dar sokak kanyonları, gölgeleme, Baraha ve Sikkak tipolojileri, geçirgen zemin kat kullanımı ve hakim rüzgara duyarlı sokak organizasyonu gibi biyoklimatik stratejilerin açık alan kullanımını desteklediğini, mevsimsel yaya sürekliliğini artırdığını ve kamusal yaşamın canlılığını güçlendirdiğini göstermektedir. West Bay'deki geniş parselasyon, yansıtıcılı cam cepheler, gölgesiz yaya aksları ve yetersiz yeşil altyapı ise ısı adası etkisini derinleştirerek kamusal yaşamı kapalı hacimlere yönlendirmektedir.Çalışma, sıcak iklimde ekolojik kentsel tasarımın enerji performansına indirgenemeyecek çok katmanlı bir yaklaşım olduğunu; termal konfor, sosyal sürdürülebilirlik, kamusal mekan kalitesi ve kültürel süreklilik açısından belirleyici bir altyapı niteliği taşıdığını ortaya koymaktadır. Körfez kentlerinde iklim duyarlı ve insan ölçekli tasarımın yeniden düşünülmesine yönelik aktarılabilir bir çerçeve önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Ekolojik kentsel tasarım, pasif iklimlendirme, sıcak-kurak iklim, Msheireb Downtown, West Bay Doha, termal konfor, insan odaklı tasarım.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF CLIMATE-RESPONSIVE URBAN DESIGN IN DOHA

Abstract
In Gulf cities, neoliberal transformation and globalization-oriented spatial production processes have dismantled the traditional settlement morphology adapted to hot-arid conditions and weakened climate-responsive public life practices. High-density, automobile-oriented development driven by international capital has produced a fragmented urban fabric that restricts outdoor activity and confines public life to air-conditioned interiors. Drawing on the case of Doha, Qatar, this study examines the impact of ecological and human-centered urban design on everyday life through two contrasting urban tissues: Msheireb Downtown, defined by passive cooling strategies, a contemporary reinterpretation of vernacular typology,

and pedestrian-oriented public space; and West Bay (Al Dafna), characterized by high-rise towers, wide vehicular arteries, and a modernist form detached from its climatic context.
Employing a comparative case-study methodology, the research analyzes the urban morphology, microclimatic performance, thermal comfort, and public space continuity of both districts. The findings show that bioclimatic strategies in Msheireb Downtown — narrow street canyons, shading devices, the Baraha and Sikkak typologies, permeable ground-floor uses, and wind-responsive street layouts — support outdoor activity, enhance seasonal pedestrian continuity, and strengthen public life. In West Bay, large-scale parcellation, reflective glass façades, unshaded pedestrian axes, and inadequate green infrastructure intensify the urban heat island effect and displace public life into enclosed interiors.
The study concludes that ecological urban design in hot climates is a multilayered approach extending beyond energy performance and functions as a critical infrastructure for thermal comfort, social sustainability, and cultural continuity. It proposes a transferable framework for rethinking climate-responsive, human-scaled urban design in Gulf cities.
Keywords: Ecological urban design, passive cooling, hot-arid climate, Msheireb Downtown, West Bay Doha, thermal comfort, human-centered design.

GİRİŞ

İklim değişikliğinin küresel ölçekte derinleşmesi ve kentsel ısı adası etkisinin yoğunlaşmasıyla birlikte, kentsel tasarımın iklimsel bağlamla kurduğu ilişki, 21. yüzyılın belirleyici planlama tartışmalarından birine dönüşmüştür. Bu tartışma, özellikle sıcak-kurak iklim kuşağında yer alan ve son otuz yılda hızlı bir büyüme sürecine giren Arap Körfezi kentleri için yapısal bir önem taşımaktadır. Doha; bir balıkçılık ve inci avcılığı yerleşimi olarak başladığı 20. yüzyılın ortalarından bugüne kadar geçen sürede, küresel ölçekte hızla genişleyen, çok uluslu iş gücüne ev sahipliği yapan ve uluslararası finans merkezleri barındıran milyonu aşkın nüfuslu bir başkente evrilmiş; bu hızlı dönüşüm sürecinde kentin fiziksel dokusu büyük ölçüde küresel kentsel modellerin etkisi altında yeniden üretilmiştir (Wiedmann vd., 2012; Adham, 2008).
Doha'nın yaşadığı dönüşümün ölçeği oldukça çarpıcıdır: yarım yüzyılı aşkın bir süre içinde, birkaç bin nüfuslu küçük bir kıyı yerleşimi; uluslararası finans merkezlerine, büyük altyapı projelerine ve küresel medya kuruluşlarına ev sahipliği yapan bir kent haline gelmiştir (Rizzo, 2014). 2022 FIFA Dünya Kupası'na ev sahipliği yapma kararıyla birlikte hızlanan altyapı ve emlak yatırımları, bu dönüşümün son evresini görünür kılmış; kenti küresel medya gündeminin merkezine taşıyan, aynı zamanda eleştirel bir kentsel söylem alanı açan koşulları üretmiştir (Salama ve Wiedmann, 2013). Söz konusu büyüme süreci yalnızca ekonomik bir başarı öyküsü olarak değil, aynı zamanda kentsel tasarımın iklim, kültür ve günlük yaşamla kurduğu ilişkinin radikal biçimde dönüştüğü bir laboratuvar olarak da değerlendirilmelidir.

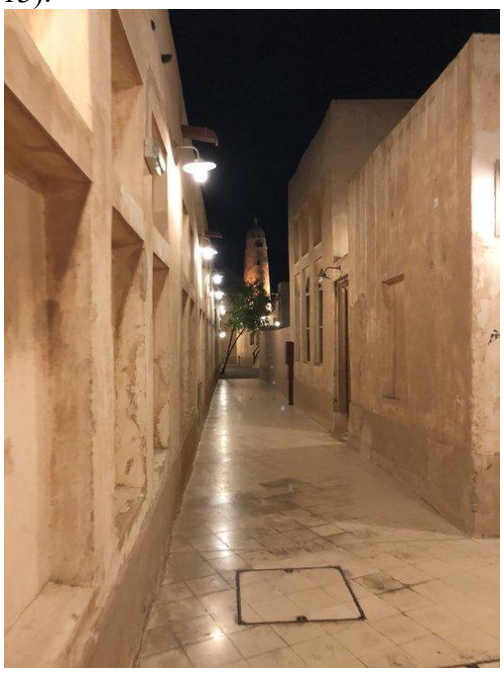


Şekil 1. Katar haritasını ve doğu kıyısındaki Doha şehrinin konumunu göstermektedir.

Bu hızlı ekonomik büyüme, kentin fiziksel dokusunda köklü bir kırılmaya yol açmıştır. Sıcak-kurak iklimin yüzyıllar içinde biçimlendirdiği geleneksel Katar yerleşim örüntüsü –kalın duvarlı ve içe dönük avlulu evler, dar gölgeli sokaklar (*sikkak*), küçük komşuluk meydanları (*baraha*), rüzgâr kuleleri (*badgir*) ve birbirine sıkıca eklemlenmiş düşük katlı dokular– pasif iklimlendirmeyi mekânsal organizasyonun temel ilkesi olarak benimsemiştir (Remali vd., 2016; Hakim, 1986). Bu birikim, yalnızca bir mimari dil değil; iklimle, malzemeyle, sosyal yapıyla ve ekonomik koşullarla birlikte evrilmiş çok katmanlı bir yerleşim bilgisidir. Ne var ki son otuz yıl içinde gerçekleştirilen büyük ölçekli kentsel müdahaleler bu bilgi katmanını büyük ölçüde devre dışı bırakmış; geleneksel doku yerini geniş parseller üzerinde yükselen, küresel ölçekte tekrar eden cam-çelik kuleler, geniş otomobil arterleri ve iklimsel duyarlılıktan yoksun açık alanlara bırakmıştır (Wiedmann vd., 2013).



Şekil 2. Tek Taraflı Badgir Dubai, BAE



Şekil 3. Souq Al-Wakra'da bir sikkak Doha, Katar

Kent, "petrol öncesi yerleşimden petrol sonrası küresel bir hub'a" geçerken kamusal yaşam, açık mekânlardan iklimlendirilmiş iç mekânlara –özellikle alışveriş merkezlerine– çekilmiş;

yaya kullanımı yaz aylarında neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır (Wiedmann ve Salama, 2013). Bu kayma yalnızca bir konfor sorunu değil; aynı zamanda kamusal kültürün, gündelik karşılaşmanın ve kentsel kimliğin de erozyona uğraması anlamına gelmektedir. Givoni (1998) ve Olgyay'ın (1963/2015) sıcak iklim kentleşmesi üzerine ortaya koyduğu klasik ilkelerin terk edilmesi, yalnızca yerel bir uyumsuzluk değil, daha geniş ölçekte küresel ısınma koşullarında sürdürülemez bir kentleşme modelinin oluşmasıdır.

Bugün Doha'nın kentsel sahnesinde bu dönüşümün iki uç paradigması yan yana okunabilmektedir. Bunlardan ilki, kentin tarihi merkezinde gerçekleştirilen ve "dünyanın ilk sürdürülebilir merkezi yenileme projesi" olarak tanıtılan Msheireb Downtown'dur. Vernaküler Katar mimarisinin pasif iklimlendirme ilkelerini çağdaş bir dille yeniden yorumlayan proje; dar sokak ızgarası, sıkı gölgeleme stratejileri, açık renkli yüzeyler, *baraha* tipolojisinin yeniden üretimi, evaporatif soğutma sağlayan su öğeleri, yer altı otopark altyapısı, bölge ölçekli merkezi soğutma sistemi ve otomatik atık toplama altyapısı gibi tasarım kararlarıyla yaya ölçeğini ve mikroiklim kontrolünü tasarım sürecinin merkezine almaktadır (Saeed ve Furlan, 2017). Proje, dünyanın en yüksek LEED sertifikalı bina yoğunluğuna sahip merkezi alanlarından biri olarak küresel sürdürülebilirlik literatüründe öne çıkmaktadır.

İkinci paradigma ise West Bay (Al Dafna) olarak bilinen iş merkezidir: 1980'lerden itibaren Diplomatic Quarter olarak gelişen, 2000'li yıllarda hızla yüksek katlı kulelerle dolan ve kentin "küresel imajını" temsil eden bu bölge; büyük parsel boyutları, izole kule yerleşimi, geniş asfalt arterler ve sürekli gölgeden yoksun açık alanları ile sıcak iklim koşullarında dış mekân yaşamını büyük ölçüde işlevsizleştiren bir doku sergilemektedir (Yahia ve Johansson, 2013). West Bay'in fiziksel ifadesi, Doha'nın küreselleşme sürecinde benimsediği iddialı uluslararası kimliği yansıtırken; aynı zamanda sıcak-kurak iklimin tasarım sürecinde nasıl göz ardı edildiğinin de somut bir örneğini sunmaktadır.

Söz konusu iki dokunun karşılaştırılması yalnızca yerel bir mimari okuma değil; sıcak iklim coğrafyalarında "sürdürülebilir kentsel tasarımın" ne anlama geldiğine ilişkin daha geniş bir tartışmanın somut bir zeminini oluşturmaktadır. Küresel ısınma ve artan kentsel ısı adası etkisi, sıcak-kurak iklim kuşağındaki kentleri yaya konforu, açık alan kullanımı ve enerji bağımlılığı açısından giderek daha kırılgan bir konuma taşımakta; bu durum iklim duyarlı tasarım stratejilerinin yalnızca estetik veya kültürel bir tercih değil, kamusal sağlık ve yaşam kalitesi meselesi olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Ali-Toudert ve Mayer, 2006; Santamouris, 2014). Msheireb ve West Bay; aynı iklim koşullarına, aynı kente ve birbirine yakın bir zaman dilimine ait olmalarına karşın, kentsel tasarımın günlük yaşama yansıyan iki farklı sonucunu –biri iklimle yeniden uzlaşan, diğeri ondan kopan– eş zamanlı olarak görünür kılmakta; bu yönüyle hem politika yapıcılar hem de tasarımcılar için olağanüstü öğretici bir karşılaştırma laboratuvarı sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu, söz konusu karşıtlığı sadece tasvir etmek değil; sıcak-kurak iklim koşullarında ortaya çıkan yapısal sorunu (iklimden kopuk küresel kentleşmenin termal, sosyal ve ekolojik maliyetlerini) görünür kılmak ve Msheireb'in pasif iklimlendirme ile insan odaklı tasarım pratiklerinden ilham alarak Körfez kentleri için aktarılabilir çözüm önerileri geliştirmektir. Çalışma, bu nedenle yalnızca iki bölgeyi karşılaştırmakla yetinmemekte; bulgulardan hareketle sorun tespitine ve sorunlara somut tasarım, politika ve planlama düzeyinde önerilere odaklanmaktadır. Aynı zamanda Msheireb modelinin de eleştirel bir mesafeden okunması gerektiği, projenin tüm Körfez kentlerine doğrudan aktarılamayacak kendine özgü ekonomik, sosyal ve kurumsal koşulları olduğu vurgulanmaktadır.

Bu çerçevede çalışmanın temel araştırma soruları şu biçimde formüle edilmektedir: (1) Pasif iklimlendirme ve insan ölçeği üzerine kurulu Msheireb Downtown ile küresel kule mimarisine

dayanan West Bay, Doha gibi sıcak-kurak iklimli bir kentte günlük yaşam pratiklerini, yaya kullanımını, açık alan kalitesini ve termal konforu nasıl farklılaştırmaktadır? (2) Bu karşılaştırmadan hareketle, Körfez kentlerinde iklim duyarlı ve insan odaklı kentsel tasarım için hangi somut stratejiler önerilebilir? (3) Msheireb modeli, tüm Körfez bağlamlarına aktarılabilir bir paradigma olarak değerlendirilebilir mi, yoksa içkin sınırlılıkları nedeniyle eleştirel bir uyarlamayı mı gerektirmektedir?

Söz konusu sorulara yanıt aramak amacıyla çalışma, kapsamlı bir literatür taramasına dayalı karşılaştırmalı durum çalışması yöntemini benimsemekte; iki dokuyu ortak ekolojik ve insan odaklı tasarım parametreleri üzerinden okuyarak sıcak iklim bağlamında ekolojik kentsel tasarımın günlük yaşam kalitesi üzerindeki rolüne ilişkin kavramsal bir tartışma yürütmeyi amaçlamaktadır.

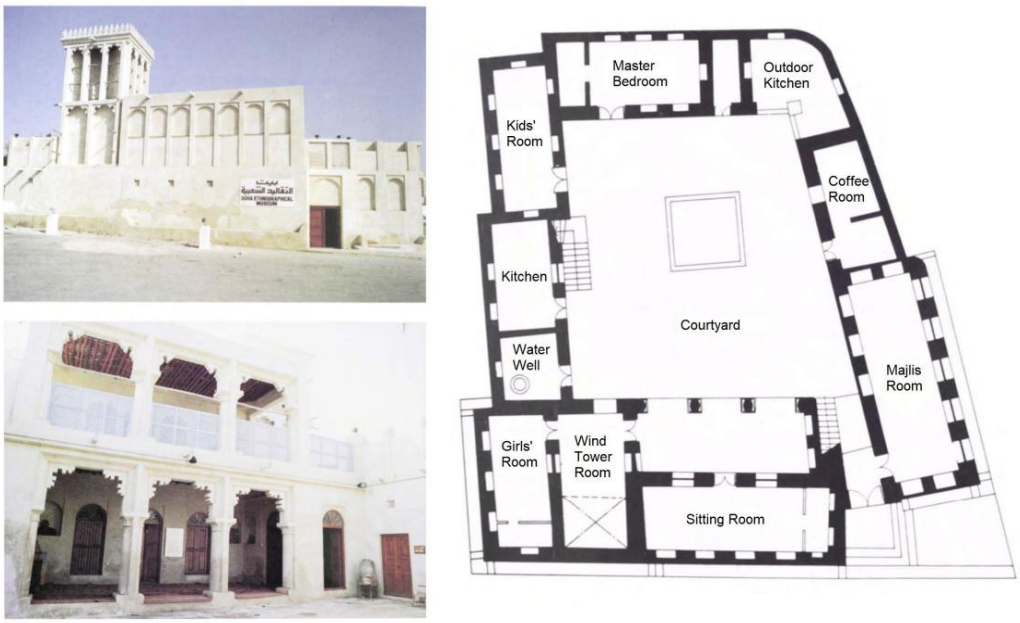
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. Arap Körfezi, Katar ve Doha: Mimari ve Kentsel Bağlam

1.1. Geleneksel Körfez Yerleşim Örüntüsü ve Vernaküler Birikim

Arap Körfezi bölgesi, yüksek hava sıcaklıkları, düşük yağış rejimi, şiddetli güneş ışınımı ve yer yer %80'lere ulaşan nem oranlarıyla tanımlanan zorlu bir iklim kuşağında yer almaktadır. Bu koşullar, bölge mimarisinin yüzyıllar boyunca pasif iklimlendirme stratejileri etrafında örgütlenmesini zorunlu kılmış; yerel malzeme kullanımı, kütle organizasyonu, sokak geometrisi ve yapı kabuğu detayları doğrudan iklim performansını gözeten bir tasarım bilgisinin parçası olarak gelişmiştir (Fathy, 1986; Bianca, 2000).

Geleneksel Körfez yerleşimlerinin morfolojik omurgasını, kompakt ve birbirine sıkı eklemlenen düşük katlı doku oluşturur. Yapılar birbirini gölgeleyerek doğrudan güneş ışınımına maruz kalan dış yüzeyi azaltır; dar sokak kanyonları (*sikkak*) yaya seviyesinde sürekli gölge üretirken aynı zamanda rüzgâr akışını hızlandırarak konvektif soğutma sağlar; içe dönük avlulu konutlar (*hosh*) ise mahremiyetle birlikte termal stabilizasyon imkânı sunar. Sokak ızgarası rastlantısal görünse de aslında hâkim rüzgâr yönüne, güneşin günlük hareketine ve topografik özelliklere göre stratejik biçimde biçimlendirilmiştir (Hakim, 1986; Edwards vd.,2006).



Şekil 4. Fereej Al-Najada'da bir avlulu ev (Hosh) Doha, Katar

Bu morfolojik mantığı tamamlayan karakteristik öğeler arasında küçük komşuluk meydanları (*baraha*), rüzgâr kuleleri (*badgir* veya *barjeel*), kafesli ahşap açıklıklar (*mashrabiya*), yarı açık geçitler (*liwan*) ve kalın taş ya da mercan duvarlar sayılabilir. Rüzgâr kuleleri, hâkim rüzgârı yapı içine taşıyarak ve iç mekândaki su öğeleriyle birleştirilerek evaporatif soğutma yoluyla iç mekân sıcaklığını dış havaya göre 8–12 °C kadar düşürebilmektedir (Givoni, 1998). Mercan taşı, deniz kabuğu kireci ve hurma ağacı kütüğü gibi yerel malzemeler ise hem termal performans hem de düşük taşıma maliyeti açısından sürdürülebilir bir yapım kültürünün temelini oluşturmuştur (Remali vd., 2016). Bu birikim, hesaplama araçları olmadan yüzyıllar içinde "deneyimsel optimizasyon" yoluyla geliştirilmiş; performansa dayalı bir tipoloji bilgisi olarak değerlendirilmesi gereken bir kaynak oluşturmaktadır.

Katar yarımadasının tarihsel yerleşim örüntüsü, bu genel Körfez şablonunun yerel bir varyantı olarak okunabilir. Petrol öncesi dönemde nüfusu birkaç on binle sınırlı, Doha, Al Wakra, Al Khor ve Al Zubarah gibi kıyı köylerinden oluşan bir yerleşim örüntüsü mevcuttu (Adham, 2008). Konutlar tek ya da iki katlı, içe dönük avlulu yapılardı; cephelerde mahremiyeti koruyan kafesli açıklıklar (*roshan*) ve sınırlı boyutlu pencereler bulunurdu. Kamusal hayat, ortak bir cami, küçük bir meydan ve birbirine yakın akraba topluluklarının yaşadığı kompakt komşuluk birimleri (*fereej*) etrafında örgütlenmekteydi; yerleşim merkezinde ise gölgeli, üstü örtülü dehlizler boyunca uzanan geleneksel pazar (*souq*) kentin ticari ve sosyal kalbini oluşturmaktaydı (Boussaa, 2018).

1.2. Doha'nın Kentsel Dönüşümü

1949'da Dukhan'da başlayan petrol üretimi ve 1971'de bağımsızlığın kazanılmasıyla birlikte Katar, bölgenin en zengin ülkelerinden birine dönüşmüş; bu ekonomik dönüşüm geleneksel örüntüsünün hızla terk edilmesine yol açmıştır. 1970'lerden itibaren Katarlı vatandaşlar geleneksel *fereej* konutlarını bırakarak modern, geniş parselli villalardan oluşan dış yerleşim mahallelere taşınmaya başlamış; Doha'nın tarihi merkezi büyük ölçüde göçmen iş gücünün yaşadığı, bakımsız bir bölgeye dönüşmüştür (Rizzo, 2014). İlk modern planlama denemesi 1972'de Llewelyn-Davies tarafından hazırlanan radyal-konsentrik ana planla yapılmış; 1980'lerde West Bay (Al Dafna) Diplomatic Quarter olarak planlanmış ve 1990'lar boyunca diplomatik temsilcilikler bu bölgede yoğunlaşmıştır.

Gerçek dönüşüm 1995 sonrası agresif modernleşme politikalarıyla yaşanmış; 2000'li yıllar Doha için bir "mega proje" çağı olmuştur. Education City, Aspire Zone, Hamad International Airport, Lusail New City ve The Pearl-Qatar gibi büyük ölçekli geliştirmeler bu dönemde kentsel dokuyu radikal biçimde dönüştürmüş; West Bay'in diplomatik karakteri hızla yüksek katlı kuleli iş merkezine evrilmiş ve 2010'da 2022 FIFA Dünya Kupası ev sahipliğinin kazanılmasıyla altyapı yatırımları daha da hızlanmıştır (Salama vd., 2016; Mirincheva vd., 2013). Doha Metrosu (2019), Lusail Tramvayı ve seri otoyolların inşası bu dönüşümün somut göstergeleridir.

2000'lerin sonundan itibaren geleneksel mimari ve kentsel kimliğe geri dönüş arayışları da gündeme gelmiş; Souq Waqif'in geleneksel teknik ve malzemelerle restorasyonu, Katara Cultural Village'ın yeniden yorumu ve Msheireb Downtown'un başlatılması bu dönüşümün farklı bir yüzünü temsil etmiştir (Boussaa, 2018; Saeed ve Furlan, 2017). Bugün Doha, küresel ölçekli kule kompozisyonlarıyla geleneksel tipolojik yorumların yan yana var olduğu hibrid bir kentsel sahne sunmakta; çalışmanın karşılaştırma yaptığı West Bay ve Msheireb Downtown, aynı kentin aynı dönemde ürettiği iki zıt kentsel tasarım dili olarak iklim duyarlı tasarımın olanaklılığı ve sınırlılıkları üzerine düşünmek için analitik bir karşılaştırma sunmaktadır.



Şekil 5. El-Khor limanı Doha.Katar 1950.



Şekil 6. West Bay Doha.Katar 2026

2. Körfez Kentlerinde Yapısal Sorun

Körfez kentlerinin son otuz yıldaki dönüşümünden hareketle, sıcak-kurak iklim coğrafyalarında yaşanan yapısal kentsel tasarım sorununu çok katmanlı bir biçimde tanımlamak mümkündür. Bu sorunun en temel düzeyi, küresel sermaye akışı ve uluslararası mimari pratiklerinin etkisi altında geliştirilen kentsel modellerin yerel iklimsel ve kültürel bağlamı dikkate almadan uygulanmasıdır. Söz konusu durum yalnızca bir uyumsuzluk değil; aynı zamanda kamusal sağlığı, sosyal sürdürülebilirliği ve ekolojik dengeyi tehdit eden yapısal bir kriz biçimini almaktadır.

Birinci katman, termal konfor krizidir. Geniş asfalt ve beton yüzeyler, yüksek yansıtıcı cam cepheler, gölgesiz açık alanlar ve yetersiz yeşil altyapı; Körfez kentlerinde kentsel ısı adası etkisini belirgin biçimde artırmaktadır (Yahia ve Johansson, 2013). Bu durum, hava sıcaklığının zaten 45-50 °C'lere ulaştığı yaz aylarında, yaya seviyesinde algılanan termal yükü kritik eşiklerin üzerine çıkarmaktadır. Sonuç olarak dış mekânda yürüme, oturma veya kısa süreli karşılaşma gibi temel kamusal pratikler, yılın büyük bir bölümünde fiziksel olarak imkânsız hale gelmektedir. Bu da hem kamusal yaşamı iklimlendirilmiş iç mekânlara hapsetmekte hem de yoğun mekanik soğutma kullanımına bağlı enerji tüketimini körüklemektedir.

İkinci katman, kentsel hareketliliğin otomobil odaklı olarak yapılandırılmasıdır. Geniş arteryel yollar, hızlı çevre yolları, devasa kavşaklar ve geri çekilmiş yapı setbackları; yaya akışını fiziksel olarak parçalamakta ve toplu taşıma yatırımlarının (Doha Metrosu gibi)

kazanımlarını "son metre" sorunuyla zayıflatmaktadır (Furlan, 2015). Yayanın metro istasyonundan hedef binaya yürümek zorunda kaldığı kısa mesafeler bile, gölgesiz ve kaldırımsız bir altyapıda iklim koşullarına maruz kalma anlamına gelmekte; bu da sürdürülebilir hareketlilik stratejilerinin etkinliğini düşürmektedir.

Üçüncü katman, kamusal yaşamın özelleştirilmesi ve iç mekanlara çekilmesidir. Sıcak iklim kentlerinde alışveriş merkezleri yalnızca ticari değil, aynı zamanda sosyal mekân işlevi görmeye başlamıştır; çocuk parkları, oturma yerleri, kafeler ve hatta yürüyüş alanları büyük ölçüde bu özelleştirilmiş iç mekânlara taşınmıştır (Salama vd., 2016). Bu durum, kamusal mekânın bir hak olarak değil, ticari bir tüketim koşuluna bağlı bir ayrıcalık olarak yeniden tanımlanmasına yol açmakta; özellikle düşük gelirli göçmen iş gücü açısından mekânsal eşitsizliği derinleştirmektedir.

Dördüncü katman, kentsel kimliğin ve yer hissinin erozyonudur. Küresel ölçekte tekrar eden cam-çelik kuleler, benzer cephe kompozisyonları ve benzer iç işlevler; Körfez kentlerinin kentsel ifadesini büyük ölçüde "yere bağsız" hale getirmekte; ziyaretçilerin ve kullanıcıların mekana yönelik aidiyet duygusunu zayıflatmaktadır (Adham, 2008). Bu durum yalnızca estetik bir mesele değil; kollektif belleğin, kültürel sürekliliğin ve yerel kimliğin gözden geçirilmeden silindiği bir kırılmadır.

Beşinci katman, ekolojik sürdürülebilirlik açığıdır. Mekanik iklimlendirmeye yüksek bağımlılık, otomobil odaklı altyapının ürettiği yüksek karbon emisyonu, yetersiz atık yönetimi, su tüketiminin sürdürülemez düzeyleri ve biyoçeşitliliğin korunmaması; Körfez kentlerini küresel iklim değişikliği bağlamında en kırılgan yerleşim bölgelerinden biri haline getirmektedir (Wiedmann vd., 2014). Bu durum, kentlerin uzun vadeli yaşanabilirlik kapasitesini doğrudan tehdit eden yapısal bir sorundur.

Söz konusu beş katmanlı sorun yapısı, Körfez kentlerinin geleneksel iklim duyarlı yerleşim bilgisinin terk edilmesinin yalnızca bir mimari tercih olmadığını; aynı zamanda kamusal sağlık, sosyal kohezyon ve ekolojik denge açısından sürdürülemez bir yapısal kriz ürettiğini göstermektedir. Bu nedenle Doha'da Msheireb Downtown gibi alternatif paradigmaların incelenmesi, yalnızca bir başarı öyküsünün belgelenmesi değil; bu sorun yapısına karşı geliştirilebilecek aktarılabilir tasarım stratejilerinin tanımlanması anlamına gelmektedir.

3. Msheireb Downtown: Ekolojik ve İnsan Odaklı Tasarımın Çağdaş Bir Örneği

3.1. Projenin Tarihsel ve Kurumsal Çerçevesi

Msheireb Downtown, kentin tarihi merkezinde yaklaşık 31 hektarlık bir alanda gerçekleştirilen ve "dünyanın ilk sürdürülebilir merkezi yenileme projesi" olarak tanıtılan kapsamlı bir kentsel müdahaledir. Proje, Msheireb Properties (Qatar Foundation'a bağlı bir gayrimenkul geliştirme şirketi) tarafından planlanmış; tasarımı Allies and Morrison başta olmak üzere uluslararası bir tasarım konsorsiyumu tarafından yürütülmüştür (Saeed ve Furlan, 2017).

100'den fazla yapıdan ve birden fazla mahalle (neighbourhood) ölçeğindeki alt birimlerden oluşan proje, Doha'nın eski merkezinde 2000'li yılların başında baş gösteren çöküş ve göçmen iş gücü yoğunluğu sorununa karşı geliştirilmiş kapsamlı bir kentsel yenileme programının ürünüdür.



Şekil 7. Doha haritasını ve ortasında Msheireb konumunu göstermektedir.

Projenin öne çıkan farkı, küresel kentsel modellere doğrudan öykünmek yerine, geleneksel Katar yerleşim örüntüsünün (avlu evi, dar gölgeli sokak, *baraha* meydanı ve birbirine eklemlenmiş düşük katlı doku) pasif iklimlendirme bilgisinin çağdaş bir tasarım diliyle yeniden üretilmesi üzerine kurulmuş olmasıdır (Saeed ve Furlan, 2017). Bu yaklaşım, sıcak iklimde sürdürülebilir tasarımın yalnızca ileri teknolojiye değil, aynı zamanda yerel tipolojik birikime dayanması gerektiği tezini somutlaştıran nadir bir örnek oluşturmaktadır.

Tasarım sürecinde "Seven Steps" olarak adlandırılan yedi temel ilkenin (mahremiyet, içe dönüklük, sadelik, ölçek, malzeme uyumu, gölge ve iklim duyarlılığı, kültürel süreklilik) modern kullanım taleplerine uyarlanması hedeflenmiştir. Bu ilkeler tipolojik düzeyde olduğu kadar malzeme, detay ve peyzaj ölçeğinde de uygulanmış; sonuçta projeye Doha'daki diğer büyük ölçekli geliştirmelerden açıkça ayrışan bir karakter kazandırmıştır (Remali vd., 2016).



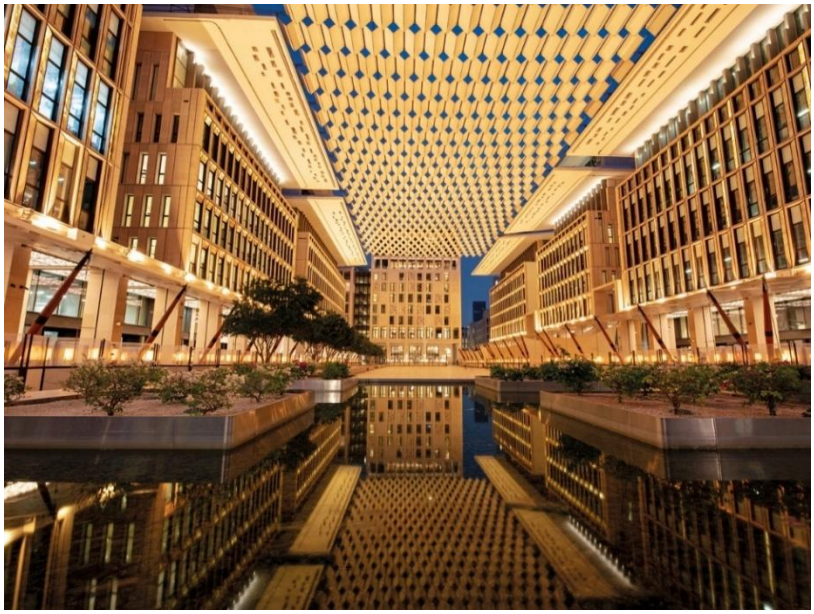
Şekil 8. Msheireb Mah. Doha, Katar

3.2. Kentsel Morfoloji ve Sokak Geometrisi

Kentsel morfoloji düzeyinde Msheireb'in en belirgin özelliği, geniş arteryel yollar yerine sıkı dokulu, bağlantılı ve yaya öncelikli bir sokak ızgarası kurgulamış olmasıdır. Sokakların büyük bölümü, hâkim rüzgâr yönünü (kuzey-kuzeybatı) yakalayacak biçimde yönlendirilmiş; yapı kütleleri ise gün içinde birbirini gölgeleyecek biçimde organize edilmiştir (Wiedmann vd., 2014). Yüksek bina-genişlik (H/W) oranına sahip dar sokak kanyonları, doğrudan güneş ışınımına maruz kalan yaya yüzeyi miktarını ciddi biçimde azaltmaktadır. Tasarımda bina yükseklikleri 3-5 kat arasında değişmekte; bu da hem geleneksel Doha dokusunun ölçeğini koruyan hem de sokak kanyonu performansını sağlayan bir denge oluşturmaktadır.

Bu morfolojik kurgu, Msheireb'i çevreleyen büyük ölçekli geliştirmelerden açıkça ayırt etmektedir. H/W oranının 1'in üzerine çıktığı dar sokaklar, gün ortasında bile büyük bir bölümün gölgede kalmasını sağlamakta; sokak hizalarının kıvrımlı ve kırık biçimde tasarlanması ise rüzgârın belirli aksları boyunca ilerlemesini sağlayarak doğal havalandırmayı optimize etmektedir.

Proje genelinde sıklıkla yer alan *baraha* meydanları, dar sokak ağının arasında nefes alma noktaları oluşturarak hem sosyal etkileşim için odaklar üretmekte hem de mikroiklimsel olarak gölge ve serinleme alanları sağlamaktadır. Meydan kenarlarında konumlanan oturma birimleri, su öğeleri, gölge strüktürleri ve aktif zemin kotu, bu mekânların gün boyu canlı bir kamusal kullanım göstermesini desteklemektedir (Saeed ve Furlan, 2017).



Şekil 9. Msheireb Mah. Doha, Katar

3.3. Pasif İklimlendirme Stratejileri

Pasif iklimlendirme stratejileri yalnızca kentsel form düzeyinde değil; malzeme, peyzaj ve detay ölçeğinde de katmanlı biçimde uygulanmıştır. Açık renkli granit ve doğal taş yer kaplamaları, ısıyı yansıtarak yüzey sıcaklıklarını ve yaya seviyesindeki radyant yükü düşürmektedir. Cephelerde kullanılan yüksek termal kütleli kalın duvarlar, geri çekilmiş pencereler ve düşük solar geçirgenlik (SHGC) değerine sahip yalıtımlı camlar, yapı kabuğundan içeri doğru ısı transferini ciddi biçimde azaltmaktadır (Yahia ve Johansson, 2013).

Geleneksel su yapılarının (*falaj*) çağdaş yorumu olarak tasarlanan dar su kanalları ve küçük havuzlar, evaporatif soğutma sağlayarak mikroiklim üzerinde ek bir düzenleyici etki üretmektedir. Bu su öğeleri, yer çekimiyle akan açık kanallar ve duvar nişlerine yerleştirilmiş küçük gölet detayları biçiminde tasarlanmıştır; hem işitsel bir konfor öğesi (akarsuya benzer ses) hem de yerel bir kültürel referans olarak işlemektedir. Üst seviyelerde uygulanan rüzgâr kulesi inspirasyonlu havalandırma şaftları ve cephelerde yer alan derin gölgeli pencere boşlukları, geleneksel mimari öğelerin çağdaş yorumunun bütüncül bir örneğini sunmaktadır (Furlan, 2016).

Peyzaj tasarımında kuraklığa dayanıklı yerli bitki türleri tercih edilmiştir; bu yaklaşım hem sulama ihtiyacını düşürmekte hem de yerel ekolojik kimliği koruyarak bölgenin görsel-iklimsel sürekliliğini desteklemektedir. Hurma ağaçları, defne yapraklı meşeler, *ghaf* ağaçları ve diğer yerli flora; hem gölge ürettiği hem de termoregülasyona katkıda bulunduğu için ekolojik tasarım stratejisinin temel parçaları olarak kullanılmaktadır. Yer altı drenaj sistemleri, yağmur suyu hasadı ve geri dönüştürülmüş suyun sulamada kullanılması, suyun döngüsel yönetimine ilişkin bütüncül bir yaklaşımı yansıtmaktadır.

3.4. Hareketlilik ve Yaya Altyapısı

Hareketlilik düzeyinde Msheireb, "araç odaklı" bir kentsel mantıktan açıkça uzaklaşmakta; tüm otopark, servis ve teknik altyapı yer altına çekilerek zemin kotu yayaya, perakendeye, kültürel kullanımlara ve tramvay hattına ayrılmaktadır (Wiedmann vd., 2013). Proje genelinde yaklaşık 10.000 araçlık yer altı otoparkı kapasitesi mevcuttur; bu kapasite tüm bölgenin park ihtiyacını yer altında karşılayarak zemin kotunda kesintisiz bir yaya deneyimi sağlamaktadır. Servis erişimi de büyük ölçüde yer altı tünellerinden yürütülmekte; sokak yüzeylerinde kamyon, çöp aracı veya servis aracı görmek son derece nadirdir.

Bu strateji, sıcak iklimdeki yaya deneyiminin en önemli engellerinden biri olan sürekliliksiz kaldırım ve geniş kavşak sorununu yapısal olarak ortadan kaldırmaktadır. Yaya, gölgeli sokak dizilerinden meydanlara, oradan da metro istasyonuna neredeyse hiç kesintisiz ulaşabilmektedir. Doha Metrosu'nun Msheireb İstasyonu, bölgenin merkezinde yer almakta ve doğrudan zemin altından bölgeye bağlanmaktadır; ayrıca Msheireb Tramvayı (Education Line) bölge içi ulaşımı sağlamaktadır. Bu çok katmanlı toplu taşıma altyapısı, bölgenin Gehl'in (2010) "yaşanabilir kent" ilkelerine uygun bir kamusal mekan dokusu üretmesini desteklemektedir.



Şekil 10. Msheireb Metro istasyonları. Doha, Katar

3.5. Sürdürülebilirlik Altyapısı, Sertifikalar ve Ödüller

Msheireb Downtown, sürdürülebilir kentsel tasarım alanında uluslararası düzeyde tanınan ve birden çok prestijli ödül kazanmış bir projedir. Projenin en kayda değer başarılarından biri, dünyanın LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikalı bina yoğunluğu en yüksek tek kentsel ada konumuna ulaşmış olmasıdır. Proje genelinde 100'ün üzerinde yapı LEED Gold veya LEED Platinum sertifikası almış; bu durum, tek bir kentsel projede dünyanın en yoğun LEED konsantrasyonlarından birini oluşturmuştur (Wiedmann vd., 2013). LEED Platinum, bina ölçeğinde sürdürülebilirlik için en yüksek sertifikasyon seviyesidir; projenin önemli yapılarının (Msheireb Müzeleri, ana kültür merkezleri ve birçok ofis binası) bu seviyede sertifikalandırılmış olması, çevresel performansın tasarım sürecinin her aşamasında öncelikli bir kriter olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

Atık yönetimi açısından Msheireb, Doha ölçeğinde öncü bir altyapıya sahiptir. Proje, Envac şirketi tarafından kurulan otomatik pnömatik atık toplama sistemi (Automated Pneumatic Waste Collection System) ile donatılmıştır. Bu sistem, sokaklarda görünür çöp konteynerlerini ortadan kaldırarak yer altına döşenmiş vakumlu boru ağı üzerinden atıkların doğrudan merkezi bir tesise transferini sağlamaktadır. Sistem, atıkların kaynakta ayrıştırılmasını mümkün kılan birden çok atık akışını (genel atık, geri dönüştürülebilir, organik atık) ayrı borularla yöneterek geri dönüşüm oranlarını yükseltmektedir. Ayrıca atık toplama amaçlı çöp kamyonu trafiğinin ve bunun ürettiği gürültü, koku ve emisyon yükünün ortadan kalkması, hem yaya deneyimini iyileştirmekte hem de kentsel ısı adası etkisine katkıyı azaltmaktadır. Bu özellikleriyle Msheireb'in atık yönetim altyapısı, sıcak iklim kentlerinde uygulanmış en gelişmiş bölge ölçekli sistemlerden biri olarak gösterilmektedir.



Şekil 11. Msheireb Atık Toplama Sistemi. Doha, Katar

Enerji altyapısı açısından proje, bölge ölçekli (district) merkezi soğutma sistemi (district cooling system) kullanmaktadır. Bu sistem, her binada ayrı bir soğutma ünitesi yerine merkezi bir tesiste yüksek verimlilikle üretilen soğuk suyun, yer altı boru ağıyla tüm binalara dağıtımı esasına dayanır. Merkezi soğutma sistemleri, dağıtık bina ölçekli sistemlere göre yaklaşık %30-50 oranında daha az enerji tüketmektedir; aynı zamanda soğutucu akışkanların yönetimini merkezileştirerek çevresel risk yönetimini de iyileştirmektedir. Bu altyapı, proje genelinde önemli bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji entegrasyonu açısından bazı binaların çatı yüzeylerine fotovoltaik (PV) paneller ve güneş termal kollektörler yerleştirilmiştir. Bu sistemler, proje genelinde belirli bir oranda elektrik üretimi ve sıcak su sağlamaktadır. Aydınlatma sistemleri, çoğunlukla LED tabanlı ve hareket sensörlü olarak tasarlanmıştır; binalarda akıllı bina yönetim sistemleri (BMS) kullanılarak enerji tüketimi sürekli izlenmekte ve optimize edilmektedir.

Su yönetimi açısından proje, kullanım suyu (greywater) ve yağmur suyu hasadı sistemleriyle donatılmıştır. Lavabolar ve duşlardan gelen kullanım suyu, arıtıldıktan sonra peyzaj sulamasında ve tuvalet rezervuarlarında yeniden kullanılmaktadır. Yağmur suyu, nadir ancak yoğun yağışlarda toplanarak depolanmakta; aynı zamanda yer altı kanalları aracılığıyla yer altı su tablasına geri verilerek hidrolojik dengeye katkıda bulunmaktadır. Bu sistemler, yıllık tatlı su tüketiminde önemli bir azalma sağlamaktadır.

Proje, çeşitli uluslararası organizasyonlar ve mimari kuruluşlardan bir dizi prestijli tanınma almıştır. ULI (Urban Land Institute) sürdürülebilir kentsel tasarım alanındaki projeyi öne çıkaran değerlendirmeler yapmış; MIPIM ve World Architecture Festival gibi uluslararası platformlarda proje birden çok kategoride ödüllendirilmiştir. Aynı zamanda Msheireb, Doha Bienali ve uluslararası mimari yarışmalarda sıcak iklim sürdürülebilirliğine ilişkin "best practice" örneği olarak sunulmaktadır. Eleştirel literatür de projeyi Körfez bağlamında sürdürülebilir tasarım için bir referans noktası olarak kabul etmektedir (Boussaa, 2018; Saeed ve Furlan, 2017).

İnşaat süreci de sürdürülebilirlik kriterleriyle yönetilmiştir. Yıkım atıklarının geri dönüşüm oranı, projenin başlangıç hedeflerinin üzerinde gerçekleşmiş; betonarme atıkları geri dönüştürülerek yeni inşaat malzemelerinde kullanılmıştır. Yerel taş ve agreganın yoğun kullanımı, malzemenin uzun mesafelerden taşınmasından doğan karbon ayak izini azaltmıştır. Şantiye dönemi boyunca su kullanımı, gürültü düzeyi ve emisyonlar sürekli izlenmiştir. Bu uygulamalar, projeyi yalnızca işletme dönemi değil, inşaat sürecindeki sürdürülebilirlik performansı açısından da referans bir örnek konumuna taşımıştır.

3.6. Sosyo-Kültürel Boyut ve Kamusal Yaşam

Günlük yaşam üzerindeki yansımalar açısından Msheireb, yaz aylarında bile dış mekân kullanımının görece sürdürülebildiği nadir Doha bölgelerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Aktif zemin kotu (kafe, perakende, kültür kurumları), korunaklı sokak deneyimi ve *baraha* meydanlarının sosyal odak haline gelmesi; farklı yaş gruplarının ve göçmen topluluklar dâhil

farklı kültürel kesimlerin açık alanda bir araya gelmesine olanak tanımaktadır (Saeed ve Furlan, 2017). Akşam saatlerinde bölge, sokak konserleri, açık hava film gösterimleri ve sanat sergileri gibi etkinliklere ev sahipliği yapmakta; bu da kamusal mekânın canlı bir kültürel altyapı olarak işlemesini desteklemektedir.

Msheireb Müzeleri (Bin Jelmood House, Mohammed Bin Jassim House, Company House ve Radwani House), projenin kültürel sürekliliğe verdiği önemin somut örnekleridir. Geleneksel Katar konut tipolojilerinin restorasyonu ve müzelere dönüştürülmesi, kentin kollektif belleğine yönelik bir koruma stratejisi olarak işlemekte; aynı zamanda turistik ve eğitsel bir referans noktası oluşturmaktadır. Bu müzelerin proje merkezinde konumlandırılması, çağdaş tasarımın geleneksel referanslarla diyalogunu görselleştiren etkili bir kentsel düzenleme oluşturmaktadır (Boussaa, 2018).



Şekil 12. Msheireb Mah. Doha, Katar

Bölgenin yarı kapalı pasajları ve gölgeli sokak ağı, klasik bir Arap *souq*'unun deneyimini çağdaş bir biçimde yeniden üretmekte; aynı zamanda bölgenin ticari karakterini güçlendirmektedir. Perakende birimlerinin yerel zanaat, gastronomi ve kültür odaklı işletmelere ayrılmış olması, bölgenin uluslararası zincir mağazalarla dolu jenerik bir alışveriş bölgesine dönüşmesini önlemiştir. Bu yaklaşım, Msheireb'in kimliğinin korunmasında stratejik bir rol oynamaktadır.

4. West Bay (Al Dafna): İklimden Kopuk Jenerik Doku

4.1. Bölgenin Tarihsel ve Morfolojik Gelişimi

West Bay (Al Dafna), Doha'nın kuzey kıyısında, Corniche aksı boyunca uzanan büyük ölçekli bir kentsel bölgedir. Bölgenin gelişim süreci, 1970'lerin sonu ve 1980'lerde Diplomatic Quarter olarak planlanması ile başlamış; ancak özellikle 2000'li yılların başından itibaren Doha'nın "küresel iş merkezi" söylemiyle birlikte hızla yüksek katlı kulelerle dolmuştur (Mirincheva vd., 2013). Günümüzde West Bay'de uluslararası bankalar, çok uluslu şirket ofisleri, devlet kurumları, beş yıldızlı oteller, lüks rezidanslar ve diplomatik temsilcilikler yer almakta; kentin "ikonik" silueti de büyük ölçüde bu bölgenin kule kompozisyonuyla şekillenmektedir.

West Bay'in morfolojik mantığı, geleneksel Katar yerleşim örüntüsünden tamamen kopmuş; geniş parselli ve izole konumlandırılmış kuleler, geniş ve hızlı taşıt arterleri, geri çekilmiş plazalar ve "ikonik" silüet kompozisyonları üzerine kurulmuştur (Adham, 2008). Bu morfolojik tercih, Dubai'nin Sheikh Zayed Road aksı ve Riyad'ın King Fahd Road bölgesi gibi

diğer Körfez merkezi iş bölgeleriyle tipolojik bir akrabalık taşımakta; bölgenin kendine özgü iklimsel bağlamından bağımsız, küresel ölçekte tekrar eden bir kent modelini yansıtmaktadır.



Şekil 13. Doha haritasını ve ortasında West Bay (aldafna) konumunu göstermektedir.

4.2. Kentsel Morfoloji ve Mikroiklim Sorunları

Bölgenin morfolojik tercihleri, sıcak-kurak iklim bağlamında dış mekân termal konforu açısından doğrudan olumsuz sonuçlar üretmektedir. Birbirinden uzak konumlandırılmış kuleler, sokak kanyonu etkisini büyük ölçüde ortadan kaldırarak yaya seviyesinde sürekli gölge oluşumunu engellemekte; bu durum gün ortasındaki termal yükün yaya ölçeğinde dramatik biçimde artmasıyla sonuçlanmaktadır (Yahia ve Johansson, 2013). Geniş asfalt ve beton yüzeyler, yüksek ısı depolama kapasiteleri nedeniyle gündüz absorbe ettikleri ısıyı gece de yaymaya devam ederek kentsel ısı adası etkisini şiddetlendirmektedir.

Kulelerin yansıtıcı cam cepheleri, çevredeki sokak ve plaza yüzeylerine ek bir radyant ısı yükü bindirmekte; bu durum yaya seviyesinde algılanan sıcaklığı, hava sıcaklığının çok üstüne taşımaktadır (Ali-Toudert ve Mayer, 2006). Cam cephelerin geometrik konumu, belirli güneş açılarında yer yer "solar fırın" benzeri yansıma noktaları oluşturmakta; bu da yaya alanlarında lokal ekstrem sıcaklıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Yeşil altyapı bölge ölçeğinde sınırlıdır; mevcut yeşil alanlar daha çok dekoratif amaçlı ekilmiş hurma sıraları ve gazonlu plazalarla sınırlı kalmaktadır. Gölgeleme yapısal değil, ağırlıkla ek ve donanımsal (kazıklı tenteler, otobüs durağı tipi yapılar) düzeyde kalmakta; bu da bölgenin mikroiklim performansını yapısal olarak zayıflatmaktadır.

Kulelerin geri çekilmesi (setback) ile oluşturulan büyük plazalar, mimari söylemde "açık ve davetkâr" alanlar olarak sunulsa da, pratikte sıcak iklim koşullarında işlevsiz kalmaktadır. Yüksek güneş ışınımı ve gölge yokluğu, bu plazaları yılın büyük bölümünde kullanılmaz hale getirmektedir. Plazalarda yer alan oturma birimleri çoğunlukla metal veya taş malzeme kullanılarak tasarlandığı için, gün içinde aşırı ısınmakta; bu da fiilen kullanım dışı kalmalarına neden olmaktadır. Bu durum, "kamusal mekân" söyleminin pratikte nasıl içinin boşaldığının somut bir örneğini oluşturmaktadır.



Şekil 14. West Bay (aldafna) Doha, Katar

4.3. Yaya Hareketliliği ve Yürünebilirlik Sorunları

Yaya hareketliliği ve mobilite açısından West Bay, otomobil odaklı bir mantıkla örgütlenmiştir. Kaldırımlar büyük arterler boyunca kesintilidir; pek çok noktada geniş kavşaklar, hızlı çevre yolları ve yapı setbackları yaya akışını fiziksel olarak parçalamaktadır (Furlan, 2015). Yayalar için yer altı geçitleri veya üst geçitler büyük ölçüde mevcut değildir; bu da pek çok kavşağın yaya tarafından geçilebilmesini son derece uzun ve riskli bir deneyime dönüştürmektedir. Yaya kaldırımlarının önemli bir bölümü, gölge altyapısı olmadan inşa edildiği için yaz aylarında pratik olarak kullanılamamaktadır.

Doha Metrosu'nun West Bay ve DECC istasyonlarının açılışıyla bölgede sınırlı bir yaya canlanması gözlenmekle birlikte, mevcut araştırmalar bu istasyonların çevresindeki "son metre" sorununun bölgenin yaya kullanılabilirliğini hâlâ kısıtlayan en kritik faktör olduğunu vurgulamaktadır (Furlan vd., 2025). Yayanın istasyondan hedef binaya ulaşırken iklim koşullarına maruz kaldığı kısa ama belirleyici mesafelerin gölgelendirilmesi, klimatize bekleme alanlarıyla bağlanması veya yer altı geçitleriyle iyileştirilmesi henüz sistematik olarak uygulanmamıştır. Bu durum, bölgenin toplu taşıma yatırımlarının potansiyelini büyük ölçüde sınırlamaktadır.



Şekil 15. West Bay (aldafna) Doha, Katar

4.4. Açık Alan Kullanımı ve Kamusal Yaşam

Açık alan kullanım örüntüleri açısından West Bay, sıcak iklim bağlamında "iç mekâna hapsedilmiş kent" olgusunun belirgin bir örneğini sunmaktadır. Kamusal yaşamın büyük bölümü, bölgedeki kulelerin alt katlarına ya da City Center ve Lagoona Mall gibi büyük alışveriş merkezlerine taşınmıştır. Sokaklar gün içinde işlevsel olarak ağırlıkla araç akışına, kıyıdaki Corniche promenadı ise sınırlı saat aralıklarında (sabah erken saatler ve akşamüstü) yaya kullanımına ev sahipliği yapmaktadır (Salama vd., 2016).

Bu örüntü, yaz aylarında dış mekân kamusal yaşamının pratik olarak askıya alınmasıyla sonuçlanmakta; sosyal etkileşim için zorunlu olan rastlantısal karşılaşma, oturma ve uzun süreli mekân kullanımı imkânları büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır (Gehl, 2011). West Bay'in yapısal ifadesi, kentin gündelik yaşamından ziyade "iş yapan ve eve dönen" bir kullanıcı profili için tasarlanmış izlenimi uyandırmaktadır. Bu durum, kentsel yaşamın çeşitliliğini, esnekliğini ve gündelik karşılaşmasını sınırlayan yapısal bir kırılma olarak okunmalıdır.



Şekil 16. West Bay (aldafna) Doha, Katar

4.5. Kültürel İfade

Sosyo-kültürel düzeyde West Bay'in jenerik kentsel ifadesi, eleştirel literatürde sıkça "yer hissinden yoksun" bir doku olarak nitelenmektedir (Adham, 2008). Kuleler büyük ölçüde benzer mimari dile, benzer cephe kompozisyonlarına ve benzer iç işlevlere sahiptir; bu durum bölgenin "Doha'ya özgü" bir kentsel kimlik üretme kapasitesini zayıflatmakta ve kullanıcıların mekana yönelik aidiyet duygusunu sınırlandırmaktadır. Aynı dokuların Dubai, Riyad, Manama veya Kuveyt'in benzer bölgelerinde de görülebilmesi, bu "tipolojik küreselleşme"nin ölçeğini göstermektedir.

5. Çözüm Önerileri

Karşılaştırmalı bulgulardan hareketle, Körfez kentlerinde iklim duyarlı kentsel tasarımın yeniden düşünülmesi için bir dizi öneri sunulabilir. Bu öneriler büyük ölçüde Msheireb'in pasif iklimlendirme ve insan odaklı tasarım deneyiminden ilham almakta; ancak doğrudan kopyalama yerine ilkesel düzeyde aktarılabilir bileşenleri ön plana çıkarmaktadır. Öneriler kentsel form, gölgeleme, hareketlilik, sürdürülebilirlik altyapısı ve kurumsal çerçeve olmak üzere beş eksen etrafında özetlenebilir.

Kentsel form ve morfoloji düzeyinde, imar yönetmeliklerine sokak kanyonu performans standartlarının (minimum H/W oranı, hâkim rüzgâr yönüne göre sokak yönelimi, maksimum parsel genişliği) eklenmesi düşünülebilir. Geniş ve izole parsel düzenlemesi yerine kompakt ve bağlantılı ada-blok düzenlerinin teşvik edilmesi; binaların birbirini gölgeleyecek biçimde organize edilmesi önerilebilir.
Gölgeleme ve mikroiklim düzeyinde, yaya öncelikli sokaklarda yapısal gölgeleme (saçaklar, dış cephe örtüleri, açılır tenteler) yaygınlaştırılabilir; yer kaplamalarında yüksek SRI değerine sahip açık renkli malzemeler tercih edilebilir. Geleneksel su öğelerinin (*falaj* tipi kanallar, küçük göletler) çağdaş peyzaj diline entegre edilmesi ve kuraklığa dayanıklı yerli bitkilerden oluşan yeşil koridorların planlanması da etkili bir tamamlayıcı strateji olarak değerlendirilebilir.
Hareketlilik düzeyinde, özellikle merkezi iş ve yenileme bölgelerinde otopark altyapısının yer altına çekilmesi yaya alanlarının özgürleşmesi için önerilebilir. Toplu taşıma istasyonları çevresinde "son metre" sorununu hafifletmek için gölgeli yaya aksları ve klimatize bekleme alanları planlanabilir; kavşak ölçeklerinin küçültülmesi ve yaya geçişlerinin konforlu hale getirilmesi yürünebilirliği önemli ölçüde iyileştirebilir.
Sürdürülebilirlik altyapısı düzeyinde, yeni geliştirmelerde bölge ölçekli merkezi soğutma sistemlerinin, otomatik pnömatik atık toplama altyapısının, gri su ve yağmur suyu hasadı sistemlerinin standart hale getirilmesi önerilebilir. Çatılarda belirli bir oranda fotovoltaik panel kapasitesinin teşvik edilmesi, kentsel ölçekte sürdürülebilirlik açığını azaltacak somut bir adım olarak düşünülebilir.
Kurumsal ve politik düzeyde, iklim duyarlı tasarım ilkelerinin imar mevzuatına ve ulusal sürdürülebilirlik sertifikasyon sistemlerine (örneğin Katar'ın GSAS sistemi) entegre edilmesi; kamu ihalelerinde sürdürülebilirlik performansının zorunlu kriter olarak değerlendirilmesi ve mimarlık eğitiminde vernaküler birikimin yeniden öne çıkarılması uzun vadeli yapısal dönüşümün araçları olarak önerilebilir.
West Bay gibi mevcut iklimden kopuk dokular içinse köklü bir yeniden yapılanma yerine eklemleyici müdahaleler gerçekçi bir yaklaşım olabilir: stratejik konumlarda yapısal gölgeleme strüktürleri, mevcut plaza ve setbacklerin ağaçlandırılması ve evaporatif öğelerle zenginleştirilmesi, zemin katların aktive edilmesi (perakende, kafe, kültür) ve metro istasyonu çevresinde TOD (Transit-Oriented Development) prensiplerinin uygulanması, mevcut morfolojinin sınırları içinde dahi anlamlı bir kullanıcı deneyimi iyileşmesi sağlayabilir (Furlan vd., 2025).

6. Msheireb Modelinin Sınırlılıkları ve Eleştirel Değerlendirme

Msheireb Downtown'ın öğretici bir referans olarak sunulması, projenin eleştirel bir mesafeden okunmasını engellememelidir. Modelin Körfez kentlerine aktarılabilirliğini doğru biçimde değerlendirebilmek için içkin sınırlılıklarının da görünür kılınması gerekmektedir.
Birincisi, yüksek maliyet sorunudur. Proje yaklaşık 5,5 milyar ABD doları bütçeyle hayata geçirilmiş; bu yatırım ancak Katar Vakfı (Qatar Foundation) gibi devlet destekli büyük bir aktör tarafından sürdürülebilmiştir. Standart bir özel sektör yatırımcısı için geri dönüş süresi son derece uzun olduğundan, modelin piyasa odaklı geliştirme bağlamında doğrudan kopyalanması güçtür (Wiedmann vd., 2014).
İkincisi, soylulaştırma ve sosyal erişim sorunudur. Konut birimleri ve perakende alanları lüks segmentte konumlandırıldığından, kentin tarihi merkezinde yaşamış olan göçmen iş gücünün ve düşük gelirli sakinlerin önemli bir bölümü bölgeden uzaklaşmak zorunda kalmıştır (Boussaa, 2018). Bu yer değiştirme, "sürdürülebilirlik" söylemiyle uyumsuz bir sosyal

maliyet üretmekte; kamusal mekânın belirli bir gelir düzeyinin üzerindeki kullanıcılarla sınırlanmasına neden olabilmektedir.

Üçüncüsü, ölçeklenebilirlik sorunudur. Msheireb 31 hektarlık bir alanda yoğunlaştırılmış bir tasarım deneyimidir; ancak Doha gibi binlerce hektarlık bir kentin tamamına bu yoğunlukta bir yaklaşımın uygulanması, hem maliyet hem de mevcut altyapı açısından pratik olarak son derece zordur. Otomatik atık toplama, merkezi soğutma ve yer altı otopark gibi teknik bileşenler yalnızca yeni geliştirmelerde sıfırdan inşa edilebildiği için mevcut kentlere geriye dönük uygulanması da güçtür.

Dördüncüsü, otantiklik tartışmalarıdır. Msheireb'in geleneksel Katar mimari diline yaptığı atıflar, kimi eleştirmenler tarafından "sahnelenmiş" bir kültürel performans olarak değerlendirilmekte; tek bir master plan altında, görece kısa bir zaman diliminde tasarlanmış olması bazı eleştirilere konu olmuştur (Adham, 2008; Boussaa, 2017). Bununla birlikte projenin tipolojik referanslarının yalnızca cephe düzeyinde kalmayıp pasif iklimlendirme performansına dayanması, bu eleştirinin yalnızca kısmen geçerli olduğunu göstermektedir.

Bu sınırlılıklar, Msheireb'i bir model olarak reddetmek için değil; modelin diğer Körfez bağlamlarına uyarlanırken hangi koşullara dikkat edilmesi gerektiğini netleştirmek için tartışılmalıdır. Riyad, Dubai, Kuveyt veya Manama'nın kendi tarihsel arka planı, sosyal yapısı ve kurumsal kapasitesi, modelin doğrudan kopyalanması yerine bağlam-duyarlı bir yorumla yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda projenin gerçek performansının saha tabanlı mikroiklim ölçümleri, mevsimsel yaya sayımları ve uzun dönemli kullanıcı verileriyle doğrulanması da önemli bir araştırma yönelimi olarak öne çıkmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, sıcak-kurak iklim koşullarındaki kentsel tasarımın günlük yaşam üzerindeki belirleyici rolünü, Doha'da yan yana var olan iki zıt paradigma üzerinden karşılaştırmalı biçimde tartışmış; Arap Körfezi, Katar ve Doha'nın mimari tarihini kapsayan bir bağlam içinde değerlendirmiştir. Analiz, ekolojik kentsel tasarımın sıcak iklim bağlamında yalnızca enerji verimliliği veya teknolojik performans meselesi olmadığını; tam tersine, kentsel formun en temel parametrelerinin günlük yaşam pratikleri, sosyal etkileşim, kamusal kültür ve ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde doğrudan biçimde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Msheireb Downtown örneği, vernaküler Katar yerleşim örüntüsünün (dar gölgeli sokakları, *baraha* tipolojisi, kompakt dokusu ve pasif iklimlendirme prensipleri) çağdaş tasarım araçlarıyla yeniden etkinleştirildiğinde, yaz aylarında dahi yaya kullanımının sürdürülebildiği, sosyal etkileşimin canlı kaldığı ve kültürel kimliğin korunabildiği bir kentsel deneyim üretmenin mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. Aynı zamanda projenin LEED sertifikalı bina yoğunluğu, otomatik pnömatik atık toplama altyapısı, bölge ölçekli merkezi soğutma sistemi ve yenilenebilir enerji entegrasyonu, sürdürülebilirlik altyapısının bölge ölçeğinde nasıl kurgulanabileceğine ilişkin somut bir referans sunmaktadır.

West Bay ise yüksek katlı kuleler, geniş otomobil arterleri ve cam cephelerle kurgulanan küresel ölçekte tekrar eden bir kent modelinin sıcak-kurak iklim bağlamında (termal konfor, yaya kullanımı ve dış mekân kamusal yaşamı açısından) yapısal bir başarısızlık ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu iki dokunun yan yana okunması, "sürdürülebilirlik" söyleminin tek tek bina ölçeğinden kentsel form ve sokak ölçeğine taşınması gerekliliğini görünür kılmaktadır.

Bununla birlikte Msheireb'in başarısının da eleştirel bir mesafeden okunması zorunludur. Yüksek maliyet, premium gayrimenkul kurgusu, soylulaştırma riski, sosyal erişim sorunları ve aktarılabilirlik açısından mevcut sınırlılıklar; modelin kent ölçeğine ve diğer Körfez bağlamlarına doğrudan kopyalanamayacağını göstermektedir. Bu durum, Msheireb'i ilkesel bir referans olarak okumakta; aktarımın doğrudan kopyalama yerine bağlam-duyarlı bir yeniden yorum olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada önerilen çözüm çerçevesi beş eksen etrafında yapılandırılmıştır: (1) kentsel form ve morfoloji düzeyinde sokak kanyonu standartlarının ve kompakt yerleşimin imar mevzuatına entegre edilmesi; (2) yapısal gölgeleme, evaporatif soğutma ve yeşil-mavi altyapının zorunlu hale getirilmesi; (3) yer altı otopark, gölgeli yaya hattı ve toplu taşıma entegrasyonuna dayalı hareketlilik altyapısının kurulması; (4) bölge ölçekli merkezi soğutma, otomatik atık toplama, kullanım suyu geri kazanımı ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi altyapıların standartlaştırılması; ve (5) iklim duyarlı tasarım ilkelerinin imar mevzuatına, ihale kriterlerine ve mimarlık eğitimine kurumsal düzeyde entegre edilmesi.

Mevcut West Bay gibi iklimden kopuk dokular için ise eklemleyici müdahaleler önerilmektedir: stratejik konumlarda gölgeleme strüktürleri, evaporatif öğelerle zenginleştirilmiş plazalar, aktif zemin kotu uygulamaları ve toplu taşıma istasyonu çevresinde TOD odaklı yeniden yapılandırma. Bu müdahaleler, mevcut morfolojinin yapısal sınırları içinde kalsa bile, yaya deneyimi ve kamusal yaşam kalitesinde anlamlı iyileşmeler sağlayabilir.

Gelecekteki araştırmaların; iki bölgede eş zamanlı mikroiklim simülasyonları, mevsimsel yaya sayımları, kullanıcı algı anketleri ve uzun dönemli sosyal eşitlik göstergelerinin izlenmesi gibi saha tabanlı yöntemlerle bu kavramsal çerçeveyi ampirik olarak doğrulamaya yönelmesi önerilmektedir. Aynı zamanda Msheireb modelinin Riyad, Dubai, Kuveyt ve Manama gibi diğer Körfez kentleri bağlamında uyarlanabilirliğinin sistematik olarak değerlendirilmesi, sıcak iklim coğrafyalarındaki sürdürülebilir kentsel tasarım literatürünü zenginleştirebilecek önemli bir araştırma yönelimi olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, sıcak iklim coğrafyalarında sürdürülebilir kentsel tasarım, küresel ölçekte tekrar eden cam-çelik kule modelinden köklü biçimde ayrılan; vernaküler birikimi çağdaş bir tasarım diliyle yeniden etkinleştiren; kompakt yerleşim, dar gölgeli sokak, kamusal meydan, yer altı altyapı, bölge ölçekli sürdürülebilirlik sistemleri ve insan ölçekli kamusal mekânı birarada düşünen çok katmanlı bir paradigma gerektirmektedir. Msheireb bu paradigmanın olanaklılığını gösteren; West Bay ise alternatifin sürdürülemezliğini görünür kılan iki paradigmatik örnek olarak Körfez kentlerinin geleceğine ilişkin tasarım söylemine değerli bir katkı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Adham, K. (2008). Rediscovering the island: Doha's urbanity from pearls to spectacle. In Y. Elsheshtawy (Ed.), The evolving Arab city: Tradition, modernity and urban development (pp. 218–257). Routledge.

Ali-Toudert, F. ve Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Building and Environment, 41(2), 94–108. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013

Bianca, S. (2000). Urban form in the Arab world: Past and present. Thames & Hudson.

Boussaa, D. (2017). Urban regeneration and the search for identity in historic cities. Sustainability, 10(1), 48. https://doi.org/10.3390/su10010048

Boussaa, D. (2018). The past as a catalyst for cultural sustainability in historic cities: The case of Doha, Qatar. International Journal of Heritage Studies, 24(5), 470–486.

Edwards, B., Sibley, M., Hakmi, M. ve Land, P. (Eds.). (2006). Courtyard housing: Past, present and future. Taylor & Francis.

Fathy, H. (1986). Natural energy and vernacular architecture: Principles and examples with reference to hot arid climates. University of Chicago Press.

Furlan, R. (2015). Liveability and social capital in West Bay, the new business precinct of Doha. Arts and Social Sciences Journal, 6(3), 1–11. https://doi.org/10.4172/2151-6200.1000133

Furlan, R. (2016). Urban design and livability: The regeneration of the Corniche in Doha. American Journal of Environmental Engineering, 6(3), 73–87.
Furlan, R., Awwaad, R., Alrababaa, A. ve Ibrahim, H. (2025). The transformation of West Bay area, Doha's business center, through transit-oriented development. Sustainability, 17(20), 9154.
Gehl, J. (2010). Cities for people. Island Press.
Gehl, J. (2011). Life between buildings: Using public space. Island Press.
Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. Wiley.
Hakim, B. S. (1986). Arabic-Islamic cities: Building and planning principles. KPI.
Mirincheva, V., Wiedmann, F. ve Salama, A. M. (2013). The spatial development potentials of business districts in Doha: The case of the West Bay. Open House International, 38(4), 16–26.
Remali, A. M., Salama, A. M., Wiedmann, F. ve Ibrahim, H. G. (2016). A chronological exploration of the evolution of housing typologies in Gulf cities. City, Territory and Architecture, 3(14), 1–15.
Rizzo, A. (2014). Rapid urban development and national master planning in Arab Gulf countries: Qatar as a case study. Cities, 39, 50–57. https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.02.005
Saeed, M. H. A. L. ve Furlan, R. (2017). The urban regeneration of West Bay, business district of Doha (State of Qatar). Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences, 1(4), 137–144. https://doi.org/10.15406/jhaas.2017.01.00021
Salama, A. M. ve Wiedmann, F. (2013). Demystifying Doha: On architecture and urbanism in an emerging city. Ashgate Publishing.
Salama, A. M., Wiedmann, F., Thierstein, A. ve Al Ghatam, W. (2016). Knowledge economy as an initiator of sustainable urbanism in emerging metropolises: The case of Doha, Qatar. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 10(1), 274–324.
Wiedmann, F., Mirincheva, V. ve Salama, A. M. (2013). Urban reconfiguration and revitalisation: Public mega projects in Doha's historic centre. Open House International, 38(4), 27–36.
Wiedmann, F. ve Salama, A. M. (2013). From pre-oil settlement to post-oil hub: The urban transformation of Doha. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 7(2), 146–159.
Wiedmann, F., Salama, A. M. ve Mirincheva, V. (2014). Sustainable urban qualities in the emerging city of Doha. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, 7(1), 62–84.
Yahia, M. W. ve Johansson, E. (2013). Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria.
Wiedmann, F., Salama, A. M. ve Thierstein, A. (2012). Urban evolution of the city of Doha: An investigation into the impact of economic transformations on urban structures. METU Journal of the Faculty of Architecture, 29(2), 35–61. https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2012.2.2

VOLEYBOL OYUNCULARINDA CORE KUVVET ANTRENMAN PROGRAMININ SÜRAT VE DİNAMİK DENGE ÜZERİNE ETKİSİ

Kevser BAY
Gaziantep University, Faculty of Sport Science, Gaziantep.
ORCID: 0009-0005-4871-3442
Önder DAĞLIOĞLU
Gaziantep University, Faculty of Sport Science, Gaziantep.
ORCID: 0000-0002-6213-9855

ÖZET
Bu çalışmanın amacı voleybol oyuncularında core kuvvet antrenman programının sürat ve dinamik denge üzerine etkisini incelemektir. Çalışmaya, düzenli voleybol antrenmanı yapan 18-21 yaş arasında toplam 16 erkek voleybolcu gönüllü olarak katıldı. Katılımcılar deney grubu (n=8) ve kontrol grubu (n=8) olarak iki gruba ayrıldı. Deney grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün core kuvvet antrenman programı uygulandı. Her iki grup voleybol antrenmanlarına devam etti. Core kuvvet antrenman programına başlamadan önce ve antrenman bittikten sonra sürat ve dinamik denge test değerleri ölçüldü. Sürat için 20 metre testi uygulandı. Dinamik denge testi için Biodex Balance SD İzokinetik Denge Test cihazı kullanıldı. SPSS 22.0 paket programı istatistiksel analiz için kullanıldı. Normalite testi için Shapiro-Wilk testi uygulandı. Verilerin istatistiksel analizi için grup içi karşılaştırmalarda Paired Sample t test, gruplar arası karşılaştırmalar için Independent Sample t testi kullanıldı. Deney grubunun ön test ve son test ölçümleri karşılaştırıldığında sürat ve dinamik denge skorlarında istatistiksel olarak anlamlılık bulundu ($p<0.05$). Kontrol grubunun verilerinde ise herhangi bir anlamlılık bulunmadı ($p>0.05$). Grupların ön test ve son test verileri karşılaştırıldığında deney grubu lehine anlamlılık bulundu ($p<0.05$). Sonuç olarak voleybol oyuncularına uygulanan core kuvvet antrenman programının sürat ve dinamik denge skorları üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu söylenebilir.
Anahtar Kelimeler: Core kuvvet, Sürat, Denge, Voleybol.

THE EFFECT OF CORE STRENGTH TRAINING PROGRAMS ON SPEED AND DYNAMIC BALANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS

ABSTRACT
The aim of this study was to investigate the effect of a core strength training program on speed and dynamic balance in volleyball players. A total of 16 male volleyball players aged 18-21 who regularly trained in volleyball voluntarily participated in the study. Participants were divided into two groups: an experimental group (n=8) and a control group (n=8). The experimental group underwent a core strength training program three days a week for six weeks. Both groups continued their volleyball training. Speed and dynamic balance test values were measured before starting the core strength training program and after the training session. A 20-meter test was applied for speed. The Biodex Balance SD Isokinetic Balance Test device was used for the dynamic balance test. SPSS 22.0 software package was used for statistical analysis. The Shapiro-Wilk test was applied for normality testing. For statistical analysis of the data, the Paired Sample t-test was used for within-group comparisons, and the Independent Sample t-test was used for between-group comparisons. A statistically significant difference was found in speed and dynamic balance scores when comparing the pre-test and post-test

measurements of the experimental group ($p<0.05$). No significant differences were found in the control group data ($p>0.05$). When comparing the pre-test and post-test data of the groups, a significant difference was found in favor of the experimental group ($p<0.05$). As a result, it can be said that the core strength training program applied to volleyball players has a positive effect on speed and dynamic balance scores.
Keywords: Core strength, Speed, Balance, Volleyball.

1. GİRİŞ

Sportif branşların temel amacı, sporun gereği olan fiziksel ve fizyolojik özelliklerin geliştirilmesi ve sporcuların atletik performanslarını artırmaktır. Voleybol, yüksek şiddetli sıçramalar, sürat, denge, ani yön değiştirmeler, smaç ve blok gibi patlayıcı güç gerektiren ve dinlenme sürelerini içeren bir spor dalıdır (Wulf 2007). Birçok sportif hareketin ortaya konulmasını ve vücudun sabit bir pozisyonda sürekliliğe sahip olmasını sağlayan unsur dengedir. Voleybol antrenmanlarında ve müsabaka özellikle smaç ve blok gibi temel hareketlerde anaerobik güç, sürat ve denge yetisi sporcular için önem arz etmektedir (Koç ve ark. 2011).

Core kelimesinin anlamı vücudun ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Egzersiz sırasında kas ve kas grupları etkileşim halindedir ve core kevvet kasları vücuda destek görevi görür (Mcgill 2010). Gelişmiş core kasları fiziksel aktivitelerde ve kuvvet antrenmanları esnasında omurgaya destek olur (Fig 2005).

Voleybol sporunda core kuvvet antrenmanlarının önemi etkili kas sinerjisi ve gelişimi ile birlikte sürat, denge, kuvvet, beceri gibi motorik özellikleri geliştirerek sporcuların sportif performanslarına katkı sağlayacağıdır. Sporcular ve antrenörler için core kuvvet antrenmanları, antrenman planlamasına ek olarak alternatif bir yöntem olabilir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmamızdaki amacımız, voleybol oyuncularında core kuvvet antrenman programının sürat ve dinamik denge üzerine etkisini incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Grubu

Çalışmaya, düzenli voleybol antrenmanı yapan 18-21 yaş arasında toplam 16 erkek voleybolcu gönüllü olarak katıldı. Katılımcılar deney grubu (n=8) ve kontrol grubu (n=8) olarak iki gruba ayrıldı. Deney grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün core kuvvet antrenman programı uygulandı. Her iki grup voleybol antrenmanlarına devam etti. Core kuvvet antrenman programına başlamadan önce ve antrenman bittikten sonra sürat ve dinamik denge test değerleri ölçüldü. Sürat için 20 metre testi uygulandı. Dinamik denge testi için Biodex Balance SD İzokinetik Denge Test cihazı kullanıldı.

2.2. Core Kuvvet Antrenman Dizaynı

Deney grubuna voleybol antrenmanlarına ek olarak uygulanan Core antrenman egzersizleri ilk 2 hafta 2*14 (set*tekrar), ikinci 2 hafta 2*16 ve son 2 hafta 3*20 olacak şekilde uygulanmıştır. Tekrarlar arası 20 saniye, setler arası 1 dakika dinlenme süresi verilmiştir. Deney grubuna Plank Jack, Side Plank, Mountain Climbers, Crunch, Leg Raises ve Abdominal Crunch olarak bilinen core egzersizleri uygulanmıştır. Setler arası 1 dakika, tekrarlar arası 20 saniye dinlenme aralığı verildi. Denekler araştırma boyunca ekstra yorucu fiziksel aktivite yapmamaları için ikaz edildi (Özdal 2012).

2.3. Sürat Testi

Deneklerin sürat testleri 20 m sprint testi ile ölçülmüştür. Denekler teste alınmadan önce ısınma ve esneme yapılması istenmiştir. Sonrasında başlangıç ve bitiş çizgisi belirlenip çizgisinin 1 m gerisinden denemeye alınan sporcuların kendilerini hazır hissettiklerinde çıkış

yapmaları istenmiştir. Ölçüm sonunda her iki derece not alınmış ve değerlendirme için en iyi derece seçilmiştir (Tamer 2002).

2.4. Dinamik Denge Testi

Denge ölçümü Biodex Balance System (Biodex Balance System, BBS; Biodex Inc., Shirley, NY) denge cihazıyla ölçüldü. Ölçümler sırasıyla sağ bacak ve sol bacak üzerinde duruş pozisyonlarında gerçekleştirildi. Test sırasında 4. Seviye dinamik denge testi kullanıldı. Test 20 saniye ve dinlenme araları 10 saniye olacak şekilde 3 tekrar yaptırıldı (Arnold ve Schmitz 1988).

2.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler için SPSS 22.0 paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıp dağılmadıklarını tespit etmek için Shapiro-Wilk Testi kullanıldı. Grup içi karşılaştırmalar için Paired Samples T Testi uygulandı. Gruplar arası karşılaştırmalar için Independent Sample T Testi kullanıldı. İstatistiksel sonuçlar %95 güven aralığında ve $p<0.05$ anlamlılık düzeylerinde değerlendirildi.

3. BULGULAR

Tablo 1. Antropometrik Veriler

Değişken	**Deney Grubu**	**Kontrol Grubu**
	Ort ± SS	**Ort ± SS**
Yaş (yıl)	19.12 ± 2.41	20.52 ± 2.32
Boy (cm)	182.52 ± 3.87	181.74 ± 2.74
Ağırlık (kg)	84.52 ± 2.54	83.74 ± 2.83

Tablo 2. Deney grubunun ön test ve son test analiz sonuçları (n:8)

Değişken	**Ön Test**	**Son Test**	**t**	**p**
	Ort ± SS	**Ort ± SS**		
Sürat 20 m (sn)	3.19 ± 0.53	3.11 ± 0.11	3.147	**0.001***
Sağ Ayak Genel Dinamik Denge Skoru	0.96 ± 0.52	0.79 ± 0.42	2.652	**0.001***
Sol Ayak Genel Dinamik Denge Skoru	0.91 ± 0.22	0.77 ± 0.28	2.157	**0.001***

$p<0.05$*

Tablo 2.'de deney grubunun verilerinde anlamlılık saptanmıştır ($p<0.05$).

Tablo 3. Kontrol grubunun ön test ve son test analiz sonuçları (n:8)

Değişken	Ön Test	Son Test	t	p
	Ort ± SS	Ort ± SS		
Sürat 20 m (sn)	3.20 ± 0.51	3.19 ± 0.14	3.541	0.184
Sağ Ayak Genel Dinamik Denge Skoru	0.90 ± 0.91	0.89 ± 0.41	1.235	0.181
Sol Ayak Genel Dinamik Denge Skoru	0.87 ± 0.21	0.85 ± 0.47	1.412	0.325

Kontrol grubunda istatistiksel olarak fark saptanmamıştır (p>0.05).

Tablo 4. Deney ve kontrol gruplarının farklarının karşılaştırılması

Değişken	Deney Grubu	Kontrol Grubu	df	t	p
	Ort ± SS	Ort ± SS			
Sürat 20 m (sn)	0.08 ± 1.14	0.01 ± 0.12	14	1.147	**0.001***
Sağ Ayak Genel Dinamik	0.17 ± 0.15	0.01± 0.12	14	2.349	**0.015***
Sol Ayak Genel Dinamik	0.14 ± 0.11	0.02 ± 0.14	14	2.148	**0.012***

p<0.05*

Tablo 4'te gruplar arasında deney grubu lehine dinamik denge puanlarında anlamlılık saptanmıştır (p<0.05)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda deney grubuna uygulanan 6 haftalık core kuvvet antrenman programı sonrasında sürat ve dinamik denge skorlarında pozitif yönde anlamlılık saptanmıştır (p<0.05). Kontrol grubunun değerlerinde anlamlılık bulunmamıştır (p>0.05). Grupların karşılaştırılmasında ise deney grubu lehine sürat ve dinamik denge skorlarında anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p<0.05).

Core kuvvet antrenmanları, solunum kasları ve abdominal kasların gelişimi için önemlidir. Core kuvvet egzersizleri, kasların etkileşimi ile birlikte kas kuvvet artışı sağlayarak sporcuların performansını artırır (Akuthota ve Nadler 2004). Core antrenmanların fiziksel performans, sürat ve denge gibi biomotorik özellikler üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir (Casey ve ark. 2012).

Hentbolculara uygulanan core kuvvet antrenmanı sonrasında sürat değerlerinde anlamlılık bulunmuştur (Balaji ve Murugavel 2013). Başka bir çalışmada voleybolculara uygulanan core kuvvet antrenmanı sonucunda sürat, kuvvet ve dikey sıçrama değerlerinde artış olduğunu saptanmıştır (Noyes ve ark. 2011). Voleybolcular üzerinde yapılan bir çalışmada 8 haftalık core antrenman sonrasında denge skorlarında arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (Şahin ve Özdal 2020). Yapılan bir çalışmada 12 hafta düzenli olarak yapılan egzersizlerin denge skorlarını pozitif yönde artırdığı saptanmıştır (Türkeri 2015). Literatürdeki genel kanı core kuvvet antrenmanının sürat ve denge değerlerinde pozitif yönde etki ettiği yöndedir. Bizim çalışmamızda 6 haftalık core kuvvet antrenman programı sonrasında, voleybol oyuncularında sürat ve dinamik denge skorlarında anlamlı bir gelişime tespit edilmiştir. Bu bulgu, core kuvvet antrenmanının sporcuların sürat ve denge yetisi üzerinde olumlu bir etki sağladığını

desteklemektedir. Çalışmamızda deney grubunun sürat ve dinamik denge skorlarındaki anlamlılığın voleybol antrenmanları ile birlikte yapılan core kuvvet antrenmanına bağlı olarak kas içi ve kaslar arası etkileşim veriminin artışı ile kas kuvvet gelişiminden olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak voleybol oyuncularına uygulanan 6 haftalık core antrenman programının, sürat ve dinamik denge yetileri üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu söylenebilir. Genel antrenman planlamasında voleybol antrenmanlarına ek olarak core kuvvet egzersiz programlarının yer verilmesi önerilebilir.

REFERENCES

Akuthota V, Nadler SF. (2004). Core strengthening. Arch Phys Med Rehab. 85:86-92.

Arnold BL, Schmitz RJ. (1998). Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. J Athl Train. 33(4):323.

Balaji, E. and Murugavel, K. (2013). Motor Fitnes Parameters Response To Core Strength Training On Handbal Players.International Journal For Life Sciences And Educational Research. 1(2),76–80.

Casey A.R., Kevin R.F., Gregory D.M., Timothy E.H. (2012). The effects of isolated and integrated Core Stability training on athletic performance measures. Sports Med. 42(8).

Fig G. (2005). Strength training for swimmers: Training the core. Strength and Conditioning Journal, 27(2) p:40–42.

Koç, H., Pulur, A., & Karabulut, E. O. (2011). Erkek Basketbol Ve Hentbolcuların Bazı Motorik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi*, *5*(1), 21-27.

Mcgill, S. (2010). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. J Strength Cond Res, 32(3): 33-46.

Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST and Campbell T. (2011). A training program to improve neuromuscular indices in female high school volleyball players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(8), 2151-2160.

Özdal M. (2016). Influence of an eight-week core strength training program on respiratory muscle fatigue following incremental exercise. Isokinetic sand. Exercise Sci. 24(3):225-230.

Şahin, E., ve Özdal, M. (2020). Effect of core exercises on balance and vertical jump of 12-14 aged female volleyball players. European Journal of Physical Education and Sport Science.

Tamer K. (2002). Sporda fiziksel–fizyolojik performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi. 2. baskı. Ankara: Türkerler Kitabevi.

Türkeri C. (2015). On İki Haftalık Salsa Dans Çalışmalarının Vücut Kitle İndeksi ve Statik Dengeye Etkisi, Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 44 : 1-22.

Wulf G. (2007). Attentionand Motor Learning. Human Kinetics, Champaign, ILO.

ÜSTÜN POTANSIYELLI VE İKI KERE FARKLI ÇOCUKLARIN ANNELERINDE EBEVEYNLIK SÜREÇLERININ İNCELENMESI: TÜKENMIŞLIK, BIRLIKTE EBEVEYNLIK, ÖZ-YETERLILIK VE PSIKOLOJIK SAĞLAMLIK

Zehra Aycan ÇETİNKAYA
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-6164-2834
Melahat Sıla HAKVERDİ
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-9286-4993
Prof. Dr. Yeliz KINDAP TEPE
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Psikoloji Bölümü, Samsun, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0963-810X
Dr. Öğr. Üyesi Elif ÜNAL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Psikoloji Bölümü, Samsun, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2237-4105

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, üstün potansiyelli ve iki kere farklı çocukların annelerinin ebeveynlik deneyimlerini incelemek; ebeveyn tükenmişliği, birlikte ebeveynlik, ebeveyn öz-yeterliliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerini çeşitli değişkenler açısından değerlendirmektir. İki kere farklı çocuklar; üstün potansiyellerine ek olarak özel öğrenme güçlüğü, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), otizm spektrum bozukluğu (OSB), dil ve konuşma bozukluğu ya da sosyal-duygusal gelişim bozukluğu gibi ek özelliklerden bir veya birkaçına sahip bireyleri ifade etmektedir. Araştırmanın evrenini Türkiye genelinde yaşayan üstün potansiyelli ve iki kere farklı çocuğa sahip ebeveynler oluşturmaktadır. Örneklem kolayda örnekleme yöntemi ile belirlenmiş; eksik veriler çıkarıldıktan sonra araştırma 201 ebeveyn ile yürütülmüştür. Katılımcıların %88.1'i kadın, %11.9'u erkek olup yaş ortalaması 41.48'dir (SS = 5.26). Veriler çevrimiçi ve yüz yüze yöntemlerle "Demografik Bilgi Formu", "Ebeveyn Tükenmişlik Ölçeği", "Birlikte Ebeveynlik Ölçeği", "Ebeveyn Öz-Yeterlilik Ölçeği" ve "Kısa Psikolojik Sağlamlık Ölçeği" aracılığıyla toplanmıştır. Araştırma bulguları, iki kere farklı çocuğa sahip ebeveynlerin birlikte ebeveynlik ve ebeveyn öz-yeterliliği puanlarının daha düşük; ebeveyn tükenmişliği düzeylerinin ise daha yüksek olduğunu göstermiştir. Buna karşın psikolojik sağlamlık düzeyleri gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Ayrıca terapiye devam eden çocukların ebeveynlerinin birlikte ebeveynlik puanlarının daha düşük olduğu belirlenirken; ebeveyn öz-yeterliliği, ebeveyn tükenmişliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin terapi durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı bulunmuştur. Bunun yanında ebeveynlerin çalışma durumunun incelenen değişkenler üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Araştırma sonuçları, iki kere farklı çocukların ebeveynlerinin daha fazla psikolojik ve sosyal destek gereksinimi yaşayabileceğini göstermekte; ailelere yönelik destekleyici müdahale programlarının önemine işaret etmektedir.
Anahtar Kelimeler: Ebeveyn Tükenmişliği, Birlikte Ebeveynlik, Ebeveyn Öz Yeterliği, Üstün Yeteneklilik, Psikolojik Dayanıklılık

EXAMINING PARENTING PROCESSES IN MOTHERS OF GIFTED AND TWICE-DIFFERENT CHILDREN: BURNOUT, CO-PARENTING, SELF-EFFICACY, AND PSYCHOLOGICAL RESILIENCE

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the parenting experiences of mothers of gifted and twice-exceptional children and to evaluate parental burnout, coparenting, parental self-efficacy, and psychological resilience levels in terms of various variables. Twice-exceptional children are individuals who possess gifted potential in addition to one or more accompanying conditions such as specific learning disabilities, attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), autism spectrum disorder (ASD), speech and language disorders, or social-emotional developmental disorders. The population of the study consisted of parents of gifted and twice-exceptional children living in different regions of Türkiye. The sample was determined using a convenience sampling method, and after excluding incomplete data, the study was conducted with 201 parents. Of the participants, 88.1% were women and 11.9% were men, with a mean age of 41.48 years (SD = 5.26). Data were collected both online and face-to-face using the "Demographic Information Form," "Parental Burnout Scale," "Coparenting Scale," "Parental Self-Efficacy Scale," and "Brief Psychological Resilience Scale." The findings revealed that parents of twice-exceptional children reported lower levels of coparenting and parental self-efficacy, while experiencing higher levels of parental burnout. However, psychological resilience levels did not significantly differ between groups. In addition, parents of children attending therapy reported lower coparenting scores, whereas parental self-efficacy, parental burnout, and psychological resilience did not significantly differ according to therapy status. Furthermore, parents' employment status did not have a significant effect on the variables examined. The findings suggest that parents of twice-exceptional children may require greater psychological and social support and highlight the importance of supportive intervention programs for families.

Keywords: Parental Burnout, Coparenting, Parental Self-Efficacy, Giftedness, Psychological Resilience

1. GİRİŞ

Literatürde pek çok kez tanımlanan bir kavram olan üstün yetenek kavramını Milli Eğitim Bakanlığı (1991); bireyin özel yetenekleri açısından yaşıtlarından belirgin şekilde yüksek performansa sahip olduğunun konunun uzmanları tarafından belirlenmesi olarak ifade etmiştir. Amerikan Psikologlar Birliği (APA t.y.) ise güncel tanımını genellikle genç yaşlarda görülen; yüksek bilişsel beceri ve zeka düzeyi olarak tanımlamaktadır. Silverman (2010) üstün yeteneği, nitelik olarak farklılaşan normları fark etmek, yoğun içsel deneyimler ve gelişimi eş zamanlı olmayan ileri düzey bilişsel yetenek olarak ele alırken Clark; üstün yeteneğin bilişsel, duyuşsal, fiziksel ve sezgisel alanda ortaya çıkan yüksek bilişsel düzey olduğunu ifade etmiştir. Koç (2015) ise tanımında üstün yeteneğin çocuğun bir ya da birkaç alanda gösterdiği üstün performansın ailesi ve uzmanlar tarafından fark edilmesi ve bilişsel, sosyal, duygusal ve fiziksel açıdan gelişiminin farklı olması ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmaların çeşitliliği alanyazındaki çalışmaların derinliğini artmasına katkı sağlamış ve yeni bir kavram olan "İki Kere Özel" kavramının kazandırılmasında öncü olmuştur.

İki kere özel, özel yetenek ve beraberinde de özel öğrenme güçlüğü; dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), otizm spektrum bozukluğu (OSB), dil ve konuşma bozukluğu, sosyal duygusal gelişim bozukluğu gibi durumlardan bir veya birkaçına da sahip bireyleri tanımlamaktadır (Şentürk ve ark., 2022). Neihart'a (2008) göre üstün performansları çift yönlü olan bu bireyler aynı anda hem birden fazla üstün yeteneğe sahip hem de birden

fazla güçlüğe; Asperger sendromu, ciddi duygusal zorluklar ve öğrenme güçlükleri vb. sahip olabilirler. Özel yeteneğine eşlik eden öğrenim güçlüğü iki kere özel bireylerin yaşadıkları sosyal sorunların belirleyicisidir. DEHB'li iki kere özel çocuklarda bir konudan diğerine geçişte zorlanma, rutinlerden çabuk sıkılma ve dikkatlerinin sık sık dağılmasından dolayı verilen görevleri yerine getirememe gibi durumlar görülmektedir (Yenioğlu ve Melekoğlu, 2020). Özel yeteneğinin yanında OSB sahip olan iki kere özel bireylerde ise ayrıntılara dikkat etme ve yaratıcılık yetenekleri sınırlı iletişim ve göz temasından kaçınma gibi durumlardan etkilenmektedir (Ömür, 2019). İki kere özel bireylerin karşılaştıkları bu durum maskeleme olgusuna yol açmaktadır. Birey üstün yetenekleri sayesinde sahip olduğu öğrenme güçlüğünü gizleyerek tanı almasını engelleyebilir ya da tam tersi bir biçimde sahip olduğu güçlükler üstün yeteneğini gizleyerek bireyin potansiyelinin fark edilmesini engelleyebilir. Bu durum iki kere özel bireylerin toplum içerisinde anlaşılmalarını zorlaştırmaktadır.

İki kere özel bireylere dair sınırlı sayıda araştırma daha çok onların tanımlanmasına ve tanı sürecine, eğitimlerine ve sosyalliklerine odaklanmaktadır. Bu bireylerin sosyal hayatta yaşadıkları güçlükler ve ebeveynlerinin tükenmişlikleri hakkında yapılmış araştırma sayısı ise oldukça sınırlıdır. Ebeveyn olmak pek çok zorluğu da içinde barındırmaktadır. Bu zorluklarla baş etmek kimi zaman çok zorlayıcı olabilmektedir. Ebeveynin karşılaştığı zorluklar ile sahip olduğu koruyucu faktörler bir denge mekanizması oluşturur bu dengenin bozulması, koruyucu faktörlerin yetersizliği tükenmişlik riskini doğurur (Saliez ve ark., 2022). Özellikle üstün yetenekli çocuğa sahip ebeveynlerde karşılaşılan stres faktörleri arasında çocukların eğitim gereksinimleri diğerlerinden daha baskın bir yük oluşturmaktadır (Zanetti ve ark., 2024). Ebeveyn stresi; nitelikli ebeveyn olmak ve ebeveyn çocuk ilişkisini doğrudan etkileyen bir olgudur bu nedenle ebeveynlik stresi üzerine yapılan araştırmalar kritik öneme sahiptir (Abidin, 1992). Ebeveyn stres ile baş etme gücünü yitirdiği durumlarda tükenmişlik ortaya çıkmaktadır. Alanyazında iki kere özel bireylerin ebeveynlerinde görülen tükenmişliği ele alan sınırlı sayıdaki araştırmadan bazılarında ebeveynin tükenmişliğini "izole olmak" olarak ifade ettiği belirtilmiştir (Guthrie, 2019). Oskam ve arkadaşları (2018) ise ebeveynin yaşadığı tükenmişliği dört boyutta ele almış ve bunları "ebeveynlik rolünde tükenmişlik", "sahip olunan ebeveyn benliğinin önceki benlik ile uyuşmaması", "bıkkınlık hissi" ve "çocuklardan duygusal olarak uzaklaşma" olarak belirtmişlerdir. Ebeveyn tükenmişliğinin iki kere özel bireylerin ebeveynleri açısından ele alındığı çalışmaya rastlanmamaktadır. İki kere özel bireylerin yaşadıkları maskeleme durumu gerekse yeterince bilinmemeleri onların ebeveynleri açısından özgün stresörlerdir. Bu nedenle iki kere özel çocuğa sahip ebeveynlerin tükenmişliklerinin araştırılması literatüre geniş katkılar sunacak bir çalışma olacaktır.

Ebeveyn tükenmişliği ile birlikte inceleyeceğimiz değişkenlerden biri de birlikte ebeveynlik olacaktır. Birlikte ebeveynlik; aile sistemleri teorisi çerçevesinden bakıldığında anne ve babanın çocuk yetiştirme konusunda çabalarını koordine etme biçimlerini yansıtan bir alt sistemi ifade etmektedir (Minuchin, 1985). Birlikte ebeveynlik, çocuk yetiştirme sürecinde ebeveynlerin birbirine karşı mücadele etmesi olarak tanımlanmaktadır (McHale, 2007). Birlikte ebeveynlik desteği, ebeveynlik yetkinliğinin onaylanması, ebeveynin katkılarının ve otoritesinin takdir edilmesi, ebeveynlik ile ilgili kararlarına saygı gösterilmesini içermektedir. İş bölümünü, ebeveynlerin ebeveynlik sorumluluklarını algılama biçimlerini ve birbirlerinin ebeveynliğine gösterdikleri desteği ifade eder (Feinberg ve ark., 2012). Özdemir ve Sağkal'ın (2020) tanımı ise ebeveynlerin; çocuk yetiştirme konusunda beraber hareket etmelerini, sorumluluklar ve iş bölümü konusunda uyumu gözetmeleri ve birbirlerini desteklemelerini vurgulamaktadır. Ebeveyn tükenmişliğinin belirleyicilerinden biri olan birlikte ebeveynlik kavramını Minuchin (1974) aile sisteminin yürütücü olarak kabul eder ve sağlıklı gerçekleştirilen birlikte ebeveynliğin çocuğun düzen ve güven duygusunu geliştirdiği

belirtmiştir. Çalışmamızda üstün yetenekli bireyler ve iki kere özel bireylerin annelerinin tükenmişlikleri sahip oldukları birlikte ebeveynlik desteği ile birlikte ele alınacaktır.
Bir diğer değişkenimiz ise ebeveyn öz yeterliliğidir. Ebeveyn tükenmişliğine karşı koruyucu faktörlerden biri de ebeveynin yetkinliğidir. Bandura'ın (2006) öz yeterlilik kuramı, ebeveyn öz yeterlilik algısının yüksek olmasının ebeveyn sorumlulukları karşısında kendine olan inancını arttırmaktadır ve daha az çaresiz hissetmelerine yardımcı olmaktadır. Ebeveyn öz yeterliliği bakım verenin ebeveynlik becerilerindeki yetkinliğine olan inancı tanımlamaktadır. Öz yeterlilik algısı yüksek ebeveyn bebeğin ihtiyaçlarına zamanında ve doğru yanıtlar vermede ve sorunlara karşı etkili çözümler üretmede başarılı olması beklenmektedir (Aksüt, 2022). Ebeveyn öz yeterliliği; ebeveynin çocuk yetiştirme sürecindeki sorumlulukları organize edebilme ve gerçekleştirebilme konusundaki yeteneklerine olan inancıdır (Montigny ve Lacharite, 2005). Ebeveynin yüksek öz yeterlilik algısı ebeveynlik algısı hem çocuğunun ihtiyaçlarını karşılama koşunda yetkin olmasını hem de ebeveyn olarak kendini başarılı görmesini sağlayarak ebeveyn tükenmişliğine karşı bir koruyucu faktör olarak yer alır.
Çalışmamızda ebeveyn tükenmişliğini; ebeveyn öz yeterliliği, birlikte ebeveynlik ile birlikte bir de psikolojik sağlamlık açısından ele alacağız. Psikolojik sağlamlık; kişilerin stresli ve beklenmedik durumlarda güçlü kalabilmeyi, mücadele etmeyi sürdürmelerini gerektirir (Ogelman ve Önder, 2021). Dayanıklılık bireylerin riskli durumların üstesinden gelmelerine yardımcı olan zamanla değişip gelişebilen pozitif psikolojik sermayeleridir (Stewart ve ark., 1997). Silliman'a (1994) göre ise dayanıklılık, hayattaki zorluklarla baş edebilmek için bireyin güçlerini birleştirebilme potansiyelidir. Genel olarak bireyin baş etme becerisine, zorluklar karşısında direnç gösterip devam etmesine odaklanan bir kavram olarak tanımladığımız psikolojik dayanıklılık kavramı bu çalışmada ebeveyn tükenmişliğinin belirleyicileri arasında ele alınacaktır. Çalışmanın öznesi olan üstün yetenekli ve iki kere özel çocuğa sahip annelerin yaşadıkları tükenmişliğin psikolojik dayanıklılıkları açısından nasıl farklılaştığı araştırılacaktır.
Hem iki kere özel hem de ütün yetenekli çocuğa sahip annelerin ayrı araştırılıp sonuçların karşılaştırılmasını amaçlayan bu çalışma seçtiği konu açısından literatürde özgün bir yer edinebilecektir. Aynı zamanda iki kere farklı bireylerin anneleri ile çalışılmamış olması da çalışmanın literatüre sunduğu katkılar arasındadır.

1.1. Araştırma soruları ve hipotezleri

1. Araştırma kapsamında ele alınan ebeveynlik değişkenleri, çocuğun tanı durumuna (üstün yetenekli / iki kere farklı) göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
2. Ebeveynlik özellikleri, çocuğun terapiye devam etme durumuna göre anlamlı şekilde farklılaşmakta mıdır?
3. Ebeveynlik özellikleri, ebeveynlerin çalışma durumuna göre farklılık göstermekte midir?

2. YÖNTEM

2.1. Örneklem

Araştırmanın evrenini Türkiye genelinde yaşayan üstün potansiyelli çocuğa sahip ebeveynler oluşturmuştur. Araştırmanın örneklemi ise kolayda örnekleme yöntemi ile belirlenmiştr. Yüz yüze (%18) ve çevrimiçi (%81) olmak üzere uyguladığımız anketlerin toplam katılımcı sayısı 226'dır. Toplanan veriler arasından 25 anket formu kayıp veri nedeniyle analize dahil edilmemiştir. Katılımcıların cinsiyetlere göre dağılımı %88.1 kadın, %11.9 erkek şeklinde olmuştur. Örneklemin yaş ortalaması *Ort.*= 41.48, (*SS* = 5.26) bulunmuş, katılımcıların yaş aralığı 24 ile 65 aralığındadır. Eğitim durumları ise %30.3'ü yüksek lisans mezunu, %46.8'i lisans mezunu, %30.3'ü yüksek lisans mezunu, %11.9'u ön lisans mezunu, %9'u lise mezunu,

%2'i ise ilköğretim mezunu olarak bulunmuştur. Katılımcıların %62'i çalışan ebeveynlerden oluşmaktadır. Katılımcıların sosyoekonomik düzeyleri (SED) incelendiğinde, en büyük paya sahip grubun %65.7 ile orta SED olduğu belirlenmiştir. Bunu, %26.4 ile yüksek SED'e sahip katılımcılar takip etmekte; en düşük payı ise %8 oranıyla düşük SED grubundaki katılımcılar oluşturmaktadır. Araştırmaya katılan ebeveynlerin çocuklarının yaş ortalaması *Ort.* = 9.92 (*SS* = 3.27) olarak bulunmuştur. Araştırmadaki katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde %38'inin iki kere farklı çocuğa sahip olduğu; %62'sinin ise üstün potansiyelli çocuğa sahip olduğu belirlenmiştir.

2.2. Veri Toplama Araçları

Demografik Bilgi Formu: Araştırmacılar tarafından sosyodemografik yapıları incelemek amacıyla hazırlanan kişisel bilgi formunda ebeveynlerin yaşı, cinsiyeti, medeni durumu, eğitim düzeyi, algılanan ekonomik düzeyi, çocuk sayısı, evlilik şekli, evlilik süresi ile birlikte çocuğun yaşı ve cinsiyeti, çocuğun var olan tanıları ile ilgili soruları yer almıştır.

Ebeveyn Tükenmişlik Ölçeği*:* Mikolajczak ve Roskam (2019) tarafından ebeveynlerin anne baba olma görevini yerine getirmeye çalışırken yaşadıkları stres faktörlerinin incelenmesi ve yordanması amaçlanarak oluşturulmuştur. Ölçeği Türkçeye uyarlanması ise Arıkan, Budak ve Akgün (yıl) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçek 7'li Likert şeklinde (0- *hiçbir zaman*, 6- *her gün*) hazırlanmış olup iç tutarlık katsayısı .90'dır ve toplam 23 maddeden oluşmaktadır (örnek madde; 6- Anne-babalık rolüme (anne-baba olmaya) tahammül edemiyorum) (Arıkan, Budak, Akgün, Mikolajczak ve Roskam, 2020). Ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısı .97 olarak bulunmuştur.

Birlikte Ebeveynliğin Değerlendirilmesi Ölçeği*:* Katılımcıların birlikte ebeveynlik değerinin belirlenmesi amacıyla Mollà Cusí ve arkadaşları (2024) tarafından geliştirilen 16 maddelik Birlikte Ebeveynliğin Değerlendirilmesi Ölçeği kullanılmıştır. Türkçe uyarlaması Akgöz Aktaş ve Kındap Tepe (2025) tarafından yapılan ölçeğin iç tutarlık katsayısı .95 olup toplam 16 maddeden oluşmaktadır. Puanlaması 5'li Likert, 1-*Asla* 5-*Her zaman*, şeklinde yapılmaktadır. Yapılan analizlerde ölçeğin güvenirlik katsayısı .97 olarak bulunmuştur.

Ebeveyn Öz Yeterlilik Ölçeği*:* Ebeveynlerin öz yeterliliğini ölçmek amacıyla Priscilla K. Coleman ve Katherine H. Karraker tarafından (2000) yılında geliştirilen Ebeveyn Öz Yeterliliği Ölçeğinin Çiğdem Kotil tarafından yapılan Türkçe uyarlamasından yararlanılmıştır. Ölçeğin iç tutarlık katsayısı .91'dir. Ölçek toplam 20 maddeden oluşmakta ve 5 alt boyutu bulunmaktadır. Ölçekte ters maddeler olup puanlaması 6'lı Likert (1- *tamamen katılmıyorum*, 6- *tamamen katılıyorum*) şeklindedir. Bu araştırma kapsamında ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısı .80 olarak hesaplanmıştır.

Kısa Psikolojik Sağlamlık Ölçeği*:* Ebeveynlerin psikolojik sağlamlık düzeyini belirlemek amacıyla Kısa Psikolojik Sağlamlık Ölçeğinin (KPSÖ) Doğan, tarafından geliştirilen Türkçe uyarlaması kullanılmıştır. İç tutarlık katsayısı .83 olan ölçek 6 maddeden oluşmaktadır; 2,4 ve 6. maddeleri ters puanlama ile hesaplanmaktadır, ölçek puanlaması 5'li likert (1-*Hiç uygun değil*, 5-*Tamamen uygun*) kullanılarak yapılmaktadır. Bu araştırma kapsamında ölçeğin cronbach iç tutarlılık katsayısı .80 olarak bulunmuştur.

İşlem: Araştırma verileri toplanmadan önce Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşerî bilimler araştırma ve yayın etiği kurulundan ve İl ve İlçe Milli eğitim Müdürlüğünden gerekli izinler alınmıştır (Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu, 2023-657 sayılı karar). Daha sonra Samsun ilinde bulunan BİLSEM kurumları ziyaret edilerek üstün potansiyelli olduğu belirlenen çocukların ebeveynlerine kurum aracılığıyla daha önceden hazırlanan çevrimiçi anket ulaştırılmıştır. Anket formunun çevrimiçi hali ise çeşitli sosyal medya platformları aracılığıyla üstün potansiyelli olduğu bilinen çocukların

ebeveynlerine ulaştırılmıştır. Anket formunda yer alan Bilgilendirilmiş Onam Formu ile katılımcılara çalışmanın amacı açıklanarak çalışmaya katılımın gönüllülük esasına dayandığı bildirilmiş ve katılımcıların onayı alınmıştır.

Verilerin Analizi: Araştırma verileri toplandıktan sonra SPSS 26.0 paket programına aktarılmış ve veri temizleme işlemleri yapılmıştır. Verilerin analizinde öncelikle normallik sayıltıları incelenmiş; basıklık ve çarpıklık değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu saptanmıştır. Değişkenlerin demografik özelliklere (tanı durumu, terapi durumu ve çalışma durumu) göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) uygulanmıştır. Analizlerde varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği Box's M testi ile, hata varyanslarının homojenliği ise Levene testi ile kontrol edilmiştir. Box's M testinin anlamlı çıktığı durumlarda sonuçların yorumlanmasında Pillai's Trace istatistiği esas alınmıştır.

BULGULAR

Araştırmada ele alınan değişkenlerin iki kere farklı olup olmama durumuna göre incelenmesi

Çocukların iki kere farklı olup olmama durumuna göre birlikte ebeveynlik, ebeveyn öz-yeterliliği, ebeveyn tükenmişliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde varsayımlar incelenmiştir. Box's M testi kovaryans matrislerinin eşitliği varsayımının sağlandığını göstermiştir (Box's M = 18.70, $F(10, 112848.67) = 1.82$, $p = .05$). Levene testleri incelendiğinde birlikte ebeveynlik ($p = .254$), ebeveyn öz-yeterliliği ($p = .548$) ve psikolojik sağlamlık (p = .074) için varyans homojenliği varsayımının sağlandığı görülmüştür. Ebeveyn tükenmişliği için Levene testi anlamlıdır ($p = .023$); ancak grup büyüklüklerinin görece dengeli olması ($n_1 = 103$, $n_2 = 73$) ve analiz yönteminin bu ihlale karşı görece dayanıklı olması nedeniyle analiz sürdürülmüştür. İki kere farklı olup olmamanın bağımlı değişkenler üzerindeki çok değişkenli etkisi anlamlı bulunmuştur. Pillai's Trace = .067, $F(4, 171) = 3.08$, $p = .018$, $\eta p^2 = .067$. Yapılan ileri analiz sonucunda birlikte ebeveynlik $F(1, 174) = 3.85$, $p = .051$, $\eta p^2 = .022$; ebeveyn öz-yeterliliği $F(1, 174) = 5.15$, $p = .024$, $\eta p^2 = .029$; ebeveyn tükenmişliği $F(1, 174) = 9.02$, $p = .003$, $\eta p^2 = .049$ iki kere farklı olup olmama durumuna göre anlamlı farklılık gösterdiği buna karşı psikolojik sağlamlık puanlarının iki kere farklı olup olmama durumuna göre anlamlı farklılık göstermemiştir $F(1, 174) = 0.64$, $p = .424$, $\eta p^2 = .004$. Ortalamalar incelendiğinde, iki kere farklı çocuğa sahip ebeveynlerin daha düşük birlikte ebeveynlik (*Ort.* = 3.59, *SS* = 0.91) ve ebeveyn öz-yeterliliği (*Ort.* = 3.88, *SS* = 0.48) puanlarına; daha yüksek ebeveyn tükenmişliği düzeyine (*Ort.* = 0.13, *SS* = 0.07) sahip oldukları görülmektedir. Psikolojik sağlamlık puanları gruplar arasında benzer düzeydedir.

Tablo 1

İki Kere Farklı Durumuna Göre Değişkenlere İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	İki kere farklı değil (n = 103) M (SS)	İki kere farklı (n = 73) M (SS)	$F(1, 174)$	p	$\eta^2 p$
Birlikte ebeveynlik	3.89 (1.08)	3.59 (0.91)	3.85	.051	.022
Ebeveyn öz yeterliği	4.03 (0.45)	3.88 (0.48)	4.59	.034	.026
Ebeveyn tükenmişliği	0.10 (0.06)	0.13 (0.07)	9.02	.003	.049
Psikolojik sağlamlık	3.43 (0.80)	3.34 (0.68)	0.64	.424	.004

Araştırmada ele alınan değişkenlerin çocuğun terapiye devam edip etmeme durumuna göre incelenmesi

Çocuğun herhangi bir terapiye devam edip etmemesine göre birlikte ebeveynlik, ebeveyn öz-yeterliliği, ebeveyn tükenmişliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesine varyans kovaryans matriksinin homojenliği test edilmiştir. Box's M testi kovaryans matrislerinin eşitliği varsayımının sağlandığını göstermiştir (Box's M = 17.39, $F(10, 43992.76) = 1.68$, $p = .078$). Levene testleri birlikte ebeveynlik ($p = .189$), ebeveyn öz-yeterliliği ($p = .576$) ve psikolojik sağlamlık ($p = .079$) için varyans homojenliği varsayımının sağlandığını göstermektedir. Ebeveyn tükenmişliği için Levene testi anlamlıdır ($p = .014$); ancak grup büyüklüklerinin görece dengeli olması ($n_1 = 51$, $n_2 = 125$) nedeniyle analiz sürdürülmüştür. Terapi alıp almamanın bağımlı değişkenler üzerindeki çok değişkenli etkisi anlamlı bulunmuştur Pillai's Trace = .062, $F(4, 171) = 2.84$, $p = .026$, $\eta p^2 = .062$. Bu bulgu, çocuğun terapiye devam etme durumunun bağımlı değişkenlerin birleşimi üzerinde küçük-orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. İleri analiz sonucunda birlikte ebeveynlik puanları terapi durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmıştır, $F(1, 174) = 4.44$, $p = .036$, $\eta p^2 = .025$. Buna karşı ebeveyn öz-yeterliliği $F(1, 174) = 2.22$, $p = .138$, $\eta p^2 = .013$; ebeveyn tükenmişliği $F(1, 174) = 2.43$, $p = .121$, $\eta p^2 = .014$; psikolojik sağlamlık puanları terapi alıp almamaya göre anlamlı farklılık göstermemiştir $F(1, 174) = 0.59$, $p = .443$, $\eta p^2 = .003$. Ortalamalar incelendiğinde terapiye devam eden çocukların (*Ort.* = 3.51, *SS* = 1.07) ebeveynlerinin terapiye gitmeyen çocukların ebeveynlerine göre (*Ort.* = 3.87, *SS* = 0.98) daha düşük birlikte ebeveynlik puanları bildirdikleri görülmüştür.

Tablo 2

Çocuğun Herhangi Bir Terapiye Gitme Durumuna Göre Değişkenlere İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	Evet (n = 51) *M (SS)*	Hayır (n = 125) *M (SS)*	$F(1, 174)$	p	η^2p
Birlikte ebeveynlik	3.51 (1.07)	3.87 (0.98)	4.44	.036	.025
Ebeveyn öz yeterliği	4.05 (0.44)	3.93 (0.48)	2.22	.138	.013
Ebeveyn tükenmişliği	0.12 (0.07)	0.11 (0.06)	2.43	.121	.014
Psikolojik sağlamlık	3.32 (0.65)	3.42 (0.79)	0.59	.443	.003

Üstün yetenekli çocuğa sahip ebeveynlerin çalışma durumuna göre birlikte ebeveynlik, ebeveyn tükenmişliği, ebeveyn öz yeterlilik ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin incelenmesi

Üstün yetenekli çocuğa sahip ebeveynlerin çalışma durumuna (çalışıyor / çalışmıyor) göre birlikte ebeveynlik, ebeveyn tükenmişliği, ebeveyn özyeterliliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla tek faktörlü çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) uygulanmıştır. Analiz öncesinde varsayımlar incelenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğine ilişkin Box's M testi anlamlı bulunmuştur, *Box's M* = 19.83, $F(10, 109334.32) = 1.93$, $p = .036$. Bu nedenle çok değişkenli sonuçların yorumlanmasında *Pillai's Trace* istatistiği esas alınmıştır. Hata varyanslarının homojenliğine ilişkin Levene testleri, tüm bağımlı değişkenler için anlamlı değildir ($ps > .05$), bu durum varyans homojenliği varsayımının sağlandığını göstermektedir. MANOVA sonuçları,

ebeveynlerin çalışma durumunun birlikte ebeveynlik, ebeveyn tükenmişliği, ebeveyn özyeterliliği ve psikolojik sağlamlık değişkenlerinden oluşan çok değişkenli yapı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermiştir, *Pillai's Trace* = .001, $F(4, 171) = 0.06$, $p = .992$, $\eta p^2 = .001$. Çok değişkenli analiz sonuçları doğrultusunda gerçekleştirilen tek değişkenli varyans analizleri de benzer biçimde, çalışma durumuna göre hiçbir bağımlı değişkende anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Birlikte ebeveynlik puanları, çalışma durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmamaktadır, $F(1, 174) = 0.001$, $p = .977$, $\eta p^2 < .001$. Benzer şekilde, ebeveyn tükenmişliği ($F(1, 174) = 0.17$, $p = .677$, $\eta p^2 = .001$), ebeveyn özyeterliliği ($F(1, 174) = 0.001$, $p = .970$, $\eta p^2 < .001$) ve psikolojik sağlamlık ($F(1, 174) = 0.003$, $p = .956$, $\eta p^2 < .001$) düzeyleri de ebeveynlerin çalışma durumuna göre anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Tablo 3.

Çalışma Durumuna Göre Değişkenlere İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	Evet (n = 104) *M (SS)*	Hayır (n = 72) *M (SS)*	$F(1, 174)$	p	η^2p
Birlikte ebeveynlik	3.77 (1.08)	3.76 (0.92)	0.001	.977	.000
Ebeveyn öz yeterliği	3.96 (0.43)	3.97 (0.52)	0.02	.892	.000
Ebeveyn tükenmişliği	0.11 (0.06)	0.11 (0.06)	0.17	.677	.001
Psikolojik sağlamlık	3.39 (0.73)	3.40 (0.80)	0.003	.956	.000

TARTIŞMA

Araştırmada yapılan ileri analizler sonucunda iki kere farklı çocuğa sahip olup olmama durumunun birlikte ebeveynlik, ebeveyn öz-yeterliliği ve ebeveyn tükenmişliği üzerinde anlamlı farklılık yarattığı bulunmuştur. Bu araştırmada "iki kere farklı" kavramı; özel yetenekle birlikte özel öğrenme güçlüğü, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), otizm spektrum bozukluğu (OSB), dil ve konuşma bozukluğu ya da sosyal-duygusal gelişim bozukluğu gibi ek gelişimsel özelliklerden bir veya birkaçına sahip bireyleri ifade etmektedir. Bulgular, iki kere farklı çocuğa sahip ebeveynlerin daha düşük birlikte ebeveynlik ve ebeveyn öz-yeterliliği düzeylerine; buna karşılık daha yüksek ebeveyn tükenmişliği düzeyine sahip olduklarını göstermektedir. Nitekim ebeveyn tükenmişliğinin tanı grubuna göre en yüksek etki büyüklüğüne sahip değişken olduğu görülmektedir. Psikolojik sağlamlık düzeylerinin ise gruplar arasında anlamlı biçimde farklılaşmadığı görülmüştür. Bu bulgu, iki kere farklı çocukların çok yönlü gelişimsel ihtiyaçlarının ebeveynlik süreçlerini daha karmaşık hale getirebilmesiyle açıklanabilir. İki kere farklı çocuklar hem üstün bilişsel potansiyele hem de eş zamanlı gelişimsel, davranışsal veya öğrenme temelli güçlükler yaşayabildikleri için ebeveynlerin çocuklarının ihtiyaçlarını anlaması, uygun eğitim ve destek kaynaklarına ulaşması ve farklı alanlarda eş zamanlı destek sağlaması gerekebilmektedir (Baum vd., 2017). Duplenne ve Bourdin (2025), bu ebeveynlerin (özellikle annelerin) yaşadığı stresin klinik sınırlara dayanarak artık baş edilemez bir seviyeye geldiğini ve kendilerini kapana kısılmış hissettiklerini saptamıştır. Bu durum ebeveynler arasında rol paylaşımı ve iş birliğini zorlaştırarak birlikte ebeveynlik süreçlerini olumsuz etkileyebilir. Feinberg (2003), birlikte ebeveynliğin ebeveynler arası koordinasyon, destek ve ortak problem çözme becerileriyle ilişkili olduğunu; çocuk bakım yükünün artmasının bu süreçleri zorlaştırabileceğini belirtmektedir. İki kere farklı çocuğa sahip ebeveynlerde ebeveyn öz-yeterliliğinin daha düşük bulunması da literatürle uyumludur. Bandura'ya (1997) göre öz-yeterlilik, bireyin belirli görevleri başarıyla yerine getirebileceğine ilişkin inancını ifade etmektedir. İki kere farklı çocukların hem akademik hem davranışsal hem de sosyal-duygusal alanlarda eş zamanlı destek gerektirmesi ebeveynlerin kendilerini yetersiz hissetmelerine yol açabilmektedir.

Özellikle DEHB, OSB ve öğrenme güçlüğü gibi durumların eşlik ettiği çocukların ebeveynlerinde ebeveynlik stresi ve yetersizlik algısının arttığı bildirilmektedir (Hayes ve Watson, 2013; Karande vd., 2009). Ayrıca özel yetenekli çocukların ihtiyaçlarının çoğu zaman yanlış anlaşılması veya göz ardı edilmesi de ebeveynlerin destek sistemlerine erişimini zorlaştırabilmektedir (Foley-Nicpon vd., 2011). Araştırmada ebeveyn tükenmişliği düzeyinin daha yüksek bulunması da mevcut literatürü desteklemektedir. Mikolajczak ve Roskam (2018), ebeveyn tükenmişliğinin uzun süreli ebeveynlik stresi, yoğun bakım sorumluluğu ve sınırlı psikolojik kaynaklarla ilişkili olduğunu vurgulamaktadır. İki kere farklı çocukların ebeveynleri, çocuklarının hem üstün potansiyellerini destekleme hem de gelişimsel güçlükleriyle baş etme sorumluluğunu aynı anda taşıdıkları için kronik stres yaşayabilmektedir. Özellikle davranışsal düzenleme güçlükleri, akademik uyum sorunları ve sosyal ilişkilerde yaşanan problemler ebeveyn tükenmişliğini artırabilmektedir (Roskam vd., 2018). Bu nedenle mevcut çalışmada ebeveyn tükenmişliğinin daha yüksek bulunması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Buna karşın psikolojik sağlamlık düzeylerinin gruplar arasında farklılaşmaması dikkat çekicidir. Bu bulgu, psikolojik sağlamlığın yalnızca çocuğun özelliklerinden değil; ebeveynin kişilik yapısı, sosyal destek sistemleri, baş etme becerileri ve aile dayanıklılığı gibi koruyucu faktörlerden etkilendiğini düşündürmektedir. Masten (2001), psikolojik sağlamlığın stresin yokluğu değil, stres karşısında uyum sağlayabilme kapasitesi olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla iki kere farklı çocuğa sahip ebeveynler yüksek düzeyde stres yaşasalar bile zaman içinde geliştirdikleri baş etme stratejileri sayesinde psikolojik sağlamlıklarını koruyabiliyor olabilirler. Bu durum, iki kere farklı çocuk yetiştirmenin özellikle ebeveynlerin duygusal ve fiziksel kaynaklarını tüketme riski taşıdığını göstermektedir. Ancak birlikte ebeveynlik ve öz-yeterlilik üzerindeki etkilerin düşük düzeyde olması, bu değişkenlerin yalnızca çocuğun özellikleriyle değil; aile içi iletişim, sosyal destek ve ekonomik koşullar gibi çok boyutlu faktörlerle ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak mevcut bulgular, iki kere farklı çocuk sahibi ebeveynlerin ebeveynlik süreçlerinde daha fazla destek ihtiyacı yaşayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle ailelere yönelik psikoeğitim programlarının, ebeveyn destek gruplarının ve çok disiplinli danışmanlık hizmetlerinin yaygınlaştırılması önemli olabilir.

Araştırmada birlikte ebeveynlik puanlarının çocukların terapiye devam etme durumuna göre anlamlı biçimde farklılaştığı bulunmuştur. Bulgular, terapiye devam eden çocukların ebeveynlerinin birlikte ebeveynlik puanlarının terapiye gitmeyen çocukların ebeveynlerine kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, profesyonel yardım arayışının genellikle aile içi kaynakların ve eş desteğinin tükendiği kriz dönemlerinde başladığını savunan görüşle örtüşmektedir (Quittner vd., 1998). Buna karşın ebeveyn öz-yeterliliği, ebeveyn tükenmişliği ve psikolojik sağlamlık puanlarının terapi durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı görülmüştür. Birlikte ebeveynlik düzeyindeki farklılık, terapi sürecinin aile içi iş birliği ve ebeveynlik koordinasyonu üzerinde oluşturduğu ek yüklerle açıklanabilir. Özellikle özel gereksinimli veya iki kere farklı çocukların terapi süreçleri; randevu planlamaları, eğitimsel kararlar, uzmanlarla iletişim ve çocuğun ihtiyaçlarına yönelik yoğun ebeveyn katılımı gerektirmektedir. Bu durum ebeveynler arasında bakım sorumluluklarının paylaşımı konusunda gerilim yaratabilmekte ve birlikte ebeveynlik algısını olumsuz etkileyebilmektedir. Feinberg (2003), birlikte ebeveynliğin ebeveynler arası destek, iş birliği ve ortak problem çözme süreçlerinden etkilendiğini; stres düzeyinin artmasının bu süreçleri zayıflatabileceğini belirtmektedir. Terapiye devam eden çocukların ebeveynlerinde birlikte ebeveynlik puanlarının daha düşük bulunması, terapi sürecinin aile sisteminde ek bir organizasyonel ve duygusal yük oluşturduğunu düşündürmektedir. Özellikle çocuğun ihtiyaçlarına ilişkin karar verme süreçlerinde ebeveynler arasında görüş ayrılıkları

yaşanabilmekte, bu durum ebeveynlik iş birliğini zorlaştırabilmektedir. Literatürde özel gereksinimli çocuk ebeveynlerinin bakım koordinasyonu, tedavi süreçleri ve eğitimsel beklentiler nedeniyle daha yüksek aile içi stres yaşadığı bildirilmektedir (Karst ve Van Hecke, 2012). Ayrıca terapötik süreçlerin uzun süreli ve yoğun olması ebeveynlerin ortak ebeveynlik deneyimini olumsuz etkileyebilmektedir. Buna karşı ebeveyn öz-yeterliliği puanlarının terapi durumuna göre anlamlı farklılık göstermemesi dikkat çekicidir. Bu bulgu, terapiye katılımın ebeveynlerin çocuk yetiştirme konusundaki yeterlilik algısını doğrudan azaltmadığını düşündürmektedir. Hatta bazı çalışmalar terapi süreçlerinin ebeveynlerin çocuklarının ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olarak ebeveynlik becerilerini destekleyebileceğini belirtmektedir (Brookman-Frazee vd., 2006). Bu nedenle terapi sürecinin ebeveynlik öz-yeterliliği üzerinde hem destekleyici hem zorlayıcı etkiler oluşturabileceği değerlendirilebilir. Benzer şekilde ebeveyn tükenmişliği düzeylerinin terapi durumuna göre anlamlı farklılık göstermemesi, ebeveyn tükenmişliğinin yalnızca terapiye katılım gibi tek bir değişkenle açıklanamayacağını düşündürmektedir. Mikolajczak ve Roskam'a (2018) göre ebeveyn tükenmişliği; kronik stres, sosyal destek eksikliği, ekonomik yük ve ebeveynin psikolojik kaynakları gibi çok boyutlu etmenlerden etkilenmektedir. Dolayısıyla terapi süreci bazı ebeveynler için ek yük oluştururken, bazı ebeveynler için destekleyici bir kaynak işlevi görebilir. Psikolojik sağlamlık puanlarının gruplar arasında farklılaşmaması ise psikolojik sağlamlığın daha stabil bireysel özellikler ve baş etme becerileriyle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Masten (2001), psikolojik sağlamlığın bireyin stres karşısında uyum sağlayabilme kapasitesiyle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bu doğrultuda terapi süreci ebeveynlerin günlük işlevlerini zorlaştırsa bile psikolojik sağlamlık düzeylerini doğrudan etkilememiş olabilir. Etki büyüklükleri incelendiğinde birlikte ebeveynlik üzerindeki etkinin düşük düzeyde olduğu görülmektedir ($\eta p^2 = .025$). Bu durum terapi durumunun birlikte ebeveynlik üzerinde belirli bir etkisi olduğunu ancak bu ilişkinin başka değişkenlerden de etkilendiğini düşündürmektedir. Özellikle sosyal destek, eş ilişkisi kalitesi, ekonomik kaynaklar ve çocuğun semptom şiddeti gibi değişkenlerin gelecekteki araştırmalarda birlikte ele alınması önerilebilir.

Araştırmada birlikte ebeveynlik, ebeveyn tükenmişliği, ebeveyn öz-yeterliliği ve psikolojik sağlamlık düzeylerinin ebeveynlerin çalışma durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı bulunmuştur. Bu bulgu, ebeveynlerin çalışıp çalışmama durumunun tek başına aile işlevselliği ve ebeveynlik süreçleri üzerinde belirleyici bir değişken olmayabileceğini düşündürmektedir. Başka bir ifadeyle, ebeveynlik süreçlerini etkileyen faktörlerin yalnızca ekonomik ya da mesleki durumla sınırlı olmadığı; sosyal destek, aile içi ilişki dinamikleri, bakım yükü ve bireysel baş etme becerileri gibi çok boyutlu değişkenlerle ilişkili olduğu söylenebilir. Birlikte ebeveynlik puanlarının çalışma durumuna göre farklılaşmaması, ebeveynler arası iş birliği ve koordinasyonun yalnızca ebeveynin çalışma yaşamına bağlı olmadığını göstermektedir. Gove ve Zeigler (1987) çalışmanın bir "sosyal kaçış" sağlayarak tükenmişliği azaltabileceğini iddia etse de 2f çocuk ebeveynliğinin gerektirdiği yoğun duygusal emek, iş hayatının sunduğu bu olası desteği gölgede bırakacak kadar baskın görünmektedir. Feinberg'e (2003) göre birlikte ebeveynlik; ebeveynlerin birbirlerini destekleme düzeyi, iletişim biçimleri ve ortak ebeveynlik sorumluluklarını nasıl paylaştıklarıyla ilişkilidir. Dolayısıyla ebeveynlerden birinin çalışıyor olması, ebeveynlik iş birliğini doğrudan belirleyen bir unsur olmayabilir. Özellikle günümüzde esnek çalışma modelleri, geniş aile desteği ve bakım paylaşımındaki değişimler çalışma durumunun etkisini azaltıyor olabilir. Benzer şekilde ebeveyn tükenmişliği düzeylerinin çalışma durumuna göre farklılaşmaması da dikkat çekicidir. Literatürde ebeveyn tükenmişliğinin yalnızca iş yükünden değil; kronik ebeveynlik stresi, sosyal destek eksikliği, mükemmeliyetçilik eğilimleri ve duygusal kaynakların tükenmesi gibi faktörlerden

etkilendiği belirtilmektedir (Mikolajczak ve Roskam, 2018). Bu nedenle çalışmayan ebeveynlerin ev içi bakım yükü nedeniyle benzer düzeyde stres yaşayabilmesi, çalışan ebeveynlerin ise ekonomik güvence ve sosyal etkileşim sayesinde bazı koruyucu faktörlere sahip olması olasıdır. Böylece çalışma durumunun ebeveyn tükenmişliği üzerinde dengeleyici etkiler oluşturduğu düşünülebilir. Ebeveyn öz-yeterliliği puanlarının da çalışma durumuna göre anlamlı farklılık göstermemesi, ebeveynlik yeterlilik algısının daha çok bireyin ebeveynlik deneyimleri ve psikolojik kaynaklarıyla ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Bandura'nın (1997) sosyal bilişsel kuramına göre öz-yeterlilik, bireyin belirli görevleri başarıyla yerine getirebileceğine ilişkin inancını ifade etmektedir. Bu bağlamda ebeveynlerin çalışma durumundan bağımsız olarak çocuklarıyla kurdukları ilişki, sosyal destek düzeyi ve ebeveynlik deneyimleri öz-yeterlilik algısını daha güçlü biçimde etkiliyor olabilir. Psikolojik sağlamlık düzeylerinin çalışma durumuna göre farklılaşmaması ise psikolojik sağlamlığın daha stabil bireysel özellikler ve baş etme mekanizmalarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Masten (2001), psikolojik sağlamlığı bireyin stresli yaşam olaylarına rağmen uyum sağlayabilme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Bu doğrultuda çalışıyor olmak ya da olmamak tek başına psikolojik sağlamlığı belirleyen bir unsur olmayabilir. Özellikle aile desteği, sosyal çevre, ekonomik kaynaklar ve kişisel baş etme becerileri psikolojik sağlamlık üzerinde daha etkili olabilir. Sonuç olarak mevcut bulgular, ebeveynlerin çalışma durumunun birlikte ebeveynlik, ebeveyn tükenmişliği, ebeveyn öz-yeterliliği ve psikolojik sağlamlık üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Gelecek araştırmalarda çalışma koşullarının niteliği, iş-yaşam dengesi, ekonomik stres, sosyal destek düzeyi ve bakım yükü gibi değişkenlerin birlikte incelenmesi önerilebilir.

KAYNAKÇA

Abacı, N. (2019). *Evlilik ve yakın ilişkiler.* Pegem Yayınları.

Akman, B., Üstün, E. ve Kargı, E. (2003). Özel gereksinimli çocuklarda sosyal beceri eğitiminin önemi. *OMEP 2003 Dünya Konsey Toplantısı ve Konferansı Bildiri Kitabı III.*

Akoğlu, B. (2022). Özel gereksinimi olan çocuğa sahip bireylerde psikolojik sağlamlık üzerine sistematik bir derleme. *Mutluluk ve İyi Oluş Dergisi, 7*(13), 47-56.

Aksoy, V. ve Diken, İ. H. (2009). Annelerin ebeveynlik öz yeterlik algıları ile gelişimi risk altında olan bebeklerin gelişimleri arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalara bir bakış. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 10*(1), 59-70.

Al-Hroub, A. ve Whitebread, D. (2019). Dynamic assessment for identification of twice-exceptional learners exhibiting mathematical giftedness and specific learning disabilities. *Roeper Review, 41*(2), 129-142. https://doi.org/10.1080/02783193.2019.1585396

Amerikan Psikiyatri Birliği. (2013). *Ruhsal bozuklukların tanısal ve sayımsal elkitabı, beşinci baskı (DSM-5), Tanı ölçütleri başvuru elkitabı* (Çev. Ed.: E. Köroğlu). Hekimler Yayın Birliği.

Amran, H. A. ve Majid, R. A. (2019). Learning strategies for twice-exceptional students. *International Journal of Special Education, 33*(4), 954-976.

Araya-Rojas, P., Santelices, M., Oyarce, D., Escobar, J. ve van Bakel, H. V. (2024). Parental burnout and coparental cooperation in Chile during lockdown for COVID-19. *Psychology, Society & Education*.

Arıkan, G. ve Çakmak, S. (2024). Tükenmişlikten ebeveyn tükenmişliğine: Bakım vermek nasıl bir yük haline gelir? *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 16*(1), 185-202.

Assouline, S. G. ve Whiteman, C. S. (2011). Twice-exceptionality: Implications for school psychologists in the post–IDEA era. *Journal of Applied School Psychology, 27*(4), 1-19. https://doi.org/10.1080/15377903.2011.616576

Aşkar, P. ve Umay, A. (2001). İlköğretim matematik öğretmenliği öğrencilerinin bilgisayarla ilgili öz-yeterlik algısı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*, 1-8.
Aydogan, D. ve Ozbay, Y. (2018). Mediation role of dyadic coping on parenting stress and relational resilience in couples. *Marriage ve Family Review, 54*(2), 128–147.
Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
Baum, S. M., Schader, R. M. ve Hébert, T. P. (2017). *Through a different lens: Reflecting on a strengths-based, talent-focused approach for twice-exceptional learners*. Prufrock Press.
Bell, C. A. (2020). Endrew's impact on twice-exceptional students. *William & Mary Law Review, 61*(3), 845-884.
Brookman-Frazee, L., Stahmer, A., Baker-Ericzén, M. J. ve Tsai, K. (2006). Parenting interventions for children with autism spectrum and disruptive behavior disorders: Opportunities for cross-fertilization. *Clinical Child and Family Psychology Review, 9*(3–4), 181–200. https://doi.org/10.1007/s10567-006-0010-4
Buică-Belciu, C. ve Popovici, D. V. (2014). Being twice exceptional: Gifted students with learning disabilities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 127*, 519-523. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.302
Çalışkan, M. (2017). *Üstün yetenekli çocuklara sahip ailelerin aile işlevselliği* [Yüksek Lisans Tezi]. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık Anabilim Dalı.
Çatal, M. T. ve Kalkan, M. (2019). Evli bireylerin evlilik değerleri evlilik doyumu ve evlilik tipleri (Yayınlanmamış doktora tezi). Muhammed Yıldız.
Çelikten, Y. (2017). Üstün yetenekli çocuklar ve BİLSEM. *Turkish Journal of Educational Studies, 4*(3), 32-48.
Dağlıoğlu, H. E. ve Alemdar, M. (2010). Üstün yetenekli bir çocuğun ebeveyni olmak. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, *18*(3), 849–860.
Del Ciampo, L. D. ve Del Ciampo, I. R. L. (2025). Parental burnout. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*.
Demirkaya, H., Ünal, O. ve Bozan, İ. (2021). Ebeveynlerinin bakış açısından üstün yetenekli çocuklar. *Trakya Eğitim Dergisi, 11*(3), 1671-1687.
Dimala, C. P., Rahman, P. R. U., Tourniawan, I. ve Ramadan, R. (2024). Stress and burnout for parents of children with special needs: A review from resilience and social support. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, *19*(1), 25-30.
Dinç, T. ve Çok, F. (2026). Parental burnout, stress and relational resilience among parents. *Journal of Child Development and Education*, *2*(1), 33-42. https://doi.org/10.1002/cad.20386-4851162.pdf]
Doğan, S. (2010). Zihin engelli çocuğu olan ailelerin eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi.
Duplenne, L. ve Bourdin, B. (2025). Investigation of parental stress in parents of children with high intellectual potential. *Gifted Education International*, *0*(0), 1-26. https://doi.org/10.1177/02614294251335557
Erbek, E., Beştepe, E., Akar, H., Eradamlar, N. ve Alpkan, R. L. (2005). Evlilik uyumu. *Düşünen Adam, 18*(1), 3947.
Favez, N., Max, A., Bader, M. ve Tissot, H. (2022). When not teaming up puts parents at risk: Coparenting and parental burnout in dual-parent heterosexual families in Switzerland. *Family Process*.
Favez, N. ve Bader, M. (2024). Non-supportive coparenting and a high interdependent self-construal as risk factors for parental burnout in mothers and fathers in Switzerland. *Marriage & Family Review, 60*, 295–315.

Feinberg, M. E. (2003). The internal structure and ecological context of coparenting: A framework for research and intervention. *Parenting: Science and Practice, 3*(2), 95–131. https://doi.org/10.1207/S15327922PAR0302_01
Fletcher, D. ve Sarkar, M. (2013). Psychological resilience. *European Psychologist, 18*(1), 12-23.
Foley-Nicpon, M., Allmon, A., Sieck, B. ve Stinson, R. D. (2011). Empirical investigation of twice-exceptionality: Where have we been and where are we going? *Gifted Child Quarterly, 55*(1), 3–17. https://doi.org/10.1177/0016986210382575
Gizer, D. (2022). *Üstün yetenekli çocukların ebeveynlerinin mükemmeliyetçilikleri ile stres algıları ve psikopatoloji düzeylerinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Psikoloji Anabilim Dalı.
Gottman, J. M. ve Levenson, R. W. (1992). Marital processes predictive of later dissolution: Behavior, physiology, and health. *Journal of Personality and Social Psychology*, *63*(2), 221–233.
Gökçakan, Z. ve Murat, M. (2007). Sınıf öğretmenlerinde on yıllık hizmet sürecinde tükenmişliğin gelişimine yönelik bir haritalama çalışması. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 5*(3), 177-185.
Güngör, H. C. (2007). Evlilik doyumunu açıklamaya yönelik bir model geliştirme (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
Hayes, S. A. ve Watson, S. L. (2013). The impact of parenting stress: A meta-analysis of studies comparing the experience of parenting stress in parents of children with and without autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(3), 629–642. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1604-y
Kaçmaz, N. (2005). Tükenmişlik (burnout) sendromu. *Journal of Istanbul Faculty of Medicine, 68*(1), 29-32.
Kalkişim, K. (2019). The relationship of children behavioral problems, parental burnout, emotion regulation strategies and mental health problems with each other. Bahcesehir University, İstanbul.
Kaplan, K. (2016). Evli bireylerde toplumsal cinsiyet rollerine ilişkin tutumların, evlilik doyumuna ve psikolojik iyi oluş durumuna etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Beykent Üniversitesi, İstanbul.
Kapucuoğlu, T. (2023). Okul öncesi dönem çocukların duygu düzenleme becerilerinin ve ego sağlamlıklarının ebeveynlerinin ebeveynlik stilleri ve birlikte ebeveynlikleri açısından incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
Karaırmak, Ö. (2006). Psikolojik sağlamlık, risk faktörleri ve koruyucu faktörler. *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi, 3*(26), 129-142.
Karande, S., Kumbhare, N., Kulkarni, M. ve Shah, N. (2009). Anxiety levels in mothers of children with specific learning disability. *Journal of Postgraduate Medicine, 55*(3), 165–170. https://doi.org/10.4103/0022-3859.57394
Karst, J. S. ve Van Hecke, A. V. (2012). Parent and family impact of autism spectrum disorders: A review and proposed model for intervention evaluation. *Clinical Child and Family Psychology Review, 15*(3), 247–277. https://doi.org/10.1007/s10567-012-0119-6
Kenan, S. (2020). Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanısı alan çocuk ve ergenlerin annelerindeki tükenmişlik düzeyi ve algılanan sosyal destek arasındaki ilişkinin incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Gelişim Üniversitesi.
Kotaman, H. (2008). Özyeterlilik inancı ve öğrenme performansının geliştirilmesine ilişkin yazın taraması. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*(1), 111-133.

Macias, M. M., Saylor, C. F., Rowe, B. P. ve Bell, N. L. (2003). Age-related parenting stress differences in mothers of children with spina bifida. *Psychological Reports, 93*(3_suppl), 1223-1232.
Masten, A. S. (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist, 56*(3), 227–238. https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.227
May, C. D., Fletcher, R., Dempsey, I. ve Newman, L. (2015). Modeling relations among coparenting quality, autism-specific parenting self-efficacy, and parenting stress in mothers and fathers of children with ASD. *Parenting, 15*, 119–133.
Mikolajczak, M., Raes, M. E., Avalosse, H. ve Roskam, I. (2018). Exhausted parents: Sociodemographic, child related, parent-related, parenting and family-functioning correlates of parental burnout. *Journal of Child and Family Studies, 27*, 602-614.
Mikolajczak, M., Gross, J. J. ve Roskam, I. (2021). Beyond job burnout: Parental burnout. *Trends in Cognitive Sciences, 25*(5), 333-336.
Mikolajczak, M., & Roskam, I. (2018). A theoretical and clinical framework for parental burnout: The balance between risks and resources (BR2). *Frontiers in psychology, 9*, 886.
Neihart, M. (2008). İki kez istisnai çocukların belirlenmesi ve onlara hizmet sağlanması. *Çocuklarda Üstün Yeteneklilik El Kitabı: Psikoeğitim Teorisi, Araştırma ve En İyi Uygulamalar* (s. 115-137). Springer ABD.
Öktem, E. (2023). Diyalektik davranış terapisi grup beceri eğitiminin ebeveynlerin psikolojik belirti ve aile içi ilişkilerine etkisi.
Ömür, N. (2019). Üstün zekâlı otizm spektrum bozukluğu (OSB) olan çocukların özellikleri, davranışları ve eğitim gereksinimlerinin temellendirilmiş teoriyle belirlenmesi (Doktora tezi). Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
Özdemir, Y., Sağkal, A. S., Salman-Engin, S., Çakıroğlu Çevik, A. ve Gür, G. (2020). Türkiye'de birlikte ebeveynlik deneyimleri: Nitel bir çalışma. *Nesne Dergisi, 8*(16), 43-68.
Parlak, Ü. ve Karaköse, S. (2022). COVID-19 sürecinde evden çalışan annelerde depresyonu yordayan faktörler: İş-aile çatışması, evlilik uyumu ve ebeveyn tükenmişliği. *KADEM Kadın Araştırmaları Dergisi, 7*(2), 149189.
Pereira, N., Knotts, J. D. ve Roberts, J. L. (2015). Current status of twice-exceptional students: A look at legislation and policy in the United States. *Gifted and Talented International*, *30*(1-2), 122-134.
Polat, Ö. (2022). Üstün yetenekli çocukların ebeveynlerinde tükenmişlik ve psikolojik sağlamlık düzeyi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
Ren, X., Cai, Y., Wang, J. ve Chen, O. (2024). A systematic review of parental burnout and related factors among parents. *BMC Public Health, 24*.
Roskam, I., Raes, M. E. ve Mikolajczak, M. (2017). Exhausted parents: Development and preliminary validation of the parental burnout inventory. *Frontiers in Psychology, 8*.
Sağlam, H. ve Arslan, B. (2022). The effect of co-parenting and parent-child relationship on marital satisfaction of parents. *Journal of Family Studies, 13*(4), 403-422.
Sarıkaya, B. (2021). Ebeveyn Tükenmişliği ve Çift Uyumunun Evli Bireylerin Yaşam Doyumları Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Psychological Counseling and Guidance, 6*(2), 1-17.
Sayi, A. K. (2018). Teachers' views about the teacher training program for gifted education. *Journal of Education and Learning, 7*(4), 262-273.
Schunk, D. H. (1991). Self-efficacy and academic motivation. *Educational Psychologist, 26*(3-4), 207-231.

Söğüt, R. ve Çekiç, A. (2020). Üstün yetenekli çocuğu olan ve olmayan anne babaların ebeveynliğe ilişkin yeterlilik algıları ile stres düzeylerinin karşılaştırılması. *Gelişim ve Psikoloji Dergisi, 1*(1), 1-15.-1116597.pdf]
Sokolski, D. M. ve Hendrick, S. S. (1999). Fostering marital satisfaction. *Family Therapy, 26*(1), 39.
Sutherland, K. S. ve Singh, N. N. (2004). Learned helplessness and students with emotional or behavioral disorders: Deprivation in the classroom. *Behavioral Disorders, 29*(2), 169-181.
Şakar, S. N. ve Baloğlu, M. (2022). Twice exceptionality with RStudio: A bibliometric analysis. *Hacettepe University Journal of Education, 38*(2), 260-274. https://doi.org/10.16986/HUJE.2022.474
Taştekin, E., Kaymaz, Ç., Işik-Uslu, A. E., Yüksel-Doğan, R., Bozkurt-Yükçü, Ş., & Izoğlu-Tok, A. (2025). Coparenting and mindful parenting partially mediate the relationship between mothers' stress and parental burnout. *Family Relations, 74*(5), 2411-2431.
Tezer, E. (1996). Evlilik ilişkisinden sağlanan doyum: Evlilik yaşam ölçeği. *Turkish Psychological Counseling and Guidance Journal, 2*(7), 1-7.
Uysal, E. (2024). *Okul Öncesi Dönemde Çocuğu Olan Ana Babaların Ebeveyn Tükenmişliğinin Öncülleri Ebeveyn Kimliği, Temel Psikolojik İhtiyaç Tatmini, Ekonomik Endişe ve Evlilik Uyumu Olabilir Mi?*(Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
Vaydich, J. ve Cheung, R. Y. M. (2022). Parental burnout during the second year of the COVID-19 pandemic: Exploring the role of parenting stressors and coparenting support. *The Family Journal, 31*, 432–442.
Yavuz, M. ve Gümüşkaya, Ö. (2021). Otizm spektrum bozukluğu ve zihinsel yetersizliği olan bireylerin ebeveynlerinin yaşam doyumu ve aile yılmazlık düzeylerinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, *22*(4), 799-825.
Yılmaz, T. ve Arslan, G. (2021). Psychological resilience as a mediator between social exclusion and life satisfaction. *Journal of Positive School Psychology, 5*(3), 214-227.
Yıldırım, F. (2012). *Üstün yetenekli çocuklar ve ailelerinde duygusal ve davranışsal özellikler* [Uzmanlık Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı.
Yıldırım, S. (2023). *Okulöncesi dönemde çocuğu olan annelerde ebeveyn tükenmişliği öncüllerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
Weaver, C. M., Shaw, D. S., Dishion, T. J. ve Wilson, M. N. (2008). Parenting self-efficacy and problem behavior in children at high risk for early conduct problems: The mediating role of maternal depression. *Infant Behavior and Development, 31*(4), 594-605.
Winemiller, D. R. ve Mitchell, M. E. (1994). Development of a coding system for marital problem solving efficacy. *Behaviour Research and Therapy*, *32*(1), 159-164.
https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_07/09101900_ozel_egitim_hizmetleri_yonetmeligi_070720 18.pdf

ÜNIVERSITE ÖĞRENCILERINDE SEVGI BAĞIMLILIĞININ CINSIYET, İLIŞKI SÜRESI VE FIZIKSEL MESAFE AÇISINDAN İNCELENMESI

Osman DEMİR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Psikoloji Bölümü, Samsun, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-1229-8261
Öğr. Gör. Dr. Uğur KAÇMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Psikoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi,
Samsun, Türkiye
ORC ID: https://orcid.org/0000-0001-9051-3130
Prof. Dr. Yeliz KINDAP TEPE
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Psikoloji Bölümü, Samsun, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0963-810X

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, üniversite öğrencilerinde sevgi bağımlılığı düzeylerinin cinsiyet, ilişki süresi ve partnerin farklı bir yerleşim yerinde yaşama durumuna göre farklılaşıp farklılaşmadığını incelemektir. Araştırmanın örneklemini romantik ilişki deneyimine sahip 269 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcıların %56.5'i kadın, %43.5'i erkektir ve yaş ortalaması 21.23'tür (*SS* = 1.65). Veriler "Demografik Bilgi Formu" ve "Sevgi Bağımlılığı Ölçeği" kullanılarak çevrimiçi yöntemle toplanmıştır. Sevgi Bağımlılığı Ölçeği; dikkat çekme, geri çekilme, tolerans, duygudurum değiştirme, kötü gitme ve çatışma olmak üzere altı alt boyuttan oluşmaktadır. Verilerin analizinde çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. Araştırma bulguları, cinsiyet değişkeninin sevgi bağımlılığı alt boyutları üzerinde anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir. Erkek katılımcıların geri çekilme, tolerans, kötü gitme ve çatışma alt boyutlarında kadınlardan anlamlı düzeyde daha yüksek puan aldıkları belirlenmiştir. Buna karşı dikkat çekme ve duygudurum değiştirme boyutlarında cinsiyete göre anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bulgular, erkeklerin romantik ilişkilerde ayrılık, duygusal uzaklaşma ve ilişki çatışmaları karşısında daha yoğun bağımlılık belirtileri gösterebildiğine işaret etmektedir. Araştırmada partnerin farklı bir yerleşim yerinde yaşama durumunun sevgi bağımlılığı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Benzer şekilde ilişki süresinin de sevgi bağımlılığı alt boyutlarında anlamlı farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular, sevgi bağımlılığının ilişki süresi veya fiziksel yakınlıktan çok bireyin bağlanma örüntüleri, duygusal düzenleme becerileri ve kişilerarası bağımlılık eğilimleriyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Araştırma sonuçları, sevgi bağımlılığının toplumsal cinsiyet bağlamında farklılaşabilen çok boyutlu bir yapı olduğunu göstermektedir. Gelecek araştırmalarda bağlanma stilleri, ilişki doyumu, ayrılık kaygısı ve dijital iletişim biçimlerinin sevgi bağımlılığı ile ilişkisi incelenebilir.
Anahtar kelimeler: Sevgi bağımlılığı, üniversite öğrencileri, uzak mesafe ilişkisi, ilişki süresi.

EXAMINATION OF LOVE ADDICTION IN UNIVERSITY STUDENTS IN TERMS OF GENDER, RELATIONSHIP DURATION, AND PHYSICAL DISTANCE

ABSTRACT

The aim of this study was to examine whether love addiction levels among university students differ according to gender, relationship duration, and whether their partner lives in a different location. The sample consisted of 269 university students with romantic relationship experience. Of the participants, 56.5% were female and 43.5% were male, with a mean age of 21.23 years (SD = 1.65). Data were collected online using the "Demographic Information Form" and the "Love Addiction Scale." The Love Addiction Scale consists of six subdimensions: salience, withdrawal, tolerance, mood modification, relapse, and conflict. Multivariate analysis of variance (MANOVA) was used for data analysis. The findings indicated that gender had a significant effect on the subdimensions of love addiction. Male participants scored significantly higher than females on withdrawal, tolerance, relapse, and conflict subdimensions. However, no significant gender differences were found in the salience and mood modification subdimensions. These findings suggest that men may exhibit more intense addiction-related symptoms in romantic relationships, particularly in response to separation, emotional distancing, and relationship conflicts. The study also found that whether the partner lived in a different location had no significant effect on love addiction. Similarly, relationship duration did not create significant differences in any subdimension of love addiction. These findings suggest that love addiction may be more closely related to individuals' attachment patterns, emotional regulation skills, and interpersonal dependency tendencies rather than relationship duration or physical proximity. Overall, the results demonstrate that love addiction is a multidimensional construct that may vary within the context of gender. Future studies may further investigate the relationship between love addiction and attachment styles, relationship satisfaction, separation anxiety, and digital communication patterns.

Keywords: Love addiction, university students, long-distance relationship, relationship duration.

GİRİŞ

Beliren yetişkinlik dönemi bireylerin, özellikle 18 ila 25 yaşlarına vurgu yapılan gelişim bir dönemidir (Arnet, 2014). Beliren yetişkinlik döneminde oldukları düşünülen üniversite öğrencilerinin TÜİK verilerinde (2022) göre yaş gruplarındaki dağılımının (15-24 yaş grubundaki genç nüfus 12 milyon 949 bin 817 kişi toplam nüfusun %15.2'sini oluşturmakta; genç nüfusun %29.7'sinin 15-17 yaş grubunda, %19,1'inin 18-19 yaş grubunda, %30,2'sinin 20-22 ve %21.0'inin ise 23-24 yaş grubunda) ülkemiz toplam nüfusun çoğunluğunu oluşturduğu bilinmektedir. Bu dönemde Erikson'a göre başarılması gereken görev yakınlığa karşılık yalıtılmışlıktır (Santrock, 2012). Yakınlık, aşk, sevgi bir insanın diğerine duyduğu belli bir duyguya karşılık kullanılmaktadır. Bu görevin sağlıklı gelişmesi durumunda sevgi gelişiminin diğer gelişmeleri izleyeceğini tam tersi durumda ise bireyin bağımlılık ve yalnızlık hissi gözlenebilir. Dolayısıyla yakınlığın aşırılığı olarak tanımlanabilecek sevgi bağımlılığının bu dönemdeki gençlerde incelenmesi önemlidir.

Sevgi bağımlılığı tanımında fikir birliği bulunmasa da takıntılı davranışlar, kaygı ve olumsuz yaşantılar kavramlarıyla açıklanmaktadır (Stanbury ve Griffiths, 2007). İlgili alanyazın incelendiğinde ülkemizde ilişki ve sevgi bağımlılığının birbiri yerine kullanıldığı görülmektedir. Sevgi bağımlılığı olumsuz sonuçlara rağmen devam eden baskın davranışlar olarak tanımlanırken (Tıraş ve Yakıcı, 2024); ilişki bağımlılığı ise başkasının ihtiyaçlarını karşılamasına gereksinim duyan bir kişi ile ihtiyaçları karşılayan kişi arasında gelişen,

bireylerin karşılıklı şekilde bağımlılıklarını sürdürdükleri bir ilişki türü şeklinde tanımlanmıştır (Ançel, 2012).

Yetişkin hayatındaki bağlanma davranışı, çocuklukta, ergenlikte ve gençlikte gösterilen bağlanma davranışının bir devamı olarak düşünülmektedir (Bowlby,1969). Bağlanma biçimi yaşamın erken dönemlerinde belirlenen ve süregeldiği düşünülen, kişinin diğer insanlarla ilişki geliştirme biçimini şekillendiren bir olgu olarak değerlendirilmektedir (Kesebir vd., 2011). Ainsworth'un (1987) çalışmasıyla güvenli, kaygılı-kaçınan ve kaçıngan şeklinde ayrılmıştır. Güvenli bağlanma geliştiren bir kişi, ilişkilerinde olumlu görüşe sahiptir, başkalarıyla kolaylıkla yakınlaşabilir ve romantik ilişkilerinde daha az sorun ve daha az stres yaşar. Güvensiz bağlanma biçimleri olan kaygılı bağlanma yakınlaşmayı isteyen, daha az güvenen daha fazla duygusal, kıskanç ve sahiplenici özellikler gösteren bireyleri yansıtır. Kaçıngan bağlanma romantik ilişkilere girmekten kaçınan ve ilişkilerinde partnerinden kendini uzak tutmaya çalışan bireyleri yansıtmaktadır (Santrock, 2012). Alanyazında sevgi bağımlılığını kaygılı bağlanma türüne sahip olmanın bir sonucu olarak da görüldüğü dikkati çekmektedir (Sussman, 2010). Bireyler farklı kişilerle kurulan ilişkilerde, ilişki kurduğu bireyde bulunan kişilik özellikleri veya bazı davranışlar ve tutumlardan dolayı diğerine bağımlı bir ilişki geliştirebilmektedir (Ançel, 2012). Duygusal bağımlılığı yüksek olan bireyler yalnızlık ve boşluk duygusuna sahip olabilmekte ve her daim başkalarıyla ilişki yaşamak istemektedirler (Çetin ve Arslan, 2023). Bu bireyler birlikte olduğu kişilerle ve sosyal çevreleriyle ilişkilerinde terk edilme korkusuna sahip olabilirler (Arntz, 2006). Bu tarz kişiler bir ilişki içerisinde olmadıklarında çaresiz ve yalnız hissederler, ilişkileri son bulduktan sonra da sevgiyi romantize ederek saplantı haline getirir ve tekrardan böyle bir his yaşayamayacaklarını düşünebilirler (Sussman, 2010). İlişkilerinde bağımlılık yaşayan bireyler mükemmeliyetçi, başkalarına alanlarına saygı gösterememe, kendilerine yönelik düşük benlik algısına ve işlevsel olamayan düşüncelere sahip olma, alınganlık gösterme, sürekli olayları kendi merkezlerinde değerlendirip empati kuramama gibi kişilik özelliklerine, kendilerine değer vermeme, olumlu taraflarından yeteneklerinden veya başarılarından bahsedememe, aşırı kontrollü davranma, istemediği durumlarda karşısındakini reddedememe gibi davranış özelliklerine sahip olabilirler (Beattie, 1992). Ayrıca sevgi bağımlılığı olan bireylerin geçirdiği olumsuz deneyimler sebebiyle madde bağımlılığı gibi diğer davranışsal bağımlılıklara da zaman içerisinde sahip olabilecekleri ifade edilmektedir (Sussman ve Ames, 2008). Bu sebeple sevgi bağımlılığının erken dönemde belirlenmesi bireyde çeşitli bağımlılıkların ortaya çıkma riskini azaltabilir (Traş ve Yakıcı, 2024). Dolayısıyla sevgi bağımlılığının özellikle beliren yetişkinlik dönemindeki bireylerde incelenmesinin bu döneme özgü olarak tanımlanan (Erikson, 1995; Arnet, 2006) yakın bir ilişki kuran gelişimsel görevinin sağlıklı bir çerçevede yürütülebilmesi açısından oldukça önemlidir.

Romantik ilişkilerde sevgi bağımlılığı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde sınırlı sayıda araştırma olduğu dikkati çekmektedir. Traş ve Yakıcı (2024) sevgi bağımlılığı ile internet bağımlılığı puanı ve sosyal medya bağımlılığı puanı arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Sevgi bağımlılığının özellikle kişilik özellikleri ve ruh sağlığı sorunları ile ilişkisini anlamak için çok daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu (Costa vd., 2021; Earp, Wudarczyk, Foddy ve Savulescu, 2017; Sussman, 2010); sevgi bağımlılığının normal romantik deneyimlerden ayrılması için olası tanı kriterlerinin oluşturulması gerektiği ifade edilmektedir (Sanches ve John, 2019). Costa ve arkadaşları (2021) sevgi bağımlısı bireylerin olumsuz sonuçlara rağmen ilişkilerini bitirememe ve bu ilişkilerin olumsuz yansımaları ile baş etmek için bu ilişkileri kullanma yöneliminde olduğunu saptamışlardır. Dolayısıyla konunun daha iyi anlaşılabilmesi için sevgi bağımlılığını açıklayan mekanizmaların diğer bir ifade ile öncüllerinin belirlenmesi önemlidir. Bu kapsamda mevcut araştırmanın öncelikli

amacı sevgi bağımlılığının demografik özellikler açısından incelenmesidir.

YÖNTEM

Örneklem

Araştırmanın örneklemini romantik ilişki deneyimine sahip toplam 269 katılımcı oluşturmaktadır. Katılımcıların 117'si (%43.5) erkek, 152'si (%56.5) kadındır. Katılımcıların yaşları 18 ile 27 arasında değişmekte olup yaş ortalaması M = 21.23 (SS = 1.65) olarak bulunmuştur. Katılımcıların 167'si (%62.1) partnerinin aynı yerleşim yerinde yaşadığını belirtirken, 102'si (%37.9) partnerinin farklı bir yerleşim yerinde yaşadığını ifade etmiştir. İlişki süresi açısından incelendiğinde katılımcıların 144'ünün (%53.5) en uzun süren romantik ilişkisinin 0–1 yıl arasında, 125'inin (%46.5) ise bir yıldan fazla sürdüğü görülmüştür. Katılımcıların algıladıkları sosyo-ekonomik düzey dağılımı incelendiğinde, büyük çoğunluğun orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (%59.9). Bunun yanında katılımcıların %13.4'ü orta düşük, %22.7'si orta yüksek, %2.2'si düşük ve %1.9'u yüksek sosyo-ekonomik düzey algısına sahiptir. Ayrıca katılımcıların 45'i (%16.7) psikolojik bir hastalık/tanıya sahip olduğunu belirtirken, 224'ü (%83.3) herhangi bir psikolojik tanısının olmadığını ifade etmiştir.

Veri Toplama Araçları

Demografik Bilgi Formu: Katılımcının yaşı, cinsiyeti, ilişki durumu gibi değişkenleri değerlendiren ve araştırmacı tarafından hazırlanan formdur.

Sevgi Bağımlılığı Ölçeği: Costa ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş ve Traş ve Yakıcı tarafından Türk kültürüne uyarlanmıştır. Sevgi Bağımlılığı Ölçeği 5'li Likert (1-*Hemen hemen hiçbir zaman,* 5-*Hemen hemen her zaman*) tipinde olup 24 sorudan (örnek madde 3; ''Eş, sevgili, flört vb. olan partnerimle bir an önce bir araya gelmek isterim.'') ve altı alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutları "dikkat çekme", "geri çekilme", "tolerans", "duygu durum modifikasyonu", "kötüye gitme" ve "çatışma" olarak ifade edilmiştir. Ölçekten alınan puanların artması sevgi bağımlılığı düzeyinin arttığını ifade etmektedir. Bu ölçeğin Cronbach Alpha iç tutarlık katsayısı toplam puan için .97, dikkat çekme .95, geri çekilme .90, tolerans .95, duygu durum modifikasyonu .94, kötüye gitme .94 ve çatışma .90 olarak ifade edilmiştir (Traş ve Yakıcı, 2024). Bu araştırma kapsamında ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlık katsayısı .94 bulunmuştur.

İşlem

Araştırma verileri toplanmadan önce Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler araştırma ve yayın etiği kuruluna başvurusu yapılmıştır etik kurulun 27.12.2024 tarihli ve 2024-1263 sayılı onay yazısı alınmıştır. Araştırmada veriler katılımcılardan Google Forms aracılığıyla çevrimiçi olarak toplanmıştır. Verilerin toplanması aşamasına 2024-2025 akademik yılı bahar döneminde başlanmıştır. Öncelikle katılımcılara araştırmanın amacı hakkında bilgi verilmiş, kimliklerinin gizli kalacağı, gönüllülüğün esas alındığı ve ankette verdikleri bilgilerin sadece bilimsel araştırma kapsamında kullanılacağı belirtilmiştir. Anket yaklaşık olarak 20 dakika sürmüştür.

Verilerin Analizi

Sevgi bağımlılığı alt boyutlarının cinsiyete, ilişki süresine ve partnerin aynı yerleşim yerinde yaşayıp yaşamamasına değişkenlerinin etkisini incelemek amacıyla tek faktörlü MANOVA yapılmıştır. Analiz öncesinde MANOVA sayıltıları incelenmiştir. Araştırmada ele alınan değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı ile incelenmiştir.

BULGULAR

Sevgi Bağımlılığının Cinsiyet Göre İncelenmesi

Sevgi bağımlılığının cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için tek yönlü MANOVA yapılmıştır. Cinsiyet değişkenine göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Analiz öncesinde varsayımlar incelenmiştir. Box's M testi anlamlı bulunmuştur, Box's M = 68.63, $F(21, 228450.32) = 3.19$, $p < .001$; ancak grup büyüklüklerinin görece dengeli olması nedeniyle analiz Wilks' Lambda değeri üzerinden yorumlanmıştır. Levene testi sonuçları dikkat çekme, geri çekilme, tolerans, duygudurum ve kötü gitme alt boyutları için varyansların homojen olduğunu göstermiştir ($p > .05$). Çatışma alt boyutunda ise varyans homojenliği varsayımı sağlanmamıştır, $F(1, 267) = 26.65$, $p < .001$. MANOVA sonuçları, cinsiyetin sevgi bağımlılığı alt boyutları üzerinde anlamlı çok değişkenli etkisi olduğunu göstermiştir, Wilks' $\Lambda = .861$, $F(6, 262) = 7.03$, $p < .001$, $\eta p^2 = .139$. Tek değişkenli analiz sonuçlarına göre erkeklerin geri çekilme alt boyutu puanları ($M = 3.07$, $SS = 0.79$), kadınlardan ($M = 2.77$, $SS = 0.70$) anlamlı düzeyde yüksektir, $F(1, 267) = 10.62$, $p = .001$, $\eta p^2 = .038$. Benzer şekilde erkeklerin tolerans alt boyutu puanları ($M = 4.21$, $SS = 0.67$), kadınlardan ($M = 3.88$, $SS = 0.78$) daha yüksektir, $F(1, 267) = 12.77$, $p < .001$, $\eta p^2 = .046$. Erkeklerin kötü gitme alt boyutu puanlarının da ($M = 4.22$, $SD = 0.83$), kadınlardan ($M = 3.88$, $SS = 0.81$) anlamlı biçimde yüksek olduğu bulunmuştur, $F(1, 267) = 11.38$, $p = .001$, $\eta p^2 = .041$. Ayrıca çatışma alt boyutunda erkeklerin ($M = 2.89$, $SS = 0.86$) kadınlardan ($M = 2.53$, $SS = 0.61$) daha yüksek puan aldığı görülmüştür, $F(1, 267) = 15.82$, $p < .001$, $\eta p^2 = .056$. Buna karşın dikkat çekme alt boyutunda cinsiyete göre anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $F(1, 267) = 2.32$, $p = .129$, $\eta p^2 = .009$. Aynı şekilde duygudurum alt boyutunda da anlamlı farklılık saptanmamıştır, $F(1, 267) = 0.50$, $p = .480$, $\eta p^2 = .002$.

Tablo 1

Cinsiyete Göre Sevgi Bağımlılığı Alt Boyutlarına İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	Erkek (n = 121) *M (SS)*	Kadın (n = 164) *M (SS)*	$F(1, 283)$	p	$\eta^2 p$
Dikkat çekme	4.09 (0.70)	3.96 (0.68)	2.32	.129	.009
Geri çekilme	3.07 (0.79)	2.77 (0.70)	10.62	.001	.038
Tolerans	4.21 (0.67)	3.88 (0.78)	12.77	.001	.046
Duygudurum değiştirme	3.68 (0.81)	3.60 (0.91)	0.50	.480	.002
Kötü gitme	4.22 (0.83)	3.88 (0.81)	11.38	.001	.041
Çatışma	2.89 (0.86)	2.53 (0.61)	15.82	.001	.056

Sevgi Bağımlılığının Partnerin Farklı Bir Yerleşim Yerinde Yaşama Durumuna Göre İncelenmesi

Partnerin farklı bir yerleşim yerinde yaşayıp yaşamamasına göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Analiz öncesinde varsayımlar incelenmiştir. Box's M testi anlamlı bulunmuştur, Box's M = 42.03, $F(21, 169347.41) = 1.95$, $p = .006$; ancak grup büyüklüklerinin görece dengeli olması nedeniyle analiz Wilks' Lambda değeri üzerinden yorumlanmıştır. Levene testi sonuçları geri çekilme, tolerans, duygudurum ve çatışma alt boyutlarında varyansların homojen olduğunu göstermiştir ($p > .05$). Dikkat çekme ve kötü gitme alt boyutlarında ise varyans homojenliği varsayımı sağlanmamıştır. MANOVA sonuçlarına göre partnerin farklı bir yerleşim yerinde yaşama durumunun sevgi bağımlılığı alt boyutları

üzerinde anlamlı birçok değişkenli etkisi bulunmamıştır, Wilks' $\Lambda = .971$, $F(6, 262) = 1.31$, $p = .252$, $\eta p^2 = .029$. Tek değişkenli analiz sonuçları incelendiğinde de partnerin farklı bir yerde yaşama durumuna göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının hiçbirinde anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür. Dikkat çekme alt boyutunda farklılık anlamlı düzeye ulaşmamıştır, $F(1, 267) = 3.54$, $p = .061$, $\eta p^2 = .013$. Benzer şekilde geri çekilme, $F(1, 267) = 3.17$, $p = .076$, $\eta p^2 = .012$; tolerans, $F(1, 267) = 3.37$, $p = .068$, $\eta p^2 = .012$; duygudurum, $F(1, 267) = 0.70$, $p = .402$, $\eta p^2 = .003$; kötü gitme, $F(1, 267) = 0.00$, $p = .966$, $\eta p^2 = .000$; ve çatışma alt boyutlarında, $F(1, 267) = 0.72$, $p = .397$, $\eta p^2 = .003$ anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Tablo 2

Partnerin Farklı Bir Yerleşim Yerinde Yaşama Durumuna Göre Sevgi Bağımlılığı Alt Boyutlarına İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	Hayır (n = 167) *M (SD)*	Evet (n = 102) *M (SD)*	$F(1, 267)$	p	ηp^2
Dikkat çekme	3.96 (0.66)	4.12 (0.73)	3.54	.061	.013
Geri çekilme	2.83 (0.72)	3.00 (0.81)	3.17	.076	.012
Tolerans	3.96 (0.74)	4.13 (0.75)	3.37	.068	.012
Duygudurum	3.60 (0.84)	3.69 (0.92)	0.70	.402	.003
Kötü gitme	4.03 (0.79)	4.03 (0.91)	0.00	.966	.000
Çatışma	2.66 (0.75)	2.74 (0.73)	0.72	.397	.003

Sevgi Bağımlılığının İlişki Süresine Göre İncelenmesi

İlişki süresine göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Analiz öncesinde varsayımlar incelenmiştir. Box's M testi anlamlı bulunmamıştır, Box's $M = 25.00$, $F(21, 251474.07) = 1.16$, $p = .274$; bu sonuç kovaryans matrislerinin homojenliği varsayımının sağlandığını göstermektedir. Ayrıca Levene testi sonuçlarına göre tüm alt boyutlarda varyansların homojen olduğu belirlenmiştir ($p > .05$). MANOVA sonuçlarına göre ilişki süresinin sevgi bağımlılığı alt boyutları üzerinde anlamlı birçok değişkenli etkisi bulunmamıştır, Wilks' $\Lambda = .994$, $F(6, 262) = 0.26$, $p = .953$, $\eta p^2 = .006$. Tek değişkenli analiz sonuçları incelendiğinde de ilişki süresine göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının hiçbirinde anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür. Dikkat çekme alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.61$, $p = .436$, $\eta p^2 = .002$; geri çekilme alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.37$, $p = .543$, $\eta p^2 = .001$; tolerans alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.69$, $p = .406$, $\eta p^2 = .003$; duygudurum alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.63$, $p = .427$, $\eta p^2 = .002$; kötü gitme alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.65$, $p = .420$, $\eta p^2 = .002$; ve çatışma alt boyutunda, $F(1, 267) = 0.06$, $p = .808$, $\eta p^2 = .000$ anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Tablo 3

İlişki Süresine Göre Sevgi Bağımlılığı Alt Boyutlarına İlişkin MANOVA Sonuçları

Değişken	0–1 Yıl (n = 144) *M (SD)*	1 Yıldan fazla (n = 125) *M (SD)*	$F(1, 267)$	p	ηp^2
Dikkat çekme	3.99 (0.70)	4.05 (0.68)	0.61	.436	.002
Geri çekilme	2.87 (0.75)	2.93 (0.77)	0.37	.543	.001
Tolerans	3.99 (0.77)	4.06 (0.72)	0.69	.406	.003
Duygudurum	3.60 (0.84)	3.68 (0.91)	0.63	.427	.002
Kötü gitme	3.99 (0.81)	4.07 (0.87)	0.65	.420	.002
Çatışma	2.70 (0.78)	2.67 (0.71)	0.06	.808	.000

TARTIŞMA

Araştırmada erkek katılımcıların sevgi bağımlılığının geri çekilme, tolerans, kötü gitme ve çatışma alt boyutlarında kadınlara kıyasla daha yüksek puan aldığı bulunmuştur. Bu bulgu, sevgi bağımlılığının bazı boyutlarının toplumsal cinsiyet temelinde farklılaşabileceğini göstermektedir. Özellikle geri çekilme ve çatışma boyutlarında erkeklerin daha yüksek puan alması, romantik ilişkilerde ayrılık, duygusal uzaklaşma veya ilişki kaybı durumlarında erkeklerin daha yoğun psikolojik zorlanma yaşayabileceğine işaret etmektedir. Benzer şekilde Fisher ve arkadaşları (2016), yoğun romantik bağlanmanın nörobiyolojik açıdan bağımlılık süreçlerine benzer mekanizmalar içerdiğini ve ayrılık durumunda geri çekilme belirtilerinin ortaya çıkabildiğini belirtmiştir. Ayrıca romantik reddedilme sonrası ödül ve duygu düzenleme sistemlerinde yoğun aktivasyon görüldüğü ifade edilmektedir (Fisher vd., 2010). Erkeklerin tolerans alt boyutunda daha yüksek puan alması, ilişkiyi sürdürme ihtiyacının zamanla artması ve ilişkisel doyum için daha yoğun duygusal yatırım yapılmasıyla açıklanabilir. Özellikle bağımlılık temelli romantik ilişkilerde bireyin aynı duygusal doyumu yaşayabilmek için ilişkiye giderek daha fazla ihtiyaç duyması "tolerans" göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Atlam vd., 2023). Bunun yanında Topino ve arkadaşları (2024), sevgi bağımlılığının tolerans, geri çekilme ve çatışma gibi klasik bağımlılık bileşenleriyle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bulgular toplumsal cinsiyet rolleri bağlamında da değerlendirilebilir. Geleneksel erkeklik normları erkeklerin duygusal ihtiyaçlarını açık biçimde ifade etmelerini sınırlandırabilmekte, bu durum ise duygusal düzenleme süreçlerinde güçlük yaşamalarına neden olabilmektedir. Duygusal yakınlığın temel destek kaynağı olarak romantik ilişkiye yüklenmesi, ilişkinin bozulması durumunda erkeklerde daha yoğun bağımlılık belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durum özellikle çatışma ve kötü gitme boyutlarında belirginleşmektedir. Nitekim Rogier ve arkadaşları (2024), bağlanma sorunları ve duygusal düzenleme güçlüklerinin sevgi bağımlılığı belirtilerini artırdığını belirtmiştir. Öte yandan dikkat çekme ve duygudurum alt boyutlarında cinsiyete göre anlamlı farklılık bulunmaması, sevgi bağımlılığının bazı boyutlarının kadın ve erkeklerde benzer biçimde yaşanabileceğini düşündürmektedir. Özellikle romantik ilişkinin duygu düzenleme işlevi görmesi veya partner ilgisi ihtiyacının her iki cinsiyet için de ortak bir özellik olabileceği değerlendirilebilir. Civilotti ve arkadaşları (2021) da romantik ilişki sonrası işlevsiz davranış örüntülerinin kadın ve erkeklerde benzer psikolojik süreçlerle ilişkili olabileceğini ifade etmektedir. Literatürde sevgi bağımlılığı ve cinsiyet ilişkisine dair tutarsız sonuçlar bulunmaktadır. Bazı çalışmalar kadınların romantik bağımlılık eğilimlerinin daha yüksek olduğunu bildirirken, bazı araştırmalar erkeklerin geri çekilme ve çatışma gibi bağımlılık temelli ilişki örüntülerini daha yoğun yaşadığını göstermektedir (Martelli vd., 2025). Bu farklılıklar kültürel yapı, örneklem özellikleri ve kullanılan ölçme araçlarından kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle mevcut bulguların farklı yaş ve kültürel gruplarda yeniden incelenmesi önem taşımaktadır.

Araştırmada partnerin farklı bir yerleşim yerinde yaşama durumuna göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu bulgu, fiziksel mesafenin tek başına sevgi bağımlılığı belirtilerini artıran ya da azaltan belirleyici bir değişken olmayabileceğini düşündürmektedir. Literatürde uzun mesafeli romantik ilişkilerin her zaman daha problemli ya da daha bağımlı ilişki örüntülerine yol açmadığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle Lee ve Pistole (2012), uzun mesafeli ilişkiler ile coğrafi olarak yakın ilişkiler arasında ilişki doyumu ve bağlanma açısından belirgin farklılıklar olmadığını belirtmiştir. Benzer şekilde Kelmer ve arkadaşları (2013), uzun mesafeli ilişkiler yaşayan bireylerin ilişki bağlılığı ve ilişki kalitesi açısından yakın ilişkiler yaşayan bireylerle benzer düzeylerde işlevsellik gösterebildiklerini ifade etmektedir. Mevcut bulgu, sevgi bağımlılığının fiziksel yakınlıktan çok bireyin bağlanma örüntüleri, duygusal düzenleme becerileri ve

kişilerarası bağımlılık eğilimleriyle ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Nitekim Cavalli ve arkadaşları (2025), sevgi bağımlılığının özellikle güvensiz bağlanma örüntüleriyle ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Benzer şekilde Gori ve arkadaşları (2023), sevgi bağımlılığı ile düşük benlik saygısı ve güvensiz bağlanma arasında güçlü ilişkiler olduğunu belirtmektedir. Bu doğrultuda ilişkinin fiziksel olarak uzak olması tek başına bağımlılık belirtilerini artırmamakta; bireyin ilişkiyi nasıl deneyimlediği daha belirleyici görünmektedir. Dikkat çekme, geri çekilme ve tolerans alt boyutlarında anlamlılığa yaklaşan ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, uzun mesafeli ilişkilerde partnerle fiziksel temasın sınırlı olmasının bazı bağımlılık belirtilerini kısmen artırabileceğini, ancak bu etkinin güçlü düzeye ulaşmadığını düşündürmektedir. Özellikle dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte bireylerin fiziksel mesafeyi telafi eden yeni ilişki sürdürme stratejileri geliştirdiği bilinmektedir (Bloom, 2015). Bu nedenle fiziksel uzaklığın sevgi bağımlılığı üzerindeki etkisi geçmiş dönemlere kıyasla zayıflamış olabilir. Ayrıca uzun mesafeli ilişkilerde bireylerin daha planlı iletişim kurmaları, partnerlerine yönelik idealizasyon geliştirmeleri ve ilişkiyi sürdürmek için daha fazla bilinçli çaba göstermeleri ilişki işlevselliğini koruyabilmektedir (Pistole ve Roberts, 2010). Bu durum sevgi bağımlılığı belirtilerinin artmasını engelleyebilir. Aşanin ve Ognjanović (2015) de uzun mesafeli ve yakın ilişkiler arasında bağlanma boyutları açısından anlamlı farklılıklar olmadığını bildirmiştir. Sonuç olarak mevcut bulgular, sevgi bağımlılığının ilişki mesafesinden ziyade bireysel psikolojik süreçlerle daha yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gelecekteki araştırmalarda fiziksel mesafe değişkeninin yanında bağlanma stilleri, ayrılık kaygısı, ilişki doyumu ve dijital iletişim biçimlerinin birlikte incelenmesi önerilebilir.

Araştırmada ilişki süresine göre sevgi bağımlılığı alt boyutlarının hiçbirinde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bu bulgu, sevgi bağımlılığı belirtilerinin ilişkinin ne kadar sürdüğünden ziyade ilişkinin niteliği ve bireyin psikolojik özellikleriyle daha yakından ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Başka bir ifadeyle, romantik ilişkinin kısa ya da uzun süreli olması tek başına bağımlılık temelli ilişki örüntülerinin ortaya çıkmasını açıklamamaktadır. Literatürde sevgi bağımlılığının özellikle bağlanma stilleri, ayrılık kaygısı, düşük benlik saygısı ve duygusal düzenleme güçlükleriyle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Gori vd., 2023; Cavalli vd., 2025). Bu nedenle bireylerin ilişki süresinden bağımsız olarak benzer bağımlılık örüntüleri geliştirebildiği düşünülebilir. Özellikle güvensiz bağlanma örüntülerine sahip bireylerin ilişkinin erken dönemlerinde de yoğun bağımlılık belirtileri gösterebildiği belirtilmektedir (Rogier vd., 2024). Bulgular aynı zamanda romantik ilişkilerde bağımlılık belirtilerinin zamanla otomatik olarak artmadığını göstermektedir. Sevgi bağımlılığı bazı bireylerde ilişkinin başlangıç döneminde yoğun yaşanabilirken, bazı bireylerde uzun süreli ilişkilerde de düşük düzeyde kalabilmektedir. Bu durum sevgi bağımlılığının ilişki süresine bağlı doğrusal bir yapı göstermediğini düşündürmektedir. Fisher ve arkadaşları (2016), romantik aşkın nörobiyolojik açıdan yoğun motivasyon ve ödül süreçleriyle ilişkili olduğunu, ancak bu süreçlerin kişiler arasında farklı biçimlerde deneyimlendiğini belirtmektedir. Ayrıca ilişki süresine ilişkin farklılık bulunmaması, romantik ilişkinin devam etme süresinin tek başına ilişkinin kalitesi hakkında bilgi vermediğini de göstermektedir. Uzun süreli ilişkiler her zaman sağlıklı ya da bağımlı ilişkiler anlamına gelmediği gibi, kısa süreli ilişkiler de yoğun bağlanma ve bağımlılık örüntüleri içerebilir. Nitekim ilişki doyumu, bağlanma güvenliği ve kişilerarası ihtiyaçların sevgi bağımlılığı üzerinde daha güçlü belirleyiciler olduğu bildirilmektedir (Topino vd., 2024). Sonuç olarak mevcut araştırma, sevgi bağımlılığının ilişki süresinden bağımsız olarak ortaya çıkabileceğini ve bu yapının daha çok bireyin psikolojik özellikleriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Gelecek araştırmalarda ilişki süresinin yanı

sıra ilişki doyumu, bağlanma stili, ayrılık kaygısı ve romantik idealizasyon gibi değişkenlerin birlikte incelenmesi önerilebilir.

KAYNAKÇA

Ançel, G. (2012). Karşılıklı bağımlılık kavramı: Hemşirelikle ilişkisi ve karşılıklı bağımlılığı belirleme araçları. *Hemşirelikte Araştırma Geliştirme Dergisi*, *1*, 70–78.

Arnett, J. J. (2014). *Emerging adulthood: The winding road from the late teens through the twenties* (2nd ed.). Oxford University Press.

Arntz, A. (2006). Dependency: Distinguishing functional from emotional dependency. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *12*(4), 411–416.

Ašanin, J., ve Ognjanović, M. (2015). Differences in dimensions of affective attachment and love types among couples in proximal relationships and those in long-distance relationships. *Contemporary Psychological Research*, 159–170.

Atlam, D., Göven, B. A., & Yüncü, Z. (2023). Addiction in romantic relationships scale development: Validity and reliability study. *Addicta: The Turkish Journal on Addictions*, *10*(1), 1–15. https://addicta.com.tr/article/view/159

Beattie, M. (1992). *Codependent no more: How to stop controlling others and start caring for yourself*. Hazelden Publishing.

Bloom, A. (2015). *Explaining relationship satisfaction: Attachment, technology use, and sexual satisfaction in long-distance relationships* (Doctoral dissertation, Purdue University).

Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss*. Hogarth Press.

Cavalli, R. G., Feeney, J., ve Rogier, G. (2025). Conceptualizing love addiction within the attachment perspective: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Behavioral Addictions*. Advance online publication.

Civilotti, C., Dennis, J. L., ve Acquadro Maran, D. (2021). When love just ends: An investigation of the relationship between dysfunctional behaviors, attachment styles, gender, and education shortly after a relationship dissolution. *Frontiers in Psychology, 12*, Article 662237. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.662237

Costa, S., Barberis, N., Griffiths, M. D., et al. (2021). The Love Addiction Inventory: Preliminary findings of the development process and psychometric characteristics. *International Journal of Mental Health and Addiction*, *19*(1), 651–668.

Çetin, H., ve Arslan, K. (2023). Romantik ilişkilerde bağımlılık düzeyine etki eden faktörlerin incelenmesi. *Kalemname*, *8*(16), 364–376.

Earp, B. D., Wudarczyk, O. A., Foddy, B. ve Savulescu, J. (2017). Addicted to love: What is love addiction and when should it be treated? *Philosophy, Psychiatry ve Psychology*, *24*(1), 77–92.

Eşici, H. ve Özbay, Y. (2020). Beliren Yetişkinlikte Romantik İlişki Kalitesi ile Bağlanma İlişkisinde Psikolojik İhtiyaçlar ve Zedelenmiş Otonominin Aracı Etkisi. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, *9*(26), 267-288

Fisher, H. E., Brown, L. L., Aron, A., Strong, G., ve Mashek, D. (2010). Reward, addiction, and emotion regulation systems associated with rejection in love. *Journal of Neurophysiology*, *104*(1), 51–60. https://doi.org/10.1152/jn.00784.2009

Fisher, H. E., Xu, X., Aron, A., ve Brown, L. L. (2016). Intense, passionate, romantic love: A natural addiction? How the fields that investigate romance and substance abuse can inform each other. *Frontiers in Psychology*, *7*, Article 687. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00687

Gori, A., Russo, S., ve Topino, E. (2023). Love addiction, adult attachment patterns and self-esteem: Testing for mediation using path analysis. *Journal of Personalized Medicine*, *13*(2), 247. https://doi.org/10.3390/jpm13020247

Gökçen, G., Traş, Z. ve Yakıcı, H. B. (2025) Sevgi Bağımlılığı, Travma Sonrası Bilişler ve Ruminasyon Arasındaki İlişki. *Bağımlılık Dergisi, 26*(4), 410-420.
Kelmer, G., Rhoades, G. K., Stanley, S. M., ve Markman, H. J. (2013). Relationship quality, commitment, and stability in long-distance relationships. *Family Process, 52*(2), 257–270. https://doi.org/10.1111/j.1545-5300.2012.01418.x
Kesebir, S., Kavzoğlu, S. Ö. ve Üstündağ, M. F. (2011). Bağlanma ve psikopatoloji. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 3*(2), 321–342.
Lee, J., ve Pistole, M. C. (2012). Predictors of satisfaction in geographically close and long-distance relationships. *Journal of Counseling Psychology, 59*(2), 303–313. https://doi.org/10.1037/a0027563
Martelli, A., Salvatori, G., ve Antonelli, P. (2025). Love addiction and gender modality: An empirical comparative study involving Italian transgender and cisgender individuals. *International Journal of Sexual Health*. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/26895269.2025.2573855
Pistole, M. C., ve Roberts, A. (2010). Attachment, relationship maintenance, and stress in long-distance and geographically close romantic relationships. *Journal of Social and Personal Relationships, 28*(4), 535–552. https://doi.org/10.1177/0265407510363427
Rogier, G., Di Marzio, F., Presicci, C., ve Cavalli, R. G. (2024). Love addiction and sexual satisfaction within the attachment perspective: An empirical contribution. *Psychology and Sexuality*. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/19419899.2024.2334412
Sanches, M. ve John, V. P. (2019). Treatment of love addiction: Current status and perspectives. *The European Journal of Psychiatry*, *33*(1), 38–44.
Santrock, J. W. (2012). *Yaşam boyu gelişim* (G. Yüksel, Çev.). Nobel Yayın.
Subaşı, N. G. ve Kazan, H. (2020). Çocukluk dönemi bağlanma stillerinin yetişkin iletişimindeki etkisi. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, *10*(2), 147-162.
Sussman, S. (2010). Love addiction: Definition, etiology, treatment. *Sexual Addiction and Compulsivity, 17*(1), 31–45.
Sussman, S. ve Ames, S. L. (2008). *Drug abuse: Concepts, prevention and cessation*. Cambridge University Press.
Topino, E., Cacioppo, M., Dell'Amico, S., ve Gori, A. (2024). Risk factors for love addiction in a sample of young adult students: A multiple mediation model exploring the role of adult attachment, separation anxiety, and impulsivity. *Behavioral Sciences, 14*(12), 1222. https://doi.org/10.3390/bs14121222
Traş, Z. ve Yakıcı, H. B. (2024). Sevgi Bağımlılığı Ölçeğinin Türk kültürüne uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Bağımlılık Dergisi*, *25*(4), 368–383.

MAMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNDE KİTLE TESPİTİ İÇİN CLAHE ÖN İŞLEMENİN YOLOv8 VE FASTER R-CNN MODELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Rumeysa ÜSTÜN
Kocaeli University, Institute of Science, Computer Engineering Program, 41001 Izmit, Kocaeli
ORCID ID: 0009-0006-6118-655X
Dr. Öğr. Üyesi Hikmetcan ÖZCAN
Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 41001 İzmit, Kocaeli
ORCID ID: 0000-0002-7146-203X

ÖZET
Meme kanseri, dünya genelinde kadınlarda en sık görülen kanser türlerinden biridir. Erken evrede tespit edilmesi, tedavi başarısını ve sağkalım olasılığını artırabilmektedir. Meme kanseri tespitinde genel olarak mamografi görüntüleri kullanılmaktadır. Mamografi görüntülerinin düşük kontrastlı yapısı ve değerlendirme sürecindeki öznel farklılıklar, kitle tespitinde hata olasılığını artırabilmektedir. Derin öğrenme tabanlı nesne tespit modelleri bu hata olasılığını azaltma potansiyeli gösterse de hangi mimari yaklaşımın daha doğru sonuç verdiği konusu hâlâ tartışılmaktadır.
Mevcut literatür incelendiğinde, Kontrast Sınırlı Adaptif Histogram Eşitleme (CLAHE), mamografi görüntülerindeki kontrast yetersizliğini azaltmak ve görüntüleri daha yorumlanabilir hale getirmek amacıyla sağlık alanında sık kullanılan bir ön işleme tekniği olduğu görülmüştür. Fakat bu ön işleme adımı literatürde çoğunlukla sabit bir adım olarak benimsenmiş; El-Banby ve diğ. (2024) CLAHE'yi segmentasyon sürecinin bir parçası olarak kullanmış, Abdikenov ve diğ. (2025) ise bu tekniğin mAP@0.5'i 0.209 puana kadar artırabildiğini göstermişlerdir. Ancak söz konusu kazanımı farklı mimariler özelinde ayrıştırarak değerlendirmemişlerdir. Manolakis ve diğ. (2025) de CLAHE'yi tüm modellere ayrım gözetmeksizin uygulamıştır. Dolayısıyla tek-aşamalı ve iki-aşamalı dedektör mimarileri üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak incelenmemiştir.
Bu doğrultuda çalışma, CLAHE ön işleme adımının tek-aşamalı ve iki-aşamalı nesne tespit mimarileri üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak inceleyerek, ön işleme tercihinin mimari seçimiyle birlikte değerlendirilmesi gerekip gerekmediğine açıklık kazandırmayı amaçlamaktadır. CBIS-DDSM (taranmış film mamografisi) veri seti üzerinde CLAHE ön işleme adımı değişken olarak kullanılarak YOLOv8 ve Faster R-CNN modelleri eğitilmiştir. Eğitilen modeller CLAHE adımı olan ve olmayan koşullar altında karşılaştırılmıştır. Ortalama hassasiyet değeri (mAP@0.5), kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru metrikleri raporlanmıştır.
Çalışmanın literatüre temel katkısı, CLAHE ön işleme adımının mimari seçiminden bağımsız olarak olumlu bir etki yaratıp yaratmadığını kanıta dayalı biçimde ortaya koymaktır. Bu araştırmanın, ileride yapılacak sistem tasarımlarında referans oluşturması beklenmektedir.
Anahtar kelimeler: CLAHE, Derin Öğrenme, Faster R-CNN, Kitle Tespiti, Mamografi, YOLOv8

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF CLAHE PREPROCESSING ON YOLOv8 AND FASTER R-CNN MODELS FOR MASS DETECTION IN MAMMOGRAPHY IMAGES

ABSTRACT

Breast cancer is one of the most common forms of cancer among women around the world. Early diagnosis and treatment increase the chances of successful treatment and survival significantly. Since mammograms have low contrast features and subjective evaluation, they might increase the likelihood of mistakes during mass detection. Deep learning-based object detection models show potential in reducing this margin of error, although the debate still exists concerning which architectural approach yields more reliable results.

When the existing literature is examined, CLAHE is seen to be a commonly used preprocessing technique in the field of medicine, with the objective of improving image interpretability. The use of CLAHE has always been considered a static preprocessing step. El-Banby et al. (2024) used CLAHE as part of a segmentation pipeline; Abdikenov et al. (2025) reported that this technique can increase mAP@0.5 by up to 0.209 points, but did not separately evaluate this gain across different architectures. Manolakis et al. (2025) also applied CLAHE uniformly across all models. Therefore, its effect on one-stage and two-stage detector architectures has not been examined in detail.

The goal of this study is to comparatively analyze the effect of CLAHE preprocessing on one-stage and two-stage object detection architectures, to assess whether preprocessing should be considered alongside architectural selection. YOLOv8 and Faster R-CNN models are trained on the CBIS-DDSM (scanned film mammography) dataset using CLAHE as a variable preprocessing step. The trained models are compared under conditions with and without CLAHE. Mean average precision (mAP@0.5), precision, recall, and F1-score metrics are reported.

The main contribution of this study is to provide evidence-based insight into whether CLAHE preprocessing produces a positive effect independently of architectural choice, serving as a reference for future system designers in making joint preprocessing and architectural decisions.

Keywords: CLAHE, Deep Learning, Faster R-CNN, Mammography, Mass Detection, YOLOv8

1. GİRİŞ

Meme kanseri, dünya genelinde en sık görülen kanser türüdür. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre yılda iki milyondan fazla yeni meme kanseri vaka tanısı verilmektedir. Erken evrede tespit, tedavi başarı oranını artırmaktadır (Hassan ve diğ., 2024). Mamografi görüntüsü, düşük doz X ışını kullanılarak meme dokusunun görüntülenmesine dayanan birincil görüntüleme yöntemidir. Mamografi görüntülerinin yorumlanması zaman alıcı ve öznel bir süreçtir. Bu durum otomatik kitle tespitini zorlu bir problem haline getirmektedir.

Derin öğrenme tabanlı nesne tespit modelleri, mamografi görüntülerinde kitle tespitinde umut verici sonuçlar göstermektedir. Nesne tespit modelleri mimari yaklaşıma göre iki ana gruba ayrılmaktadır: tek-aşamalı ve iki-aşamalı dedektörler. Tek aşamalı modeller, görüntüyü tek geçişte sınıflandırma ve tespitini yaparak hızlı sonuç elde edilmesini sağlar. YOLO bu yaklaşımın en temsili örneğidir. İki aşamalı modeller ise ilk geçişte bölge önerir, ardından bu önerilen bölgeleri sınıflandırır. Faster R-CNN iki aşamalı modellerin en yaygın yöntemi olarak bilinmektedir (Famouri ve diğ., 2021; Manolakis ve diğ., 2025).

Mamografi görüntülerinin düşük kontrast yapısını iyileştirmek, tespiti kolaylaştırmak amacı ile Kontrast Sınırlı Adaptif Histogram Eşitleme (CLAHE) tekniği özellikle sağlık alanında

yaygın olarak kullanılmaktadır. CLAHE, görüntüyü küçük bloklara bölerek her blokta histogram eşitlemesi uygular. Klip sınırı parametresi ile gürültü artırmayı önler. El-Banby ve diğ. (2024) CLAHE'yi segmentasyon sürecinin bir parçası olarak kullanmış; Abdikenov ve diğ. (2025) ise bu tekniğin mAP@0.5 değerini 0.209 puana kadar artırabildiğini göstermiştir. Manolakis ve diğ. (2025) de CLAHE'yi tüm modellere ayrım gözetmeksizin uygulamıştır.
Ancak literatürde CLAHE tekniğinin tek aşamalı ve iki aşamalı mimariler üzerindeki etkisinin ablation çalışması formatında karşılaştırılmadığı görülmektedir. Bu çalışma literatürdeki bu boşluğu doldurmak amacıyla, CBIS-DDSM veri seti üzerinde CLAHE'li ve CLAHE'siz deney koşulları altında YOLOv8 ve Faster R-CNN modellerini karşılaştırmaktadır. Bu doğrultuda çalışma, CLAHE'nin mimari seçiminden bağımsız evrensel bir katkı mı yoksa mimariye özgü diferansiyel bir etki mi yarattığını sorgulamaktadır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde çalışmada kullanılan veri seti, ön işleme adımları, model mimarileri, deney tasarımı ve elde edilen sonuçlar sunulmaktadır

2.1. Veri Seti ve Hazırlık

Çalışmada CBIS-DDSM (Curated Breast Imaging Subset of DDSM) veri seti kullanılmıştır (Lee ve diğ., 2017). Bu veri seti, taranmış film mamografilerinden oluşan kamuya açık büyük ölçekli bir veri setidir. CBIS-DDSM veri seti toplamda 2.857 tam mamografi görüntüsü içermektedir. Bu çalışma kapsamında yalnızca kitle anotasyonu bulunan görüntüler kullanılmıştır. Kalsifikasyon vakaları kapsam dışında tutulmuş; sınırlayıcı kutu koordinatı başarıyla elde edilen 1.592 görüntü analize dahil edilmiştir. Görüntüler 640×640 piksel boyutuna yeniden boyutlandırılmış ve YOLO formatında etiketlenmiştir.
Veri seti hasta bazında eğitim, doğrulama ve test olarak bölünmüştür. Aynı hastanın farklı görüntülerinin farklı bölümlerde yer almaması için hasta bazlı bölme uygulanmıştır. Tekrarlanabilirlik için rastgele tohum değeri 42 olarak sabitlenmiştir.

Tablo 1. CBIS-DDSM veri seti bölme istatistikleri

Bölüm	Görüntü Sayısı	Hasta Sayısı
Eğitim	991	552
Doğrulama	240	139
Test	361	201
Toplam	1.592	892

2.2. Ön İşleme

Ön işleme adımları üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce ham görüntüler 0-255 aralığına normalize edilerek uint8 formatına dönüştürülmüş, ardından 640×640 piksel boyutuna yeniden boyutlandırılmıştır. CLAHE, yeniden boyutlandırma işleminden sonra uygulanmıştır. Böylece tüm deney senaryolarında kontrast iyileştirme işlemi aynı uzamsal çözünürlükteki görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir. 640×640 çözünürlükte tileGridSize=(8,8) parametresi her bloğun 80×80 piksel boyutunda olmasını sağladığından yerel kontrast analizi görüntü genelinde tutarlı kalmaktadır. clipLimit değeri ise 2.0 olarak belirlenmiştir. Bu değer gürültü amplifikasyonunu sınırlarken yeterli kontrast artışına izin vermektedir.
Sınırlayıcı kutu koordinatları CBIS-DDSM'nin sağladığı ROI mask dosyalarından türetilmiştir. Her maske ikili eşikleme ile işlenmiş ve beyaz piksel bölgelerini kapsayan en küçük çevreleyen dikdörtgen hesaplanmıştır. Koordinatlar YOLO formatında normalize edilerek kaydedilmiştir. Birden fazla kitle içeren görüntülerde her kitle için ayrı satır üretilmiş, tüm kutular tek bir etiket dosyasına yazılmıştır. Baseline ve CLAHE versiyonlarında etiket

dosyaları birebir aynı tutulmuştur; yalnızca görüntüler farklıdır. Bu tasarım, CLAHE'nin etkisini diğer olası değişkenlerden izole etmektedir.

2.3. Model Mimarileri

YOLOv8s (small) modeli tek-aşamalı dedektör olarak seçilmiştir. Model 11.2 milyon parametreye sahip olup ImageNet üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklarla başlatılmıştır. Mamografi görüntülerinin anatomik bütünlüğünü korumak amacıyla mozaik artırım ve yatay/dikey çevirme augmentasyonları devre dışı bırakılmıştır.

Faster R-CNN modeli iki-aşamalı dedektör olarak seçilmiş olup ResNet-50 + FPN omurgası kullanılmıştır. Model torchvision kütüphanesi ile uygulanmış ve COCO üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklarla başlatılmıştır. Mamografi görüntüleri gri tonlamalı olduğundan ResNet-50'nin beklediği üç kanallı girişe uyum sağlamak amacıyla tek kanal üç kez tekrarlanmıştır. Faster R-CNN eğitimleri Google Colab Tesla T4 GPU üzerinde yürütülmüştür.

Bu çalışmada, kendi uygulama kütüphanelerinde sıklıkla kullanılan ön eğitimli ağırlıklar olan YOLOv8 için ImageNet, Faster R-CNN için ise COCO kullanılmıştır. Modeller arasındaki performans farkının nedeni sadece mimari yapı değil, ön eğitim veri seti ve uygulama ayrıntılarından da etkilenmiş olabilir. Bu durum, mimari karşılaştırmaya ilişkin bulguların yorumlanmasında göz önünde bulundurulması gereken bir sınırlılık olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 2. Model hiperparametreleri

Parametre	YOLOv8s	Faster R-CNN
Epoch	100 (erken durdurma)	100 (erken durdurma)
Erken durdurma sabrı	20	20
Görüntü boyutu	640×640	640×640
Optimizer	SGD, lr=0.01	SGD, lr=0.005
Batch size	Otomatik	4 (Colab T4)
Ön eğitim	ImageNet	COCO
Tohum (seed)	42	42

2.4. Deney Tasarımı

Çalışma ablation çalışması formatında tasarlanmış olup toplam dört senaryo değerlendirilmiştir: (1) YOLOv8s baseline, (2) YOLOv8s + CLAHE, (3) Faster R-CNN baseline ve (4) Faster R-CNN + CLAHE. Her model kendi içinde baseline ve CLAHE koşulları altında aynı hiperparametrelerle eğitilmiştir. Böylece CLAHE ön işlemesinin model içi etkisi izole edilmeye çalışılmıştır. Modeller arası karşılaştırmada ise mimari yapı, ön eğitim veri seti, batch size ve uygulama kütüphanesi farklılıklarının sonuçları etkileyebileceği dikkate alınmıştır. Değerlendirme metrikleri olarak mAP@0.5, mAP@0.5:0.95, kesinlik, duyarlılık ve F1 Skoru kullanılmıştır. Tüm metrikler eğitim sürecinde kullanılmayan bağımsız test seti üzerinden hesaplanmıştır.

2.5. Sonuçlar

Dört senaryoya ait test seti sonuçları Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Test seti performans karşılaştırması (4 senaryo)

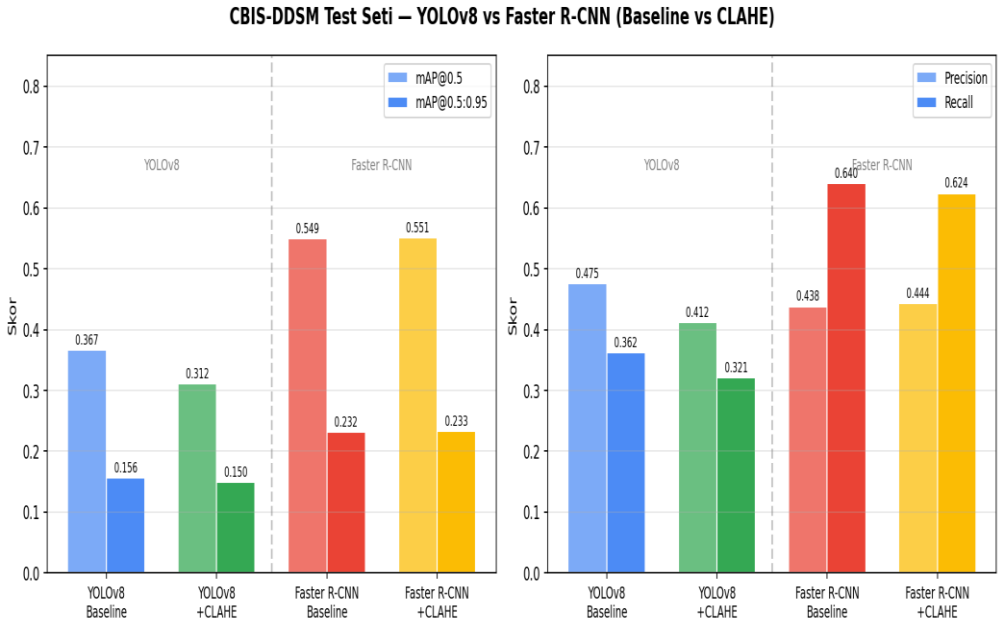
Senaryo	mAP@0.5	mAP@0.5:0.95	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Skoru
YOLOv8s Baseline	0.3665	0.1560	0.4753	0.3624	0.4113
YOLOv8s + CLAHE	0.3118	0.1497	0.4124	0.3212	0.3611
Faster R-CNN Baseline	0.5494	0.2324	0.4384	0.6402	0.5204
Faster R-CNN + CLAHE	0.5508	0.2331	0.4436	0.6243	0.5187

CLAHE etkisinin mimariye göre farklılaşması Tablo 4'te sayısal olarak özetlenmektedir.

Tablo 4. CLAHE ön işlemenin her iki mimari üzerindeki etkisi

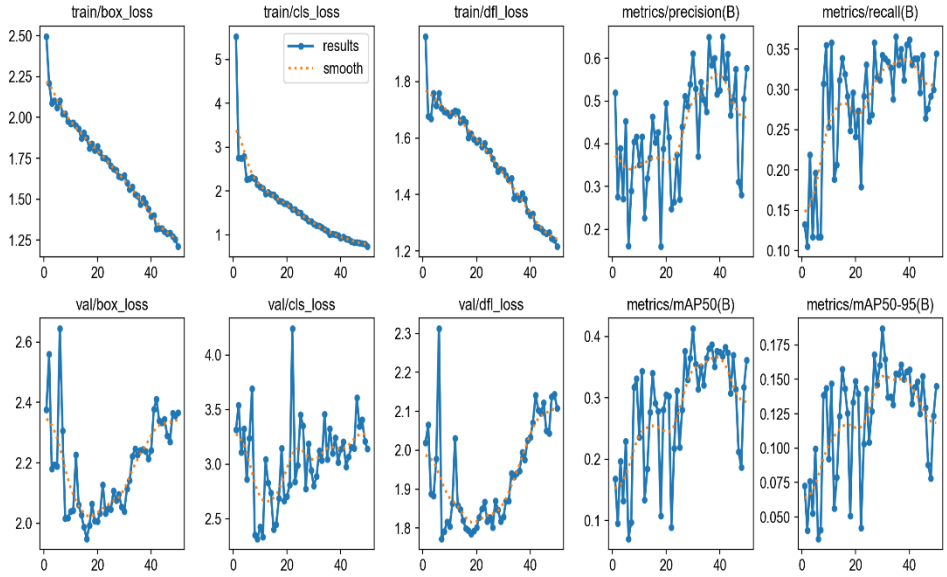
Mimari	Metrik	Baseline	CLAHE	Değişim (%)
YOLOv8s	mAP@0.5	0.3665	0.3118	−%14.9
YOLOv8s	Kesinlik	0.4753	0.4124	−%13.2
YOLOv8s	Duyarlılık	0.3624	0.3212	−%11.4
YOLOv8s	F1 Skoru	0.4113	0.3611	−%12.2
Faster R-CNN	mAP@0.5	0.5494	0.5508	+%0.3
Faster R-CNN	Kesinlik	0.4384	0.4436	+%1.2
Faster R-CNN	Duyarlılık	0.6402	0.6243	−%2.5
Faster R-CNN	F1 Skoru	0.5204	0.5187	−%0.3

Şekil 1'de dört senaryoya ait mAP@0.5, kesinlik ve duyarlılık değerlerinin karşılaştırmalı grafiği sunulmaktadır.

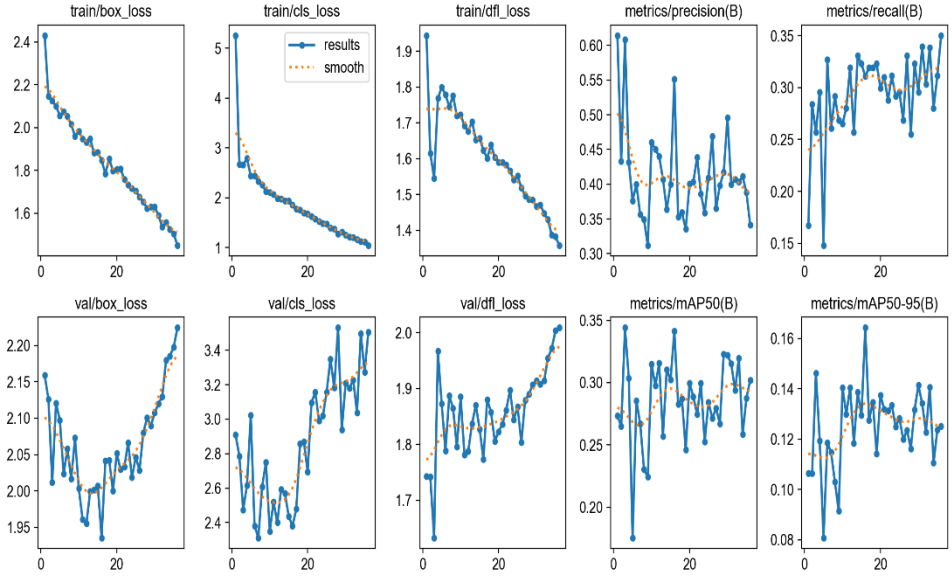


Şekil 1. Dört senaryonun test seti performans karşılaştırması

YOLOv8 modellerinin eğitim eğrileri Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmaktadır.

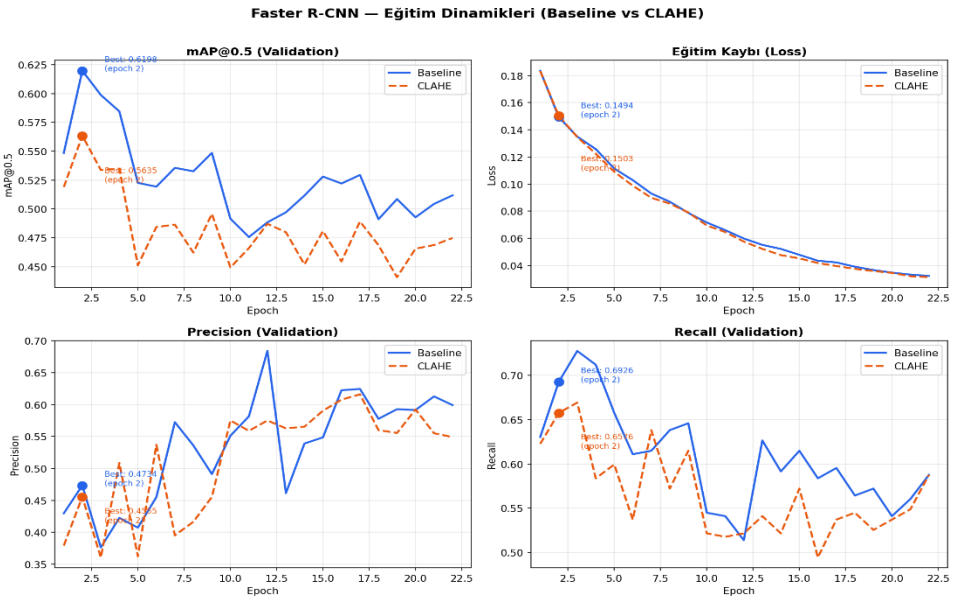


Şekil 2. YOLOv8s Baseline eğitim eğrileri



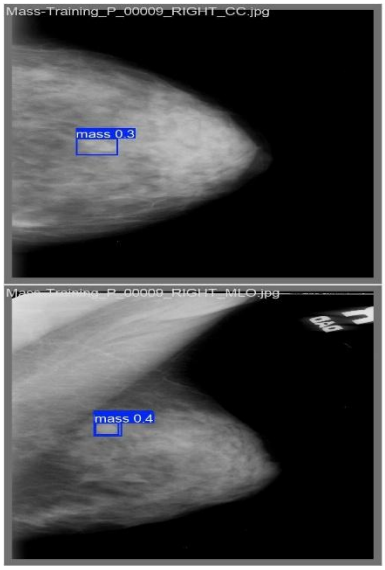
Şekil 3. YOLOv8s + CLAHE eğitim eğrileri

Faster R-CNN modellerinin eğitim eğrileri Şekil 4'te sunulmaktadır.

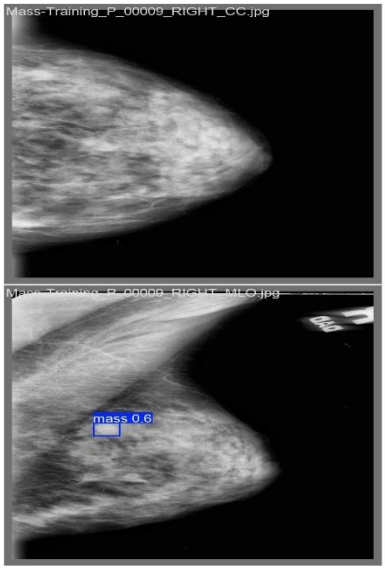


Şekil 4. Faster R-CNN Baseline ve CLAHE eğitim eğrileri

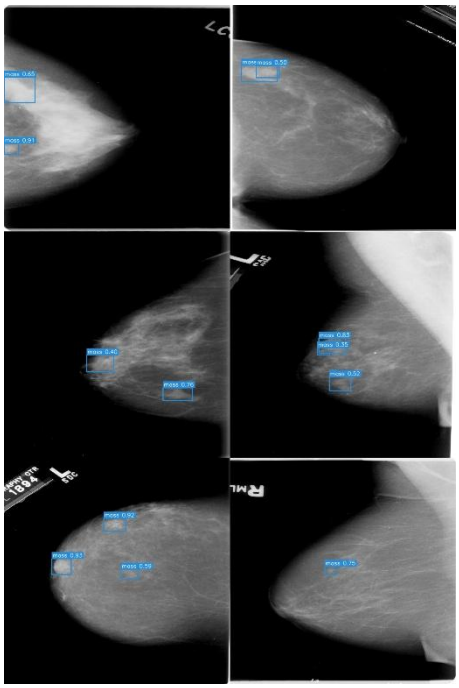
YOLOv8 modellerinin doğrulama seti üzerindeki tespit tahminleri Şekil 5 ve Şekil 6'da, Faster R-CNN modellerinin doğrulama seti üzerindeki tespit tahminleri Şekil 7 ve Şekil 8'de görselleştirilmektedir.

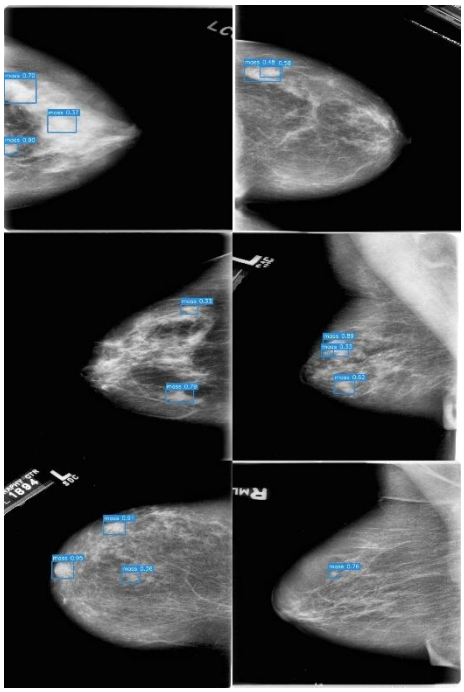


Şekil 5. YOLOv8s Baseline doğrulama tahminleri



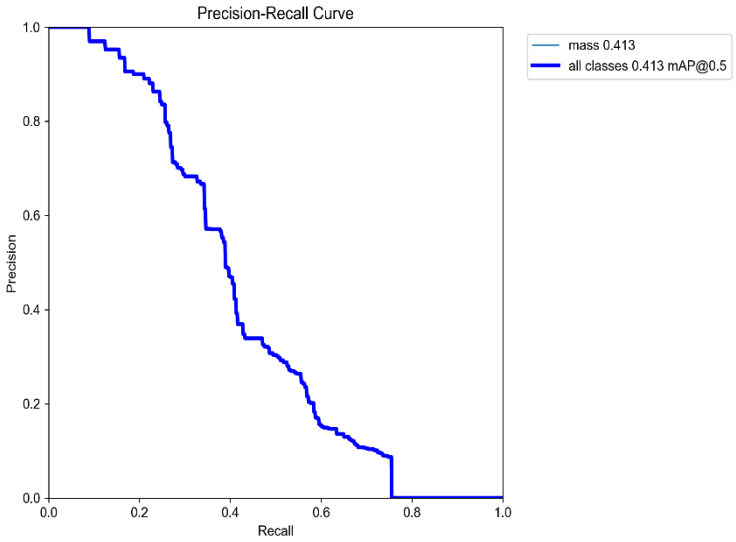
Şekil 6. YOLOv8s + CLAHE doğrulama tahminleri


Şekil 7. Faster R-CNN Baseline doğrulama tahminleri

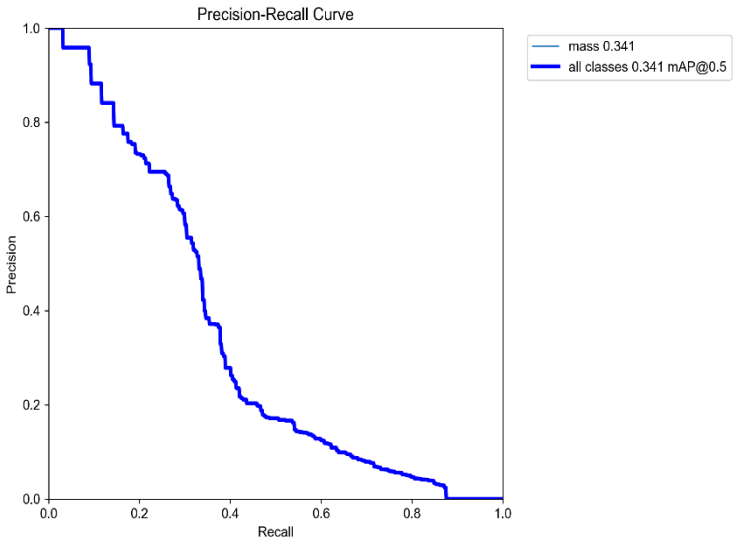


Şekil 8. Faster R-CNN + CLAHE doğrulama tahminleri

YOLOv8 modellerine ait Precision-Recall eğrileri Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmaktadır.



Şekil 9. YOLOv8s Baseline Precision-Recall eğrisi



Şekil 10. YOLOv8s + CLAHE Precision-Recall eğrisi

2.6. Bulgular ve Tartışma

YOLOv8 mimarisinde CLAHE ön işlemesi tüm metriklerde belirgin bir düşüşe neden olmuştur. mAP@0.5 değeri 0.3665'ten 0.3118'e gerilemiş; bu %14.9 oranında bir azalmaya karşılık gelmektedir. Kesinlik %13.2, duyarlılık %11.4, F1 Skoru ise %12.2 oranında düşmüştür. Buna karşın CLAHE modeli daha erken epoch'ta (epoch 16) en iyi doğrulama değerine ulaşmıştır. Bu bulgu, CLAHE'nin başlangıç yakınsamasını kolaylaştırmış olabileceğini; ancak nihai temsil kalitesi üzerinde sınırlayıcı bir etki yaratmış olabileceğini düşündürmektedir.

Faster R-CNN mimarisinde ise mAP@0.5 değeri 0.5494'ten 0.5508'e yalnızca 0.0014 puan artmıştır; bu artış oldukça küçük olduğundan pratik açıdan ihmal edilebilir düzeydedir; ancak istatistiksel anlamlılık değerlendirmesi için çoklu tekrarlar ve uygun testler gereklidir. Kesinlikte +%1.2 artış, duyarlılıkta −%2.5 ve F1 Skorunda −%0.3 oranında bir düşüş yaşanmıştır.

Mimari karşılaştırması açısından Faster R-CNN, ön işleme olmaksızın YOLOv8s'den yaklaşık 18 puan daha yüksek mAP@0.5 değeri elde etmiştir. Duyarlılık farkı özellikle dikkat çekicidir: Faster R-CNN gerçek kitlelerin %64'ünü tespit ederken YOLOv8 bu oranı %36 düzeyinde kalmıştır. Bu sonuç iki aşamalı bölge önerisine dayalı yapının küçük nesne tespitinde avantaj sağladığına işaret etmektedir.

CLAHE'nin beklenen faydayı sağlamaması birkaç neden ile açıklanabilir: CBIS-DDSM taranmış film mamografilerinden oluşmakta olup görüntüler zaten normalize edilip yeniden boyutlandırılmıştır; CLAHE'nin oluşturduğu kontrast değişikliği modelin öğrendiği piksel dağılım örüntülerini bozuyor olabilir. Her iki modelde de kullanılan omurgalar Batch Normalization içerir; bu katmanlar giriş kontrast değişikliklerini normalize ederek CLAHE etkisini azaltmaktadır. Kitleler görüntünün yalnızca %6.5-11'ini kaplamaktadır; CLAHE bu küçük bölgelerdeki gürültüyü de yükseltebilmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışma, CLAHE ön işleme adımının tek-aşamalı (YOLOv8s) ve iki-aşamalı (Faster R-CNN) nesne tespit mimarileri üzerindeki diferansiyel etkisini ablation çalışması formatında sistematik olarak incelemiştir. CLAHE ön işlemesi YOLOv8 mimarisinde mAP@0.5 değerini %14.9 oranında düşürmüş; Faster R-CNN mimarisinde ise +%0.3 düzeyinde oldukça sınırlı

ve pratik açıdan ihmal edilebilir bir değişime yol açmıştır. CBIS-DDSM veri seti üzerinde yürütülen dört deney koşulundan elde edilen bulgular, CBIS-DDSM veri seti ve seçilen iki mimari özelinde CLAHE'nin mimariden bağımsız evrensel bir kazanım sağlamadığını göstermektedir.

Mimari karşılaştırması açısından Faster R-CNN, ön işleme olmaksızın YOLOv8s'e kıyasla mAP@0.5'te yaklaşık 18 puan ve duyarlılıkta yaklaşık 28 puan üstünlük sergilemiştir. Ancak farklı ön eğitim veri setleri ve uygulama ayrıntıları nedeniyle bu fark, yalnızca mimari yapıdan kaynaklanan mutlak bir üstünlük olarak değerlendirilmemelidir. Bu bulgular klinik karar destek sistemi tasarımcılarına pratik bir mesaj vermektedir: ön işleme adımının seçimi model mimarisiyle birlikte değerlendirilmelidir. CLAHE'nin mimariden bağımsız bir iyileştirme aracı olarak varsayılması, özellikle tek-aşamalı dedektörlerde performans kayıplarına yol açabilir.

Bununla birlikte, bu çalışmada sadece CBIS-DDSM veri seti, YOLOv8s ve Faster R-CNN mimarileri, tek bir rastgele tohum değeri ve sabit CLAHE parametreleri kullanılmıştır. Bulguların farklı veri setleri, farklı mimariler ve farklı ön işleme parametreleriyle çoklu deney tekrarları üzerinden doğrulanması daha sağlıklı sonuç verecektir.

KAYNAKÇA

Abdikenov, B., Rakishev, D., Orazayev, Y., Zhaksylyk, T. (2025). Enhancing Breast Lesion Detection in Mammograms via Transfer Learning. Journal of Imaging, 11(9), 314. https://doi.org/10.3390/jimaging11090314

El-Banby, G. M., Salem, N. S., Tafweek, E. A., Abd El-Azziz, E. N. (2024). Automated abnormalities detection in mammography using deep learning. Complex & Intelligent Systems, 10, 7279–7295. https://doi.org/10.1007/s40747-024-01532-

Famouri, S., Morra, L., Mangia, L., Lamberti, F. (2021). Breast Mass Detection with Faster R-CNN: On the Feasibility of Learning From Noisy Annotations. IEEE Access, 9, 66163–66175. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3072997

Hassan, N. M., Hamad, S., Mahar, K. (2024). YOLO-based CAD framework with ViT transformer for breast mass detection and classification in CESM and FFDM images. Neural Computing and Applications, 36, 6467–6496. https://doi.org/10.1007/s00521-023-09364-5

Karaca Aydemir, B. K., Telatar, Z., Güney, S., Dengiz, B. (2025). Detecting and classifying breast masses via YOLO-based deep learning. Neural Computing and Applications, 37, 11555–11582. https://doi.org/10.1007/s00521-025-11153-1

Lan, Y., Lv, Y., Xu, J., Zhang, Y., Zhang, Y. (2024). Breast mass lesion area detection method based on an improved YOLOv8 model. Electronic Research Archive, 32(10), 5846–5867. https://doi.org/10.3934/era.2024270

Lee, R. S., Gimenez, F., Hoogi, A., Miyake, K. K., Gorovoy, M., Rubin, D. L. (2017). A curated mammography data set for use in computer-aided detection and diagnosis research. Scientific Data, 4(1), 170177. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.177

Manolakis, D., Bizopoulos, P., Lalas, A., Votis, K. (2025). A Two-Stage Lightweight Deep Learning Framework for Mass Detection and Segmentation in Mammograms Using YOLOv5 and Depthwise SegNet. Journal of Imaging Informatics in Medicine, 38, 3852–3867. https://doi.org/10.1007/s10278-025-01471-0

Moreira, I. C., Amaral, I., Domingues, I., Cardoso, A., Cardoso, M. J., Cardoso, J. S. (2012). INbreast: Toward a Full-field Digital Mammographic Database. Academic Radiology, 19(2), 236–248. https://doi.org/10.1016/j.acra.2011.09.014

Prinzi, F., Insalaco, M., Orlando, A., Gaglio, S., Vitabile, S. (2024). A Yolo-Based Model for Breast Cancer Detection in Mammograms. Cognitive Computation, 16(1), 107–120. https://doi.org/10.1007/s12559-023-10189-6

Shia, W. C., Ku, T. H. (2024). Enhancing Microcalcification Detection in Mammography with YOLO-v8 Performance and Clinical Implications. Diagnostics, 14(24), 2875. https://doi.org/10.3390/diagnostics14242875

Soltani, H., Amroune, M., Bendib, I., Haouam, M.-Y., Benkhelifa, E., & Fraz, M. M. (2024). Breast lesions segmentation and classification in a two-stage process based on Mask-RCNN and Transfer Learning. Multimedia Tools and Applications, 83, 35763–35780. https://doi.org/10.1007/s11042-023-16895-5

Su, Y., Liu, Q., Xie, W., Hu, P. (2022). YOLO-LOGO: A transformer-based YOLO segmentation model for breast mass detection and segmentation in digital mammograms. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 221, 106903. https://doi.org/10.1016/j.cmpb**.2022.106903.**

TARIMSAL İLAÇLAMA VE SAHA VERİ ANALİTİĞİNDE KULLANILAN DÖNER KANATLI İHA SİSTEMLERİNİN TEKNİK TASARIM VE OPERASYONEL SÜREÇLERİ

Erdem BAKAR
Iskenderun Technical University, Iskenderun Vocational School of Higher Education, Unmanned Aerial Vehicle Technology and Operator Program, 31200 Iskenderun, HATAY
ORCID ID: 0009-0000-5940-4999
Dr. Mustafa ÇAKIR
Iskenderun Technical University, Iskenderun Vocational School of Higher Education, Unmanned Aerial Vehicle Technology and Operator Program, 31200 Iskenderun, HATAY
ORCID ID: 0000-0002-1794-9242

ÖZET
Küresel iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı ve sürdürülebilir gıda güvenliği gereksinimleri, geleneksel tarım yöntemlerinin yerini dijital ve hassas tarım uygulamalarına bırakmasını zorunlu kılmaktadır. Bu dönüşümün en dinamik ve hızlı gelişen unsurlarından biri olan İnsansız Hava Araçları (İHA), özellikle döner kanatlı (multi-rotor) konfigürasyonları ile tarımsal ilaçlama ve saha veri analitiğinde devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Bu çalışma, tarımsal amaçlı kullanılan döner kanatlı İHA sistemlerinin teknik tasarım kriterlerini ve operasyonel süreçlerini kapsamlı bir literatür taraması eşliğinde inceleyen kavramsal bir derleme ve farkındalık bildirisi niteliğindedir. Çalışma kapsamında quadcopter, hexacopter ve octocopter gibi multi-rotor mimarileri; fırçasız dc motorlar, elektronik hız kontrolörleri ve lityum tabanlı batarya yönetim sistemlerinden oluşan itki ve enerji altyapısı; RTK-GNSS ve LiDAR destekli Aviyonik donanımlar ile elektrostatik püskürtme faydalı yük mekanizmaları teknik açıdan ele alınmıştır. Operasyonel boyutta ise otonom rota planlama algoritmaları (Boustrophedon/zikzak kapsama), görev sürekliliği (breakpoint resume), sürüklenme (drift) kontrolü ve meteorolojik kısıtlar incelenmiştir. Multispektral uzaktan algılama teknolojileri, NDVI/NDRE/SAVI vejetasyon indeksleri ve değişken oranlı uygulama sistemleri de sentezlenmiştir. Ulusal yasal mevzuatlar (SHT-İHA), batarya kapasitesi kısıtlamaları ve Tarım 5.0 vizyonu çerçevesinde sürü İHA teknolojilerinin geleceği tartışılmıştır. Bu çalışmanın araştırmacılar ve tarımsal otomasyon uygulayıcıları için bütüncül bir teknik referans kaynağı oluşturması hedeflenmektedir.
Anahtar Kelimeler: Hassas Tarım, Döner Kanatlı İHA, Tarımsal İlaçlama, Uzaktan Algılama, Saha Veri Analitiği, Aviyonik Tasarım, Nesnelerin İnterneti.

TECHNICAL DESIGN AND OPERATIONAL PROCESSES OF ROTARY-WING UAV SYSTEMS IN AGRICULTURAL SPRAYING AND FIELD DATA ANALYTICS

ABSTRACT
Global climate change, rapid population growth, and the imperative for sustainable food security have made the transition from traditional farming to digital and precision agriculture practices inevitable. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), particularly in rotary-wing (multi-rotor) configurations, represent one of the most transformative elements of this shift, offering revolutionary solutions in agricultural spraying and field data analytics. This study is a conceptual review and awareness paper that systematically examines the technical design criteria and operational processes of rotary-wing UAV systems used for agricultural purposes, supported by a comprehensive literature survey. The paper addresses multi-rotor architectures

including quadcopter, hexacopter, and octocopter configurations; propulsion and energy subsystems comprising brushless DC motors, Electronic Speed Controllers, and lithium-based Battery Management Systems; RTK-GNSS and LiDAR-enabled avionics; and electrostatic spraying payload mechanisms. On the operational side, autonomous path-planning algorithms (Boustrophedon/lawnmower coverage), mission continuity (breakpoint resume), drift control, and meteorological constraints are reviewed. Multispectral remote sensing technologies, NDVI/NDRE/SAVI vegetation indices, and Variable Rate Application systems are also synthesized. National regulatory frameworks, battery limitations, and the future of swarm UAV technologies within the agriculture 5.0 vision are discussed. This study aims to serve as a comprehensive technical reference for researchers and agricultural automation practitioners.
Keywords: Precision Agriculture, Rotary-Wing UAV, Agricultural Spraying, Remote Sensing, Field Data Analytics, Avionics Design, Internet of Things.

1. GİRİŞ

Hassas tarım (Precision Agriculture), girdi kaynaklarının (su, gübre, pestisit, işgücü) en verimli şekilde kullanılarak birim alandan en yüksek ürün verimi ve kalitesinin elde edilmesini hedefleyen teknoloji yoğun bir yönetim stratejisidir (Mowla et al. 2026). Geleneksel tarımsal faaliyetlerde tüm arazi homojen kabul edilerek tek düze bir ilaçlama ve gübreleme yapılmakta, bu durum hem girdi maliyetlerini gereksiz yere artırmakta hem de ciddi çevre kirliliğine yol açmaktadır. Kimyasal pestisitlerin ve herbisitlerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı, toprak ekosistemine zarar vermekte, yeraltı su kaynaklarına karışmakta ve bitkisel ürünlerde kalıntı bırakarak insan sağlığını tehdit etmektedir (Ahirwar et al. 2019; Mowla et al. 2026). Bu doğrultuda tarımsal girdilerin optimize edilmesi, hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik açısından hayati bir zorunluluk haline gelmiştir.

Son on yılda robotik, aviyonik ve yapay zekâ alanlarında yaşanan hızlı gelişmeler, İHA'ların sivil ve endüstriyel alanlarda kullanımını yaygınlaştırmıştır. Tarım sektörü, İHA teknolojilerinin en etkin biçimde entegre edildiği alanların başında gelmektedir. Tarımsal İHA'lar temelde iki ana amaca hizmet etmektedir: saha veri analitiği (uzaktan algılama) ve sıvı-katı faydalı yüklerin (ilaç, gübre, tohum) hassas şekilde hedef alana uygulanması. Döner kanatlı (multi-rotor) İHA sistemleri, sabit kanatlı muadillerine kıyasla dikey iniş-kalkış (VTOL) yapabilme, havada belirli bir koordinatta sabit asılı kalabilme (hovering) ve dar alanlarda yüksek manevra kabiliyeti gösterme gibi yapısal avantajlara sahiptir (Mogili and Deepak 2018). Türkiye ve dünyadaki tarım arazilerinin çoğunlukla parçalı, engebeli yapıda olması ve çevrelerinde ağaç, elektrik hattı gibi engeller barındırması, döner kanatlı İHA'ların kullanımını operasyonel açıdan neredeyse zorunlu kılmaktadır.

Döner kanatlı İHA'ların tarımsal ilaçlamadaki en büyük mühendislik avantajlarından biri de pervanelerin oluşturduğu aşağı yönlü rüzgar (downwash) etkisidir. Bu aerodinamik kuvvet, püskürtülen sıvı damlacıklarının havada asılı kalarak çevreye sürüklenmesini (drift) azaltmakta ve ilacın bitki kanopisinin alt yapraklarına kadar nüfuz etmesini sağlayarak ilaçlama etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Toscana et al. 2024). Bu bildiri, deneysel bir veri seti sunmaktan ziyade, söz konusu sistemlerin teknik tasarım bileşenlerini, operasyonel yönetim süreçlerini ve veri analitiği entegrasyonlarını güncel literatür ışığında derleyerek sektörel bir farkındalık oluşturmayı amaçlamaktadır.

2. TEKNİK TASARIM BİLEŞENLERİ VE YAPISAL KONFİGÜRASYONLAR

Tarımsal ilaçlama ve veri toplama amacıyla tasarlanan döner kanatlı İHA'lar, değişken açık hava koşullarında (rüzgar, yüksek sıcaklık, nem) ağır sıvı yükleri taşıyarak stabil uçuş gerçekleştirmek zorundadır. Bu durum, mekanik, elektriksel ve aviyonik alt sistemlerin

birbirleriyle tam uyumlu ve optimize edilmiş bir mimaride tasarlanmasını gerektirmektedir (Mowla et al. 2026).

2.1. Gövde Mimarisi ve Yapısal Konfigürasyonlar

İHA'nın taşıyacağı sıvı yük miktarı, genellikle 10 litreden başlayıp 50 litreye kadar çıkabilen tank kapasiteleri ile, gövde mimarisinin ve motor sayısının belirlenmesindeki en kritik etkendir (Ahirwar et al. 2019). Sektörde yaygın olarak quadcopter (4 rotor), hexacopter (6 rotor) ve octocopter (8 rotor) konfigürasyonları kullanılmaktadır. Rotor sayısının artması, motor başına düşen yükü azaltarak toplam kaldırma kuvvetini yükseltir ve sisteme donanımsal yedeklilik (redundancy) kazandırır. Özellikle hexacopter ve octocopter tasarımları, uçuş esnasında olası bir motor veya pervane arızasında otopilot algoritmasının diğer motorların devrini dinamik olarak artırması sayesinde İHA'nın güvenli acil iniş yapabilmesini sağlar (Mowla et al. 2026). Gövde malzemesi olarak hafiflik, yüksek burulma mukavemeti ve kimyasal korozyona karşı yüksek direnç sağlayan karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) ve havacılık sınıfı alüminyum alaşımları standart olarak kullanılmaktadır (Mowla et al. 2026). İlaç tankı, sıvı hareketlerinden kaynaklanan çalkantıların ağırlık merkezini bozmasını engellemek amacıyla gövdenin tam geometrik merkezinde konumlandırılmalıdır. Rotor konfigürasyonlarının karşılaştırmalı teknik özellikleri Tablo 1'de yer almaktadır.

Konfigürasyon	Faydalı Yük Kapasitesi	Güvenlik / Yedeklilik	Enerji Verimliliği	Kullanım Alanı
Quadcopter (4 Rotor)	Düşük-Orta (10-16 L)	Düşük (Tek motor arızasında kaza riski)	Yüksek	Küçük araziler, haritalama
Hexacopter (6 Rotor)	Orta-Yüksek (16-30 L)	Orta (Tek motor kaybını tolere eder)	Orta	Standart ilaçlama, geniş alanlar
Octocopter (8 Rotor)	Çok Yüksek (30-50+ L)	Yüksek (Çift motor kaybında dahi inebilir)	Düşük	Ağır endüstriyel yük, büyük ölçekli araziler

Tablo 1. Rotor konfigürasyonlarının karşılaştırmalı teknik özellikleri (Ahirwar et al. 2019; Mowla et al. 2026).

2.2. İtki ve Enerji Yönetim Sistemleri

Tarımsal döner kanatlı İHA'ların havada kalma süresi ve operasyonel verimliliği, doğrudan fırçasız DC (BLDC) motorlar, elektronik hız kontrolörleri ve pervanelerden oluşan itki sisteminin performansına bağlıdır (Mowla et al. 2026). Tarım ortamındaki yüksek toz ve neme karşı motorların IPX6 veya üzeri sızdırmazlık standardına sahip olması gerekmektedir (Mowla et al. 2026). Güç kaynağı olarak yüksek akım deşarj kapasitesi sunan Lityum-Polimer (LiPo) ve son yıllarda enerji yoğunluğu daha yüksek olan Lityum-İyon (Li-Ion) veya katı-hal (Solid-State) batarya teknolojileri entegre edilmektedir (Cheng et al. 2023; Mowla et al. 2026). Akıllı batarya yönetim sistemleri, her bir hücrenin voltaj dengesini, sıcaklığını ve anlık çekilen akımı izleyerek aşırı ısınma ve hücre çökmesi risklerini engeller (Cheng et al. 2023). Sıvı yük taşınırken harcanan yüksek güç nedeniyle, elektrikli döner kanatlı tarım İHA'larının tam yük altındaki otonom ilaçlama süresi ortalama 15-25 dakika ile sınırlıdır (Ahirwar et al. 2019). Bu kısıtlamayı aşmak amacıyla küçük hacimli içten yanmalı motorlar ile jeneratör kombinasyonundan oluşan hibrit itki sistemleri üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir (Mowla et al. 2026).

2.3. Aviyonik Mimari ve Sensör Füzyonu

Otonom uçuş yeteneği, gelişmiş bir uçuş kontrol kartı ve üzerinde çalışan açık kaynak kodlu (ArduPilot, PX4 gibi) veya endüstriyel otopilot yazılımları ile sağlanır (Mowla et al. 2026). Aviyonik sistem; atalet ölçüm birimi, barometre, dijital pusula ve küresel seyrüsefer uydu sistemleri verilerini Kalman filtreleme tabanlı algoritmalar ile birleştirerek (sensör füzyonu) İHA'nın konum, yönelim ve irtifa bilgilerini milisaniyeler düzeyinde hesaplar (Toscana et al. 2024). Tarımsal ilaçlamada santimetre hassasiyetinde konumlandırma kritik öneme sahiptir; aksi takdirde arazide üst üste binen ya da tamamen ilaçsız kalan şeritler oluşur. Bu nedenle Real-Time Kinematic diferansiyel GPS sistemleri standart bir gereksinim haline gelmiştir (Toscana et al. 2024). Ayrıca bitki kanopisi üzerinde sabit yükseklikte uçuş için gövde altına yerleştirilen milimetrik dalga (mmWave) radarları veya LiDAR sensörleri ile arazi takibi (terrain following) otonom olarak gerçekleştirilir (Toscana et al. 2024).

2.4. Püskürtme ve Faydalı Yük Donanımları

Püskürtme donanımı; sıvı tankı, yüksek basınçlı elektrikli diyafram pompaları, akış ölçerler (flowmeter), basınç sensörleri ve püskürtme memelerinden (nozul) oluşur. Nozulların tasarımı, püskürtülen sıvının hacimsel medyan çapını yani damlacık boyutunu belirler (Chen et al. 2021). Çok küçük damlacıklar rüzgar etkisiyle hedef dışı alanlara taşınarak kimyasal israfa ve çevre kirliliğine yol açarken; çok büyük damlacıklar ise yaprak yüzeyinden sekerek toprağa akmaktadır. Güncel tasarımlarda motor devriyle damlacık boyutunun ayarlanabildiği santrifüjlü (döner diskli) nozullar ve damlacıklara elektriksel yük yükleyen elektrostatik püskürtme sistemleri öne çıkmaktadır (Chen et al. 2021). Elektrostatik yükleme sayesinde elektrik yükü kazandırılmış damlacıklar, topraklanmış (nötr) bitki yaprakları tarafından elektrostatik indüksiyon etkisiyle adeta bir mıknatıs gibi çekilmekte; böylece ilacın yaprağın alt yüzeyine de tutunması sağlanarak kimyasal madde tasarrufu %30 ila %40 düzeyinde gerçekleşmektedir (Chen et al. 2021).

3. OPERASYONEL SÜREÇLER VE GÖREV PLANLAMASI

Tarımsal İHA uygulamalarının başarısı, yalnızca gelişmiş donanımlara sahip olmakla değil, aynı zamanda uçuş öncesi, uçuş esnası ve uçuş sonrası operasyonel süreçlerin sistematik biçimde yönetilmesiyle mümkündür.

3.1. Uçuş Öncesi Hazırlık ve Sahada Dijital Haritalama

Operasyonun ilk adımı, hedef tarım arazisinin dijital sınır haritasının ve topoğrafyasının çıkarılmasıdır. Ağır ilaçlama İHA'larının enerjisini harcamamak adına öncelikle optik RGB kameraya sahip küçük bir haritalama İHA'sı ile otonom keşif uçuşu gerçekleştirilir. Elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler fotogrametri yazılımları ile işlenerek arazinin güncel bir ortomozaik haritası ve dijital yüzey modeli oluşturulur (Toscana et al. 2024). Bu harita üzerinde elektrik direkleri, ağaçlar, su kuyuları ve insan hareketliliği olan yapılar tespit edilerek yer kontrol istasyonu yazılımında "Uçuşa Yasak Bölge" (No-Fly Zone) olarak coğrafi kodlama ile işaretlenir (Mowla et al. 2026).

3.2. Otonom Rota Planlama ve Kapsama Algoritmaları

Oluşturulan sayısal harita üzerinden yer kontrol yazılımı vasıtasıyla en optimize otonom rota planlanır. Tarımsal alanda en sık uygulanan rota tipi "Boustrophedon" (Zikzak) veya spiral kapsama algoritmalarıdır (Toscana et al. 2024; Mowla et al. 2026). Rota çizgileri arasındaki mesafe (line spacing), İHA'nın altındaki püskürtme sisteminin efektif kaplama genişliği (swath width) ile birebir eşleştirilir. Gelişmiş otopilot yazılımları, ilaç tankının boşaldığını veya bataryanın kritik seviyeye geldiğini algıladığında İHA'yı otomatik olarak kalkış noktasına geri döndürür (Return to Launch). Lojistik ikmal (batarya değişimi ve ilaç dolumu) yapıldıktan sonra, İHA hafızasındaki son koordinatı çağırarak görevine kaldığı yerden kesintisiz biçimde devam eder (breakpoint resume) (Mowla et al. 2026).

3.3. Dinamik Operasyonel Parametreler ve Çevre Etkileri

Operasyon esnasında birim alana düşen ilaç dozajının homojen kalabilmesi için İHA'nın ileri uçuş hızı (genellikle 3-7 m/s) ile sıvı pompasının debisi (L/dk) arasında otopilot tarafından dinamik bir senkronizasyon kurulur (Mowla et al. 2026). İHA hız değiştirdiğinde pompa debisi de otomatik olarak ayarlanır. Meteorolojik koşullar tarımsal İHA operasyonlarında en kritik kısıttır: rüzgar hızının 5 m/s'yi geçtiği durumlarda damlacık kayması (drift) kontrol edilemeyecek boyutlara ulaşır (Mowla et al. 2026). Ayrıca hava sıcaklığının 30°C'nin üzerinde, bağıl nemin ise %40'ın altında olduğu saatlerde püskürtülen mikro damlacıklar bitkiye ulaşamadan buharlaşmaktadır (Mowla et al. 2026). Bu nedenle operasyonların rüzgarın sakin ve sıcaklığın düşük olduğu sabahın erken veya akşamın geç saatlerinde gerçekleştirilmesi, optimize süreç yönetimi açısından zorunludur.

4. SAHA VERİ ANALİTİĞİ VE UZAKTAN ALGILAMA ENTEGRASYONU

Modern döner kanatlı İHA sistemleri yalnızca akıllı birer püskürtücü değil, aynı zamanda topladıkları multispektral verilerle bütüncül bir saha veri analitiği platformudur. Uzaktan algılama teknikleri, bitki sağlığının makro düzeyde izlenmesine olanak tanımaktadır (Toscana et al. 2024).

4.1. Spektral Görüntüleme Teknolojileri

İHA'lara entegre edilen multispektral kameralar; görünür ışık bantlarının (Kırmızı, Yeşil, Mavi) yanı sıra insan gözünün algılayamadığı Kırmızı Kenar (RedEdge) ve Yakın Kızılötesi (NIR) bantlarında da çekim yapabilmektedir. Sağlıklı bitki yapraklarındaki klorofil molekülleri, fotosentez için görünür kırmızı ışığı yüksek oranda soğururken, hücresel yapıları nedeniyle kızılötesi ışığı güçlü şekilde geri yansıtmaktadır. Bitki susuzluk, hastalık veya zararlı istilası nedeniyle strese girdiğinde klorofil aktivitesi azalmakta ve yaprak iç yapısı bozulmaktadır; bu durum kızılötesi yansımanın düşmesine, kırmızı ışık yansımasının ise artmasına neden olmaktadır (Toscana et al. 2024). Spektral kameralar bu anomaliyi santimetre hassasiyetinde kaydedebilmektedir.

4.2. Vejetasyon İndeksleri ile Bitki Sağlığı Takibi

Haritalama uçuşundan elde edilen spektral ham görüntüler, fotogrametrik yöntemlerle birleştirilerek arazinin Vejetasyon İndeksi (VI) haritalarına dönüştürülür. Literatürde en yaygın kullanılan indeks, Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksidir (NDVI). NDVI, yakın kızılötesi ve kırmızı bantların matematiksel kombinasyonu ile hesaplanmaktadır (Toscana et al. 2024):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

NDVI değeri -1 ile +1 arasında değişmekte olup, canlı ve yoğun yeşil vejetasyon içeren alanlar 0,6 ile 0,9 arasında yüksek değerler alır. NDVI'nin yanı sıra, bitki gelişiminin erken dönemlerinde toprak arka plan gürültüsünü filtreleyen Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) ve klorofil değişimlerine çok daha hassas olan Normalized Difference Red Edge (NDRE) indeksleri de hesaplanarak sahaya dair çok katmanlı sağlık raporları çıkarılmaktadır (Toscana et al. 2024).

4.3. Reçete Haritalama ve Değişken Oranlı Uygulama (VRA)

Elde edilen vejetasyon indeks haritaları, coğrafi bilgi sistemlerinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları (örn. Random Forest, Destek Vektör Makineleri) ile analiz edilerek arazi içindeki problem bölgeleri sınıflandırılır (Goel et al. 2024). Bu analizin çıktısı olarak, arazinin hangi koordinatına ne kadar kimyasal uygulanacağını belirten bir Reçete Haritası (Prescription Map / Shapefile) üretilir. Değişken Oranlı Uygulama (Variable Rate Application - VRA) yeteneğine sahip akıllı ilaçlama İHA'ları, bu dijital haritayı otopilot sistemine yükleyerek; sağlıklı bölgelerde pompayı tamamen kapatarak veya kısarak ilaç harcamasını minimumda tutar, problem bölgelerinde ise pompa basıncını artırarak yoğun hedeflenmiş

püskürtme yapar (Faiçal et al. 2017). Bu entegrasyon sayesinde toplam pestisit ve herbisit kullanımı %30 ila %50 arasında azaltılabilmektedir (Faiçal et al. 2017).

5. SEKTÖREL ZORLUKLAR, MEVZUATLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Tarımsal İHA teknolojilerinin hassas tarıma sunduğu yadsınamaz katkılara rağmen, bu sistemlerin kitlesel yaygınlaşmasının önünde hem donanımsal hem de bürokratik engeller bulunmaktadır.

5.1. Teknik Kısıtlamalar ve Donanımsal Darboğazlar

En temel teknik kısıt, mevcut lityum tabanlı bataryaların enerji yoğunluğunun (Wh/kg) düşük olmasıdır. İHA'nın kalkış ağırlığı sıvı yük nedeniyle arttıkça enerji tüketimi üstel biçimde yükselmekte, bu da operasyon süresini daraltmaktadır. Sahada sürekli jeneratör ve hızlı şarj istasyonları barındırma zorunluluğu operasyonel lojistiği zorlaştırmaktadır. Ayrıca tarla koşullarında cihazların maruz kaldığı yoğun toz, kimyasal buhar ve yüksek sıcaklık, hassas elektronik bileşenlerin ömrünü kısaltmaktadır. Bu nedenle tarım sınıfı İHA'ların tüm gövde ve konnektör yapılarının en az IP67 sızdırmazlık standardında üretilmesi bir mühendislik zorunluluğu olarak karşımıza çıkmaktadır (Mowla et al. 2026).

5.2. Ulusal Mevzuatlar ve Sivil Havacılık Sınırları

Türkiye'de tüm İHA operasyonları Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayınlanan İHA Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) kapsamında denetlenmektedir (SHGM 2024). Tarımsal ilaçlama yapan İHA'lar, yüksek sıvı tankı kapasiteleri nedeniyle maksimum kalkış ağırlığı 25-150 kg arasında değişen İHA-2 veya 150 kg üzeri olan İHA-3 kategorisine girmektedir (SHGM 2024). Bu kategorideki cihazları kullanacak operatörlerin teorik ve pratik eğitimlerden geçerek ticari pilot lisansı alması, cihazların tescil ettirilmesi ve her operasyon öncesinde ilgili mülki idare amirlikleri ile SHGM'den koordinat bazlı hava sahası izni alınması yasal zorunluluktur. Bu bürokratik süreçlerin yoğunluğu, çiftçiler ve yerel hizmet sağlayıcılar için zaman zaman operasyonel gecikmelere yol açabilmektedir.

5.3. Gelecek Perspektifi: Tarım 5.0 ve Sürü İHA'lar

Teknolojik projeksiyonlar, yakın gelecekte tekil İHA operasyonlarının yerini tamamen otonom sürü İHA sistemlerine bırakacağını göstermektedir. Birbirleriyle 5G/6G veya lokal mesh ağları üzerinden haberleşen çoklu İHA filoları, geniş arazileri görev paylaşımı yaparak çok daha kısa sürelerde tarayıp ilaçlayabilecektir (Cheng et al. 2023). Yapay zekanın uçta işleme (Edge AI) teknolojileriyle birleşmesi sayesinde, İHA üzerindeki onboard bilgisayarlar kamera görüntüsünden yabani ot türünü uçuş esnasında gerçek zamanlı tespit edip, altındaki mikro-nozul dizilimi vasıtasıyla yalnızca o otun üzerine mililitre düzeyinde nokta atışı ilaç bırakabilecektir (Cheng et al. 2023; Goel et al. 2024). Böylece haritalama uçuşu ile ilaçlama uçuşu arasındaki zaman farkı ve iş gücü ihtiyacı tamamen ortadan kalkacaktır. Ayrıca, tarladaki yoğun toz, kimyasal buhar ve yüksek sıcaklık gibi zorlu çevre koşullarının hassas aviyonik bileşenler üzerindeki yıpratıcı etkilerini en aza indirmek adına, makine öğrenmesi tabanlı durum izleme (condition monitoring) ve kestirimci bakım (predictive maintenance) algoritmaları İHA motor ve bataryalarının sağlığını anlık olarak takip edebilecektir (Çakir et al. 2019; Cakir et al. 2021). Kırsal tarım arazilerinde sıklıkla karşılaşılan GSM kapsama alanı yetersizlikleri ve zayıflıkları ise sürü İHA'lara entegre edilecek uydu tabanlı IoT haberleşme modülleriyle aşılarak kesintisiz bir operasyonel veri akışı ve yapısal koordinasyon güvenliği sağlayacaktır (Oral and Çakır 2017; Akkoyun and Çakır 2026).

6. SONUÇ

Bu bildiride, modern hassas tarım tekniklerinin en yenilikçi araçlarından biri olan döner kanatlı İHA sistemlerinin teknik tasarım kriterleri, operasyonel süreç yönetimi ve saha veri analitiği boyutları kavramsal düzeyde incelenmiştir. Güncel mühendislik literatürü ve sektörel eğilimler sentezlenerek bütüncül bir bakış açısı sunulmuştur. Döner kanatlı İHA'ların dikey

iniş-kalkış esnekliği, havada sabit kalabilme yeteneği ve kanopi altı yapraklara erişim sağlayan downwash etkisi, onları tarımsal operasyonlarda sabit kanatlı araçlara göre çok daha verimli kılmaktadır (Mogili and Deepak 2018). Çoklu spektral uzaktan algılama teknikleri ile değişken oranlı ilaçlama donanımlarının entegrasyonu, kimyasal kullanımını önemli ölçüde azaltarak hem üretici maliyetlerini düşürmekte hem de doğal ekosistemi korumaktadır (Faiçal et al. 2017; Toscana et al. 2024). Mevcut batarya kapasitelerindeki kısıtlar ve sivil havacılık mevzuatlarındaki katı izin süreçleri şu an için birer darboğaz oluştursa da, katı-hal batarya teknolojileri, otonom sürü robotik sistemleri ve uçta yapay zekâ yazılımları ile tarımsal İHA'lar Tarım 5.0 vizyonunun temel taşı olmaya devam edecektir (Cheng et al. 2023; Cakir 2025). Bu çalışmanın, ülkemizdeki tarımsal otomasyon süreçlerine teorik bir kaynak oluşturması ve bu alandaki mühendislik farkındalığını artırması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Ahirwar, S., Swarnkar, R., Bhukya, S., & Namwade, G. (2019). Application of drone in agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(01), 2500-2505.

Akkoyun E, Çakır M. (2026). Smart UAV Systems and Internet of Things Integrated Solutions for Sustainable Aquaculture Management, presented at the 4th International Conference on Pioneer and Innovative Studies (ICPIS), Konya.

Cakir, M, Guvenc, M A, & Mistikoglu, S. (2021). The experimental application of popular machine learning algorithms on predictive maintenance and the design of IIoT based condition monitoring system. Computers & Industrial Engineering, 151, 106948.

Cakir M. (2025). Avionics 4.0: The Evolution of Artificial Intelligence and Condition Monitoring in Unmanned Aerial Vehicles. In Proceedings of the 6th Bilsel International Turabdin Scientific Researches and Innovation Congress.

Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S. (2021). Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *14*(1), 38-49.

Cheng, N, Wu, S, Wang, X, Yin, Z, Li, C, Chen, W, & Chen, F. (2023). AI for UAV-assisted IoT applications: A comprehensive review. *IEEE Internet of Things Journal*, *10*(16), 14438-14461.

Çakir, M., Güvenç, M. A., & Mistikoğlu, S. (2019, September). IoT based condition monitoring system design for investigation of non-oil ball bearing in terms of vibration, temperature, acoustic emission, current and revolution parameters. In Proceedings of the 10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems (pp. 1059-1068).

Faiçal BS, Freitas H, Gomes PH, Mano LY, Pessin G, de Carvalho AC, Ueyama J. (2017). An adaptive approach for UAV-based pesticide spraying in dynamic environments. Computers and Electronics in Agriculture 138, 210-223.

Goel, D, Kapur, B, and Vuppuluri, P P (2024). Machine Learning Interventions for Weed Detection using Multispectral Imagery and Unmanned Aerial Vehicles--A Systematic Review. *arXiv preprint arXiv:2408.06727*.

Mogili UR, Deepak BBV. (2018). Review on application of drone systems in precision agriculture. Procedia Computer Science 133, 502-509.

Mowla, M. N., Mowla, N., Chowdhury, S. R., Rabie, K. M., & Shongwe, T. (2026). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Smart Agriculture with Machine Learning: A System-Oriented Review of Methods, Applications, and Challenges. Smart Agricultural Technology, 101880.

Oral, O., & Çakır, M. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavrami ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (Özel (Special) 1), 172-177.

SHGM. (2024). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA). SHGM Yayınları, Ankara.

Toscano, F., Fiorentino, C., Capece, N., Erra, U., Travascia, D., Scopa, A., ... & D'Antonio, P. (2024). Unmanned aerial vehicle for precision agriculture: A review. IEEE access, 12, 69188-69205.

GÜNTER GRASS'IN "KUTU-KARANLIK ODA HİKAYELERİ" ROMANINDA KARANLIK ODA METAFORU OLARAK BİLİNÇALTI VE BELLEK

Prof. Dr. Şenay KAYĞIN
Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Alman Dili ve Edebiyatı Bölümü, 25240 Yakutiye, Erzurum
ORCID ID: 0000-0001-6190-2591

ÖZET
Günter Grass'ın eserlerinde, savaş sonrası Alman edebiyatı bağlamında bellek, tarih ve bireysel hesaplaşma temaları belirgin bir yer tutmaktadır. Bu çalışma, Günter Grass'ın *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* adlı eserinde "karanlık oda" metaforunun bilinçaltı ve bellek kapsamındaki işlevini incelemeyi amaçlamaktadır. Romanda, modern bireyin geçmişle kurduğu ilişki, fotoğrafçılığın teknik ve simgesel işlevleri üzerinden işlenmektedir. Bu bağlamda karanlık oda, yalnızca fotoğrafın üretildiği fiziksel bir mekân olmanın dışında bastırılmış anıların, geri dönen travmaların ve gizlenen deneyimlerin yoğunlaştığı bir bilinçaltı alanı olarak da ele alınmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde, karanlık oda metaforu ve bilinçaltının temsili, karanlık odanın bastırılmış içeriklerin yüzeye çıkışını simgeleyen bir yapı olarak nasıl işlediği tartışılmaktadır. Bu metafor, bireyin suçluluk, travma ve bastırma mekanizmalarıyla şekillenen psikolojik dünyasına ışık tutmaktadır. İkinci bölümde ise belleğin inşası, fotoğraf, hatırlama ve geçmişle yüzleşme ilişkisi; fotoğrafın belleği yeniden kuran ve dönüştüren bir araç olarak üstlendiği rol çerçevesinde ele alınmaktadır. Çalışmada, hatırlama süreci, dinamik ve öznel bir yapı olarak değerlendirilirken, bireysel bellek ile tarihsel/kolektif bellek arasındaki karşılıklı ilişki de vurgulanmaktadır. Böylece eser hem bireysel psikoloji hem de toplumsal bellek düzleminde çok yönlü bir okuma imkânı sunmaktadır.
Anahtar kelimeler: Günter Grass, Kutu-Karanlık Oda Hikayeleri, Bilinçaltı, Bellek

THE SUBCONSCIOUS AND MEMORY AS A DARKROOM METAPHOR IN GÜNTER GRASS'S THE BOX: TALES FROM THE DARKROOMABSTRACT

Günter Grass's works prominently engage with themes of memory, history, and individual reckoning within the context of postwar German literature. This study aims to examine the function of the "darkroom" metaphor in his work The Box: Tales from the Darkroom in relation to the unconscious and memory. The text addresses the fragile relationship modern individuals establish with the past through the technical and symbolic functions of photography. In this context, the darkroom is considered not only as a physical space where photographs are produced, but also as a realm of the unconscious where repressed memories, recurring traumas, and concealed experiences intensify. In the first section of the study, the darkroom metaphor and its representation of the unconscious are discussed in terms of how it operates as a structure symbolizing the emergence of repressed content. This metaphor sheds light on the individual's psychological world shaped by mechanisms of guilt, trauma, and repression. In the second section, the construction of memory, photography, remembering, and the act of confronting the past are examined within the framework of photography's role as a medium that reconstructs and transforms memory. The study considers remembering as a dynamic and subjective process while also emphasizing the reciprocal relationship between

individual memory and historical/collective memory. Thus, the work offers a multifaceted reading at both the level of individual psychology and collective memory.
Keywords: Günter Grass, The Box: Tales from the Darkroom, Unconscious, Memory

1. GİRİŞ

II. Dünya Savaşı sonrasında Alman edebiyatı, bireyin geçmişle kurduğu ilişkiyi, toplumsal suçluluk olgusunu ve tarihsel travmaların bireysel bellekteki yansımalarını sorgulayan önemli bir inceleme alanı olmuştur. Bu bağlamda savaş sonrası Alman edebiyatının en etkili yazarlarından biri olan Günter Grass, eserlerinde geçmişle hesaplaşma ve tarihsel bellek gibi konuları edebî üretiminin merkezine yerleştirmiştir.

Bellek, bireysel bir hatırlama etkinliğinin ötesinde, toplumsal ve kültürel bağlamlar içinde yeniden biçimlendirilen bir yapı olarak ele alınmaktadır. Maurice Halbwachs'a göre bireysel bellek, her zaman toplumsal çerçeveler tarafından şekillendirilmekte ve hatırlama süreci bu çerçeveler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Halbwachs, 1992: 38). Pierre Nora, modern toplumlarda belleğin giderek zayıfladığını ve bu nedenle "bellek mekânları" üzerinden temsil edildiğini ileri sürmektedir. (Nora, 1989: 7).

Travma kuramı bağlamında Cathy Caruth, travmanın gecikmeli ve tekrar eden bir yapıya sahip olduğunu vurgularken (Caruth, 1996: 4), Dominick LaCapra geçmişle yüzleşme süreçlerinde "çalışma" (working through) kavramına dikkat çekmektedir (LaCapra, 2001: 21). Fotoğraf ise Roland Barthes ve Susan Sontag'ın çalışmalarında, geçmişi belirli bir ana indirerek zaman içindeki akışından ayıran, bu anı kalıcı bir görsel kayıt hâline getiren ve hatırlamayı değişmez bir temsil üzerinden yansıtan bir yapı olarak ele alınmaktadır (Barthes, 1981: 76; Sontag, 1977: 3). Grass'ın eserlerinde tarih, geçmişte yaşanmış olayların ötesinde, sürekli geri dönen ve bireyin bilincini ile kimliğini şekillendiren canlı bir bellek alanı olarak kurgulanmaktadır. Bu yönüyle yazarın eserleri, bireysel deneyim ile kolektif bellek arasında kurulan çok yönlü etkileşimi somutlaştıran bir anlatı yapısı sunmaktadır. *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* adlı eserde fotoğraf, belleği yalnızca kaydeden bir araç olmaktan ziyade, onu canlı tutan, yeniden kuran ve hatırlama sürecini sürekli kılan metaforik bir işlev üstlenmektedir. Eserde "karanlık oda", fotoğrafın üretildiği teknik bir mekân olmanın yanı sıra, bastırılmış anıların, travmatik deneyimlerin ve bilinçaltına itilmiş geçmişin yeniden belirginleştiği simgesel bir alan olarak işlev görmektedir (Halbwachs, 1992; Caruth, 1996; Barthes, 1981).

Fotoğrafın karanlık odada yavaş yavaş belirginleşmesi gibi, bireyin geçmişe ait bastırılmış deneyimleri de anlatı boyunca bilinç düzeyine çıkmakta; böylece hatırlama, unutma ve yüzleşme süreçleri iç içe geçmektedir (Grass, 2000: 28). Psikanalitik açıdan değerlendirildiğinde karanlık oda metaforu, bilinçaltının işleyişine dair güçlü çağrışımlar taşımaktadır. Özellikle bastırma mekanizması, travmatik yaşantıların geri dönüşü ve suçluluk duygusunun bilinç üzerindeki etkileri, eserde fotoğraf ve görüntü üretimiyle ilişkilendirilerek aktarılmaktadır (Assmann, 2011: 35–38).

Romanda, karanlık oda, görünmeyenin görünür olduğu, saklı olanın açığa çıktığı bir ara mekân niteliği taşırken; bireyin geçmişle kurduğu sorunlu ilişkinin de simgesel karşılığı hâline gelmektedir. Bu yönüyle eser, yalnızca bireysel psikolojiyi değil, savaş sonrası Alman toplumunun tarihsel belleğini ve kolektif travmalarını da tartışmaya açmaktadır (Welzer, 2002: 187–189). Bu doğrultuda romanda, başta kutu olmak üzere nesneler ve mekânlar, sıradan anlatı unsurları olmanın ötesine geçerek, belleğin yeniden üretim süreçlerini somutlaştıran sembolik düzlemlere dönüşmektedir. Bu durum, Aleida Assmann'ın kültürel bellek kuramında vurgulanan, geçmişin sürekli yeniden kurulan bir temsil alanı niteliği taşıdığı düşüncesiyle ilişkilendirilebilir (Assmann, 2011: 42–45). Dolayısıyla Romanda, "kutu" tarafından üretilen görüntüler, sabit bir gerçeklik kaydı olmaktan ziyade, bellek

süreçlerinin görsel düzlemde yeniden inşa edilmesini mümkün kılan simgesel üretimler olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan Harald Welzer'in kolektif bellek ve travma kuramı çerçevesinde, hatırlama süreçlerinin bireysel olduğu kadar toplumsal ve aktarılabilir bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Welzer, 2002: 118–121). Bu açıdan kutunun ürettiği görüntüler, yalnızca bireysel algının ürünü değil, aynı zamanda bastırılmış, ertelenmiş veya doğrudan ifade edilemeyen deneyimlerin dolaylı temsiline imkân tanıyan bir bellek dolaşım alanı olarak okunabilir.

Bu çalışmada, *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* adlı eserde "karanlık oda" metaforunun bilinçaltı ve bellek bağlamındaki rolü incelenecektir. İlk olarak karanlık oda metaforunun bastırılmış içeriklerin ortaya çıkışını simgeleyen yapısı üzerinde durulacak; ardından fotoğraf, hatırlama ve geçmişle yüzleşme ilişkisi çerçevesinde belleğin nasıl yeniden kurulduğu tartışılacaktır. Böylece eserin hem bireysel bellek hem de tarihsel/toplumsal bellek düzleminde sunduğu çok yönlü yapısının ortaya konulması amaçlanmaktadır.

2. KARANLIK ODA METAFORU VE BİLINÇALTININ TEMSİLİ

Edebî metinlerde mekân, çoğu zaman yalnızca fiziksel bir çevreyi işaret etmez, aynı zamanda insan zihninin, hatırlama süreçlerini ve bilinçaltının karmaşık yapısını temsil eden bir imgeye dönüşür. Bu bağlamda Günter Grass'ın *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri*'nde geçen "karanlık oda metaforu", hem bilinçaltının temsili hem de görünmeyen düşüncelerin, bastırılmış anıların ve zihnin derinliklerine itilen deneyimlerin yeniden şekillendiği bir anlatı alanı olarak değerlendirilebilir.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri'nde karanlık oda, fotoğrafın üretildiği bir mekândan çok, unutulmuş anların ve bastırılmış deneyimlerin sızdığı bir düşünce evreni olarak belirir. Her kare, geçmişin parçalarını yeniden bir araya getirirken hem bireysel belleğin hem de toplumsal belleğin bastırılmış anlamlarını ortaya çıkarır. Bu noktada fotoğraf ve hatırlamanın, geçmişi olduğu gibi kaydetmek yerine onu yeniden yorumlama, yeniden kurma ve farklı açılardan değerlendirme özelliği vardır. Grass, romanda olay örgüsünde yer alan geçmişi, kendi deneyimi aracılığıyla okuyucuya çok yönlü ve farklı bakış açısıyla sunar.

Grass'ın *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* ile *Telgte'de Buluşma* (Das Treffen in Telgte) *ve diğer birçok* eserinde olduğu gibi gerçeklik ile kurmaca arasındaki sınırların bilinçli olarak iç içe geçirildiği yönündeki benzerlikler gözlemlenmektedir. Bu iki metinde dikkat çekici olan ise tarihsel ve kurmaca unsurların birbirine eklemlenmiş olması ve anlatının çok yönlü bir kurgusal yapı üzerinden ilerlemesidir. Grass'ın *Telgte'de Buluşma* adlı kısa romanı, 1647 yılında, Otuz Yıl Savaşları'nın son döneminde geçer. Vestfalya Barışı görüşmeleri sürerken Alman barok şairleri ve yazarları Telgte kasabasında bir araya gelir. Romanda tarihsel kişiler kullanılır ancak buluşma tamamen kurmacadır. Şairler savaşın yıkımı, Alman dilinin durumu, edebiyatın toplumdaki rolü ve barış üzerine tartışırlar. Bir yandan sanatın insanları birleştirebileceğine inanırlar, diğer yandan kendi aralarındaki rekabetler ve fikir ayrılıkları ortaya çıkar. Grass aslında bu toplantıyı, savaş sonrası Alman edebiyat çevresi olan Grup 47'nin alegorisi olarak kurgular. Yani roman sadece 17. yüzyılı değil, II. Dünya Savaşı sonrası Almanya'nın kültürel ve politik sorunlarını da dolaylı biçimde anlatır (Grass, 1994, s. 45). Yazarın 1970'lerde *Telgte'de Buluşma* için yürüttüğü tarihsel ve mekânsal araştırmalar, Barok döneme ait yerel izlerin saha gözlemleriyle temellendirilmesiyle somutlaşmış; bu süreç, *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* içinde yer alan görsel ve yazılı kayıt unsurlarına yansıyarak belleğin kayıt temelli bir üretim alanı olarak yapılandırıldığını göstermiştir. Bu hazırlık süreci, gerçekliğin doğrudan aktarımı yerine seçilmesi, yeniden düzenlenmesi ve dönüştürülmesi yoluyla metne dâhil edilmesi bağlamında değerlendirilebilir. Bu çerçevede, her iki eserde de tarihsel malzemenin kurmaca yapı içerisinde yeniden kurgulandığı; böylece değişmeyen bir

gerçeklik iddiası yerine çok yönlü ve yorumlanabilir bir anlatı yapısının oluşturulduğu görülmektedir. Bu durum, Grass'ın yazınsal pratiğinin gerçekliği doğrudan yansıtmaktan ziyade bellek ve tarihsel deneyimi yeniden kurarak metinsel düzlemde yeniden ürettiğini göstermektedir (Jaroszewski, 2023, s. 69).

Bilinçdışı, psikanalitik kuramda bireyin bastırılmış deneyimlerinin, arzularının ve travmatik yaşantılarının doğrudan erişilemeyen ancak çeşitli temsil biçimleri aracılığıyla dolaylı olarak açığa çıktığı bir yapı olarak ele alınmaktadır. Sigmund Freud'a göre bilinçdışı, bireyin psikolojik/ruhsal yaşamında aktif bir rol oynayan ve çeşitli semptomlar, düşler ve sembolik anlatımlar yoluyla kendini gösteren bir alandır (Freud, 2016: 71–73). *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* adlı eserde "karanlık oda" metaforu, bu kuramsal çerçeveden bakıldığına sadece fotoğrafın üretildiği teknik bir mekân olarak görülmez. Bastırılmış anıların ve deneyimlerin ortaya çıktığı simgesel bir alan olarak kurgulanır. Bu yönüyle karanlık oda, bilinçdışının dolaylı temsil mekanizmalarını ortaya koyan bir ara mekân niteliği taşımaktadır.

Carl Gustav Jung'a göre bilinçdışı, yalnızca bireysel bastırılmış içeriklerden ibaret olmayıp, aynı zamanda kolektif imgeler ve arketipsel yapılar aracılığıyla kendini gösteren daha geniş bir psikolojik alanı ifade etmektedir (Jung, 1959: 44). Bu bağlamda karanlık oda, bireysel bilinçdışının yanı sıra kolektif bilinçdışına ait imgelerin de yoğunlaştığı bir temsil alanı olarak okunabilmektedir. Fotoğrafın karanlık odada ortaya çıkış süreci, bilinçdışının yüzeye çıkma biçimiyle benzer bir işleyiş göstermektedir. Görüntünün zamanla belirginleşmesi, bastırılmış içeriklerin aşamalı olarak bilinç düzeyine taşınmasını simgelemekte; böylece karanlık oda hem üretim hem de açığa çıkma sürecinin gerçekleştiği metaforik bir yapı olarak dikkat çekmektedir.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri romanında "kutu" olarak adlandırılan nesne, yalnızca teknik bir görüntü üretim aracını temsil etmez. Aynı zamanda gerçeklik sınırlarını yeniden kuran bir bellek teknolojisi olarak işlev görmektedir. Metinde "Kutum öyle resimler çeker ki, yok öyle bir şey. Önceden orada olmayan şeyler görür. Ya da rüyamızda bile aklımıza gelmeyecek şeyler gösterir. Her şeyi görür benim kutum." (Grass, 2018, s. 18) ifadesi, bu nesnenin mevcut olanı kaydetmenin ötesinde, olmayanı da görünür kılan üretimsel bir temsil mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir. Olay örgüsünde başkişi Marie karakterinin fotoğraf çekmesi, anlatıda yalnızca bireysel bir eylem olarak değil, aynı zamanda bellek ve temsil ilişkisini kuran merkezi bir pratik olarak yansımaktadır. Marie'nin fotoğraf üretme süreci, söz konusu romanda, hatırlamanın teknik bir karşılığına dönüşür. Çekilen her görüntü, geçmişin sabitlenmesinden ziyade onun yeniden kurulmasına aracılık eder.

Bu bağlamda fotoğraf, Marie'nin bakış açısından pasif bir kayıt aracı olmaktan çıkar ve geçmişle kurulan ilişkinin aktif bir üretim alanına dönüşür. Fotoğraf çekme eylemi, hatırlama ile unutma arasındaki gerilimi sürekli yeniden üreten bir süreç olarak kurgulanır. Marie'nin objektifi, dış dünyayı kaydeden bir araç olduğu kadar bastırılmış olanın dolaylı biçimde ortaya çıkmasına olanak tanıyan bir rol üstlenir. Dolayısıyla Marie'nin fotoğraf çekmesi, bireysel bir gözlem pratiğinin ötesine geçerek, geçmişin temsil yoluyla yeniden yapılandırıldığı ve belleğin süreklilik içinde yeniden üretildiği bir anlatı düzlemini vurgular. Bu yönüyle fotoğraf hem bireysel bellek hem de metnin geneline atıfta bulunulan kolektif bellek katmanlarını birbirine bağlayan bir aracı konumuna yerleşir. Olay örgüsünde geçen, "Fakat bildiğiniz üzere, kesinlikle sıradan birer enstantane olmayan çok sayıda fotoğraf bir ara kayboldu" (Grass, 2018, s. 10–11) ifadesi, fotoğrafın sadece görsel bir kayıt olmadığını, aynı zamanda bellek ve anlam üretiminin taşıyıcısı olduğunu göstermektedir. Bu kayıp durumu, aileye ait görsel arşivin bütünlüğünü bozarak hatırlama sürecini kesintiye uğratmakta ve geçmişin değişmez bir anlatı olarak yeniden **oluşturulmasını** tartışmalı hâle getirmektedir. Bu bağlamda "kutu", aile albümüne benzer biçimde işleyen bir bellek alanı olarak geçmişi

depolayan bir arşiv niteliği taşırken, aynı zamanda hatırlamanın seçici ve yeniden inşa edici karakterini de somutlaştırmaktadır. Fotoğrafların hem saklanması hem de belirli olanlarının ortadan kaldırılması, belleğin yalnızca kayıt tutmadığını, aynı zamanda dışlayan ve dönüştüren bir yapı olduğunu ortaya koyar. Özellikle bazı görüntülerin gizlenmesi, hatırlama ile unutma arasındaki sınırın geçirgenliğini artırarak, geçmişin tekil ve değişmez bir bütün olarak algılanmasını engeller. Dolayısıyla kutu, yalnızca fotoğrafların toplandığı bir nesne olmanın dışında, imgelerin sürekli yeniden üretildiği, anlamın değişkenlik kazandığı ve bireysel/ailesel belleğin dinamik biçimde yeniden kurulduğu bir temsil mekânı olarak da rol oynar.

Romanda, Marie figürü üzerinden şekillenen söz konuş fotoğraf üretimi, hatırlama sürecinin salt bir kayıt olmaktan ziyade seçici ve sürekli yeniden şekillenen bir süreç olduğunu gösterir. Bastırılmış anıların ve yeniden ortaya çıkan imgelerin anlatıda yer alması, bilinçaltında saklı kalan unsurların dolaylı biçimde açığa çıkmasına olanak sağlar. Eserde gerçekçi ve fantastik unsurların bir arada kullanılması, bellek ve bilinçdışı süreçler açısından gerçek ile kurmaca arasındaki sınırların belirsizleşmesine yol açmaktadır. Bu durum, kaybolan, gizlenen ya da yeniden oluşturulan imgeler aracılığıyla geçmişin ve değişmez bir bütün olarak aktarılamayacağını göstermektedir. Bu yönüyle eserde, bireysel deneyim ile kolektif bellek ve bilinçaltı arasındaki ilişkiler **ortaya koyulur**. Böylece hatırlama eylemi hem psikolojik hem de toplumsal bir yeniden kurma süreci olarak ele alınır.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri'nde olay örgüsü, gerçekçi öğeler ile olağanüstü unsurların bir araya geldiği hem gözlemlenebilir gerçekliği hem de hayal gücünü aynı anlatı çerçevesinde sunan bir yapı sergilemektedir. Büyülü gerçekçilik çerçevesinde sıradan olan ile sıra dışının birlikte kurgulanması ise metinde gerçeklik algısının istikrarlı bir zeminden uzaklaşmasına ve anlatının çok katmanlı bir temsil düzlemine dönüşmesine imkân tanımaktadır (García, Teker, 2004: 31). Bu doğrultuda söz konusu romanda fotoğraf, bellek ve aile öyküsü etrafında kurulan dünya, gündelik gerçekliğin sınırlarını aşan masalsı ve yer yer fantastik öğelerle genişletilmektedir. Metinde yer alan Marie/Mariecik karakteri de bu geçişken yapının bir örneği olarak, hem sıradan bir aile öyküsünün parçası hem de masalsı bir evrenin karakteri gibi konumlandırılmaktadır (Grass, 2018: 11). Böylece anlatıda gerçek ile kurmaca arasındaki sınırlar belirsizleşmekte; bellek, temsil ve hayal gücü birbirinin içine geçmiş bir yapı hâline gelmektedir. (Kayğın: 2025: 203). *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri* eserinde fotoğraf, "kutu" ve karanlık oda metaforları, yalnızca teknik ve anlatıya dair bir unsur olmanın ötesinde, bireysel ve kolektif bellek ile bilinçaltını temsil eden simgesel yapılar olarak değerlendirilmektedir.

3. BELLEĞİN İNŞASI: FOTOĞRAF, HATIRLAMA VE GEÇMİŞLE YÜZLEŞME İLİŞKİSİ

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri'nde bellek, fotoğraf ve hatırlama ilişkisi, geçmişin doğrusal bir anlatı olmanın dışında seçme, dönüştürme ve yeniden kurma süreçleri üzerinden işleyen dinamik bir yapı olarak ele alınmaktadır. Fotoğrafın üretim sürecine özgü olan anın kaydedilmesi ile belleğin değişken yapısı arasındaki zıtlık, hatırlamayı basit bir tekrar yerine anlam üreten dinamik bir süreç şekline dönüştürmektedir. (Assmann, 1992, s. 34–36). Bu çerçevede geçmişle yüzleşme, yalnızca hatırlananın yeniden ortaya konulmasını değil, aynı zamanda bastırılmış ve ertelenmiş deneyimlerin anlatı düzlemine dâhil edilmesiyle mümkün hâle gelmektedir (Erll, 2017, s. 58–60). Grass'ın söz konusu romanında bellek, bireysel deneyim ile tarihsel/toplumsal bağlam arasında hareket eden çok katmanlı bir yapı olarak işlev görürken, fotoğraf bu süreci hem kayıt altına alan hem de yeniden yorumlayan bir aracılık düzeyi kazanmaktadır.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri bağlamında bellek, bireysel hatırlama süreçlerinin yanı sıra görsel ve kültürel temsiller aracılığıyla yeniden üretilen bir yapı olarak ele alınmaktadır. Siegfried Kracauer, görsel medyanın geçmişi sabitlemenin dışında onu parçalı ve seçici bir biçimde yeniden kurduğunu vurgulayarak, fotoğrafın tarihsel gerçekliği doğrudan yansıtmak yerine onu yorumlayan bir araç olduğunu belirtir (Kracauer, 1960: 47–50). Roland Barthes, fotoğrafın hem geçmişte yaşanmış olayları gösterdiğini hem de artık var olmayan ya da kaybolmuş olanı dolaylı olarak ortaya çıkardığını söyler (Barthes, 1981: 76–78). Bu bağlamda fotoğraf hem geçmişin kaydı hem de hatırlama süreçlerinin yeniden yapılandırıldığı bir bellek nesnesi rolündedir. Astrid Erll'in kültürel bellek yaklaşımına göre ise bellek, bireysel zihinsel süreçlerin ötesinde, metinler ve imgeler aracılığıyla dolaşıma giren kültürel bir anlam alanıdır (Erll, 2011: 112–115). Bu teorik çerçevede fotoğraf hem bireysel hem de kolektif belleğin kesişiminde yer alan bir aracı olarak geçmişle yüzleşme sürecini mümkün kılmaktadır.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri'nde "karanlık oda" metaforu, fotoğrafın üretim mantığını bellek ve travma süreçleriyle kesiştiren bir düşünme düzlemi olarak ele alınmaktadır. Bu çerçevede karanlık oda, yalnızca görüntünün teknik olarak ortaya çıktığı bir aşama olmanın yanı sıra, geçmişin seçilmesi, ertelenmesi ve yeniden yorumlanması süreçlerinin yoğunlaştığı bir alan olarak değerlendirilmektedir. Fotoğrafın ortaya çıkış sürecindeki gecikmeli görünürlük, belleğin doğrusal olmayan yapısıyla ilişkilenerek hatırlama eyleminin sabit ve değişmez bir süreç olmadığını göstermektedir. Bu bağlamda eser, bireysel bellek ile travmatik deneyimler arasındaki ilişkiyi bastırma ve hatırlama süreçleri açısından ele almaktadır. Karanlık oda metaforu, geçmişin doğrudan aktarımından çok, seçilerek yeniden yorumlanmasına işaret etmektedir. Bu doğrultuda bellek, edilgen bir kayıt alanı değil, geçmişi dönüştüren dinamik bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan travma, metinde anlatı akışını kesintiye uğratan ve hatırlama sürecini parçalı hâle getiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, geçmişin değişmez bir yapıdan ziyade farklı bellek katmanları aracılığıyla yeniden yorumlandığını göstermektedir. Bu yönüyle eser, bireysel deneyim ile onun anlatıdaki temsili arasındaki ilişkinin değişken ve yeniden biçimlenen bir yapı taşıdığını ortaya koymaktadır (Schlichting, 2022, s. 145)

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri bağlamında değerlendirildiğinde, Grass'ın savaş suçları, travma, adaletsizlik ve geçmişle yüzleşme gibi temaları sürekli yeniden gündeme taşıması, bireysel hatırlamanın ötesinde toplumsal belleğin sürekliliğine işaret etmektedir. "Bana 'Sonra, daha çok zamanım olduğunda oynarız. Bekleyemeyecek bir şeyle hesaplaşmam lazım…' demişti" ifadesi (Grass, 2018, s. 164-165), geçmişle hesaplaşmanın ertelenemez niteliğini vurgularken, travmatik deneyimlerin bireysel yaşam üzerinde bıraktığı kalıcı etkileri de görünür hâle getirmektedir. Bu bağlamda alıntı, eserde hatırlama sürecinin kişisel bir geri dönüş ve zamanda tarihsel ve toplumsal sorumluluk bilinciyle ilişkili bir yüzleşme biçimi olarak kurgulandığını göstermektedir. Kutu, romandaki adaletsizlikleri, tabuları, savaş suçlarını ve soykırımla yüzleşme süreçlerini aile fotoğrafları aracılığıyla kayda geçirir. Romandaki baba figürü, aile gerçeklerini çocuklarından bilinçli biçimde gizlediğini ve bu gerçekleri içeren fotoğrafların Mariecik tarafından çocuklara gösterilmesine de izin vermediğini itiraf eder. "Fakat sizi sakındım. Mariecik'e size, iki alkov yatağın-itiraf etmeliyim ki- benim dileğim üzerine çektiği ürkünç fotoğraflarının birini bile göstermesini yasakladım", (Grass, 2018, s. 143). Bu fotoğraflar, ailenin geçmişiyle bağlantılı olarak, geçmişin hatırlanmasını ve tarihsel belleğin sonraki kuşaklara aktarılmasında son derece büyük bir rol oynar. Romanda, geçmişin hatırlanması ve tarihsel belleğin yeniden üretimi süreçleri, fotoğraf ve karanlık oda metaforu aracılığıyla ele alınmaktadır. Eserde, bireysel bellek ile toplumsal ve tarihsel bağlam arasındaki etkileşim, olayların kaydedilmesinin yanı

sıra geçmişin yeniden yorumlanması ve farklı bellek katmanları yönünden yeniden yapılandırılmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri romanında fotoğraf, yalnızca anıların kaydedildiği bir araç olarak değil, hatırlama sürecini yönlendiren ve geçmişle kurulan ilişkiyi yeniden şekillendiren bir bellek unsuru olarak öne çıkmaktadır. Metinde Marie'nin çektiği fotoğraflar, bireysel ve ailesel deneyimlerin görsel olarak kayda geçirilmesini sağlayarak hatırlamanın seçici ve kurucu niteliğini görünür kılmaktadır. Nitekim anlatıda Mariecik'in aile içindeki varlığı, fotoğrafın bu rolünü destekleyecek biçimde aktarılır: "Mariecik daima yanımızdaydı, önce bizimle şehirde, sonra sizinle köyde, tatillerde de bir orada, bir burada zira- eğri oturalım, doğru konuşalım- bi sarmaşık gibi babamıza yapışmıştı ve galiba…ama aynı şekilde bize de […]" (Grass, 2018, s. 11). Bu ifade, onun yalnızca bir gözlemci değil, aynı zamanda aile yaşamının sürekliliğini görüntüler aracılığıyla kuran bir özne olarak konumlandığını göstermektedir. Mariecik'in Agfa Kutu kamera ile sürekli görüntü üretmesi, onun anlatı boyunca yalnızca gözlemleyen bir figür olmanın ötesinde, bellek inşasına aktif olarak katılan bir özne konumunda olduğunu göstermektedir. Mariecik'in çektiği fotoğraflar, aile bireylerinin yaşamındaki anları çoğaltarak belleğin sürekliliğini sağlarken, aynı zamanda bu anların yeniden anlamlandırılmasına da aracılık etmektedir. Bu durum, hatırlama eyleminin pasif bir geri çağırma süreci değil, aksine geçmişin sürekli yeniden yapılandırıldığı dinamik bir süreç olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla roman, fotoğraf aracılığıyla geçmişle yüzleşme ve onu yeniden düşünme imkânı sunarak, bireysel ve kolektif belleğin birbirini besleyen yapısını görünür kılmaktadır. Mariecik'in fotoğraf çekme eylemi ise bu sürecin merkezinde yer alarak, belleğin hem kurucu hem de dönüştürücü yönünü temsil etmektedir.

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri içinde anlatı, masalsı ve kurgusal bir yapı üzerinden ilerleyerek hatırlama sürecini doğrudan temsil etmek yerine onu estetik ve eleştirel bir düzlemde yeniden üretmektedir. İkinci Dünya Savaşı ve Nasyonal Sosyalizm dönemine ilişkin temalar, yalnızca tarihsel bir arka plan olarak değil, aynı zamanda belleğin seçici ve dönüştürücü yapısını görünür kılan bir anlatı zemini olarak rol oynamaktadır. Bu bağlamda roman, hatırlama eyleminin görünürdeki gerçeklik üretimini sorgulayan bir bakış açısı sunmakta; belleğin temsil gücünü sorgulayan bir anlatı stratejisi geliştirmektedir (Schlichting, 2013: 65–66).

Romanda "kutu" metaforu aracılığıyla Nasyonal Sosyalist döneme ait şiddet pratikleri ve bastırılmış tarihsel içerikler doğrudan değil, dolaylı ve parçalı biçimlerde görünürlük kazanmaktadır. Bu durum, özellikle Hitler dönemi Almanya'sında yaşanan kitlesel şiddetin, bellekte saklı kalan ve yeniden inşa edilen bir deneyim alanı olarak ele alınmasına imkân tanımaktadır (Ahlheim vd., 2022: 145). Böylece eser, tarihsel travmanın yalnızca aktarılmasını değil, aynı zamanda hatırlama süreçleri içinde yeniden anlamlandırılmasını da eleştirel bir perspektifle tartışmaya açmaktadır.

SONUÇ

Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri, geçmiş, bellek ve travma temalarını, anlatının farklı düzeylerde ve zaman dilimlerinde eşzamanlı olarak işlediği bir yapı üzerinden ele almaktadır. Eserde kullanılan "karanlık oda" ve "kutu" metaforları, geçmişin yalnızca hatırlanan bir kayıt olmaktan öte, seçilen, dönüştürülen ve yeniden yapılandırılan deneyimlerin açığa çıktığı bir alan olduğunu göstermektedir. Fotoğraf aracılığıyla gerçekleşen hatırlama süreçleri hem bireysel anıların hem de toplumsal hafızanın birbirine geçtiği bir ara yüz sunar ve bastırılmış ya da unutulmuş deneyimlerin ortaya konulmasını olanak tanır.

Romanda, hatırlama süreçleri sadece tekdüze bir tekrar olarak yansıtılmaz. Dolayısıyla sürekli yeniden yorumlanan ve anlam kazanan bir süreç olarak kurgular. Travmatik olaylar ve kaybolan ya da gizlenen imgeler, geçmişin tek bir doğrusal anlatıyla kavranamayacağını ortaya koyar. Ayrıca, gerçekçi ve fantastik unsurların bir arada kullanılması, okuyucunun

geçmişi yalnızca olduğu gibi değil, farklı bakış açılarından algılamasına ve yorumlamasına olanak sağlar. Grass'ın yazınsal yaklaşımı, geçmişle hesaplaşmayı hem bireysel hem de toplumsal düzlemde yeniden düşünmeye zorlayan bir etki yaratır. Anlatı, okuyucuyu belleğin ve hatırlamanın sürekli yeniden inşa edilen bir süreç olduğunu fark etmeye yönlendirir. Böylece *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri*, geçmişin çoğul, yorumlanabilir ve sürekli değişen bir biçimde yeniden üretildiğini ortaya koyarak hem psikolojik hem de kültürel düzlemde düşünsel bir katılım alanı sunar. *Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri*'nde, hatırlama, fotoğraf ve geçmişle yüzleşme süreçlerinin bireysel ve toplumsal boyutlarıyla birbirine bağlı bir anlatı sunduğu tespit edilmiştir. Metnin, geçmişi yalnızca değişmez bir gerçeklik olarak değil, farklı deneyimlerin, duyguların ve izlerin iç içe geçtiği bir alan olarak gösterdiği belirlenmiştir. Fotoğraf ve karanlık oda metaforlarının, geçmişin temsil edilmesiyle kalmayıp, aynı zamanda yeniden değerlendirilme, anlamlandırma ve aktarım süreçlerine dâhil olma görevini de üstlendiği tespit edilmiştir. Grass'ın anlatım biçiminin, bireysel bellek ile toplumsal bellek arasındaki etkileşimin belirginleştirilmesi ve okuyucuyu geçmişin çok boyutlu ve yoruma açık doğasını fark etmeye yönlendirdiği saptanmıştır. Bu bağlamda eserin, geçmişin hem kişisel hem de kültürel düzeyde sürekli bir yeniden üretim ve anlamlandırma süreci olarak işlendiği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

Ahlheim, H. vd. (2022). NS- Geschichte als Herausforderung Neue und alte Fragen, Herausgegeben von der Redaktion der Beiträge zur Geschichte des Nationalsozialismus. Göttingen: Wallenstein Verlag.

Assmann, A. (2011). Erinnerungsräume: Formen und Wandlungen des kulturellen Gedächtnisses. München: C.H. Beck.

Barthes, R. (1981). Camera Lucida: Reflections on Photography. New York: Hill and Wang.

Caruth, C. (1996). Unclaimed Experience: Trauma, Narrative, and History. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

García, Teker, A. (2004). 20. Yüzyıl Latin Amerika Öyküsü. Ankara: Ürün Yayınları.

Grass, Günter (2000): „Ich erinnere mich …". Rede im Goethe-Institut Vilnius, Oktober 2000. In: Haug, Anne Kristin: Erinnerungsdarstellung in Günter Grass' Beim Häuten der Zwiebel. (2010). Oslo: Universitetet Oslo.

Grass, G. (2018). Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri. (L. Konca, Çev.) İstanbul: Everest Yay.

Grass, G. (1994). Das Treffen in Telgte: Eine Erzählung und dreiundvierzig Gedichte aus dem Barock. München: dtv Verlagsgesellschaft.

Halbwachs, M. (1992). On Collective Memory. (L. A. Coser, Trans.). Chicago: University of Chicago Press.

Jaroszewski, M. (2023). "Günter Grass über sein literarisches Œuvre in Beim Häuten der Zwiebel und Die Box. Versuch einer Analyse," Studia Niemcoznawcze, Warszawa, tom LXVIII.

Kayğın, Ş. (2025). Masal ve Büyülü Gerçekçilik Perspektifinden Bir Deneysel Roman Okuması: Günter Grass "Kutu-Karanlık Oda Hikâyeleri". SEFAD, 2025; (54): 189-208.

LaCapra, D. (2001). Writing History, Writing Trauma. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Nora, P. (1989). "Between Memory and History: Les Lieux de Mémoire." Representations, 26, 7–24.

Schlichting, J. K. (2021). Die Poetologie des Zweifels. Erzählen und Erinnern in der späten Prosa von Günter Grass. Dissertation. Göttingen: Georg-August Universität. https://doi.org/10.53846/goediss-9388.

Sontag, S. (1977). On Photography. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Welzer, H. (2002). Das kommunikative Gedächtnis: Eine Theorie der Erinnerung. München: C.H. Beck.

Barthes, R. (1981). Die helle Kammer: Bemerkungen zur Photographie. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Erll, A. (2011). Kollektives Gedächtnis und Erinnerungskulturen. Stuttgart: Metzler.

Kracauer, S. (1960). Theory of Film: The Redemption of Physical Reality. Princeton: Princeton University Press.

MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE KÖTÜ AMAÇLI ALAN ADLARININ TESPİTİ

Esra DİNÇ
Kocaeli University, Institute of Science, Computer Engineering Program, 41001 Izmit, Kocaeli
ORCID ID: 0009-0009-4732-1673
Prof. Dr. Suhap ŞAHİN
Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 41001 İzmit, Kocaeli
ORCID ID: 0000-0001-5303-3680

ÖZET

Oltalama (phishing), botnet komuta-kontrol (C2) iletişimi, zararlı yazılım dağıtımı ve çevrim içi dolandırıcılık gibi pek çok siber saldırı, büyük ölçüde alan adları (domain) üzerinden gerçekleştirilmektedir. Kara liste (blacklist) tabanlı geleneksel çözümler yalnızca daha önce tespit edilmiş alan adlarını engelleyebildiğinden, Alan Adı Üretim Algoritmaları (Domain Generation Algorithm, DGA) ile otomatik olarak üretilen yeni zararlı alan adlarının tespitinde yetersiz kalmaktadır. Literatürde bu sorunun çözümüne yönelik otomatik kodlayıcı (autoencoder) tabanlı denetimsiz modeller, DNS log analizi, derin öğrenme yöntemleri ve sözcüksel istatistiklere dayalı sınıflandırıcılar gibi çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Ancak mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu yalnızca tek bir öznitelik kategorisine odaklanmakta; farklı kategorilerdeki özniteliklerin birlikte kullanımı sınırlı düzeyde incelenmektedir. Bu çalışmada, sözcüksel (lexical), DNS, WHOIS, SSL/TLS ve içerik/yanıt tabanlı öznitelikleri birlikte ele alan, makine öğrenmesi tabanlı bir zararlı alan adı tespit modeli önerilmiştir. Zararlı ve zararsız alan adları, açık kaynak istihbaratı (OSINT) ve tehdit istihbaratı platformlarından (ThreatFox, URLhaus, OpenPhish, PhishTank, Tranco Top-1M vb.) elde edilerek etiketlenmiş ve dengeli bir veri seti oluşturulmuştur. Her bir alan adı için; alan adı uzunluğu, alt alan adı sayısı, karakter dağılımı, sesli/sessiz harf oranları ve Shannon entropisi gibi sözcüksel; IPv4/IPv6 kayıt sayıları, MX/NS kayıtları, SPF/DKIM/DMARC varlığı, TTL değerleri, ASN çeşitliliği ve hosting ülke sayısı gibi DNS tabanlı; WHOIS oluşturulma tarihi ve organizasyon bilgisi; SSL/TLS sertifika geçerlilik süresi, Let’s Encrypt kullanımı ve self-signed durumu; HTTP yanıt kodu, sayfa boyutu ve sunucu türü gibi içerik tabanlı öznitelikler çıkarılmıştır. Çıkarılan öznitelikler kullanılarak Lojistik Regresyon (Logistic Regression), Rastgele Orman (Random Forest), Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine, SVM), XGBoost ve LightGBM algoritmaları eğitilmiş; modellerin başarısı doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1-skoru ve ROC-AUC metrikleri ile ölçülmüştür. Çalışma kapsamında veri toplama süreci ilerledikçe eğitim seti aşamalı olarak genişletilmiş ve modeller her aşamada yeniden eğitilerek bağımsız test setleri üzerinde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çok kategorili özniteliklerin bir arada kullanıldığı modelin yüksek doğruluk ve F1-skoru ile kötü amaçlı alan adı tespitinde güçlü bir başarı sağladığını ve kara liste tabanlı yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda yeni üretilen zararlı alan adlarının erken tespitine olanak tanıdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kötü amaçlı alan adı tespiti, makine öğrenmesi, öznitelik çıkarımı, siber güvenlik, OSINT, DGA, sınıflandırma.

MALICIOUS DOMAIN DETECTION WITH MACHINE LEARNING METHODS

ABSTRACT

Many cyber attacks — such as phishing, botnet command-and-control (C2) communications, malware distribution and online fraud — are largely carried out through domain names. Traditional blacklist-based solutions can only block previously identified domains and therefore remain insufficient in detecting new malicious domains generated automatically by Domain Generation Algorithms (DGAs). To address this problem, the literature has proposed various approaches such as autoencoder-based unsupervised models, DNS log analysis, deep learning methods and classifiers based on lexical statistics. However, most existing studies focus on only a single feature category, and the combined use of features from different categories has been investigated only to a limited extent. In this study, a machine learning-based malicious domain detection model is proposed that jointly leverages lexical, DNS, WHOIS, SSL/TLS and content/response-based features. Malicious and benign domains were obtained from open-source intelligence (OSINT) and threat intelligence platforms (ThreatFox, URLhaus, OpenPhish, PhishTank, Tranco Top-1M, etc.), labeled, and used to construct a balanced dataset. For each domain, lexical, DNS-based, WHOIS, SSL/TLS and content-based features were extracted. Using the extracted features, Logistic Regression, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), XGBoost and LightGBM algorithms were trained. During the study, the training set was expanded incrementally as the data collection process progressed; models were retrained at each stage and evaluated on independent test sets. Performance was measured using accuracy, precision, recall, F1-score and ROC-AUC metrics. The results show that the proposed multi-category feature model achieves high accuracy and F1-score, enabling the early detection of newly generated malicious domains where blacklist-based methods fall short.

Keywords: Malicious domain detection, machine learning, feature extraction, cybersecurity, OSINT, DGA, classification.

1. GİRİŞ

İnternetin yaygınlaşmasıyla birlikte alan adları (domain names), kullanıcıların hizmetlere erişiminde temel adresleme birimi hâline gelmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak saldırganlar; oltalama (phishing) sayfaları, zararlı yazılım indirme adresleri, botnet komuta-kontrol (C2) sunucuları ve dolandırıcılık kampanyaları için alan adlarını yoğun biçimde kullanmaktadır (Plohmann ve diğ. 2016). Kurumsal güvenlik mimarilerinde uzun yıllar boyunca tercih edilen kara liste (blacklist) tabanlı yaklaşımlar, daha önce tespit edilmiş zararlı alan adlarını engelleyebilmekte; ancak yeni üretilen alan adlarının ilk ortaya çıktıkları anda tespit edilmesinde etkisiz kalmaktadır (Antonakakis ve diğ. 2012).

Saldırganlar bu reaktif yapıyı aşmak için Alan Adı Üretim Algoritmaları (Domain Generation Algorithm – DGA) kullanmaktadır. DGA tabanlı kötücül yazılımlar, belirli bir tohum (seed) değerinden yola çıkarak günde yüzlerce, hatta binlerce alan adı üretmekte; saldırgan bu alan adlarından yalnızca birkaçını kayıt altına almakta ve C2 iletişimini bu adresler üzerinden kurmaktadır (Schiavoni ve diğ. 2014). Üretilen alan adlarının sayısı ve değişkenliği, kara listelerin güncel kalmasını imkânsız hâle getirmektedir.

Literatürde bu probleme yönelik farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Otomatik kodlayıcı (autoencoder) tabanlı denetimsiz modeller, yeniden yapılandırma hatasına dayanarak anomali tespiti yapmaktadır (Yang ve diğ. 2020; Wang ve diğ. 2021). DNS log analizine dayalı yöntemler, pasif DNS verilerini kullanarak şüpheli sorgu örüntülerini belirlemektedir (Bilge ve diğ. 2014). Derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar; uzun-kısa vadeli bellek (LSTM) ve

evrişimli sinir ağları (CNN) gibi yapılar üzerinden DGA alan adlarının karakter dizilerini sınıflandırmaktadır (Woodbridge ve diğ. 2016; Saxe ve Berlin 2017). Sözcüksel istatistiklere dayalı sınıflandırıcılar ise alan adı uzunluğu, karakter dağılımı ve entropi gibi özniteliklerden faydalanmaktadır (Ma ve diğ. 2009).

Mevcut çalışmaların büyük bir kısmı yalnızca tek bir öznitelik kategorisine (örneğin yalnızca sözcüksel ya da yalnızca DNS tabanlı) odaklanmakta, farklı kategorilerdeki özniteliklerin bir arada değerlendirilmesi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Oysa kötü amaçlı alan adları yalnızca isimlerinde değil; DNS davranışlarında, kayıt bilgilerinde, sertifika kullanım biçimlerinde ve sundukları içerikte de farklı izler bırakmaktadır.

Bu çalışmada, sözcüksel, DNS, WHOIS, SSL/TLS ve içerik/yanıt tabanlı öznitelikleri birlikte kullanan makine öğrenmesi tabanlı bir zararlı alan adı tespit modeli önerilmektedir. Açık kaynak istihbaratından (ThreatFox, URLhaus, OpenPhish, PhishTank, Tranco Top-1M) elde edilen alan adları üzerinden dengeli bir veri seti oluşturulmuş; her bir alan adı için çoklu öznitelik çıkarımı yapılmış ve beş farklı makine öğrenmesi algoritması (Lojistik Regresyon, Rastgele Orman, SVM, XGBoost ve LightGBM) ile model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, farklı kategorilerdeki özniteliklerin birlikte kullanılmasının kötü amaçlı alan adı tespit başarısına katkısını ortaya koymak ve karşılaştırmalı bir değerlendirme sunmaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti, açık kaynak tehdit istihbaratı platformlarından elde edilen zararlı alan adları ile Tranco Top-1M listesinden alınan ve doğrulanan zararsız alan adlarından oluşmaktadır. Zararlı sınıf için ThreatFox (abuse.ch), URLhaus, OpenPhish, USOM ve PhishTank kaynaklarından alınan oltalama, kötücül yazılım dağıtımı ve botnet C2 alan adları kullanılmıştır. Zararsız sınıf için ise Tranco Top-1M listesi esas alınmış; kara liste eşleşmesi olan girdiler veri setinden çıkarılmıştır. Tüm alan adları için aktif öznitelik çıkarımı (Sözcüksel analiz, DNS sorguları, WHOIS, SSL/TLS, HTTP/HTTPS yanıt analizi) gerçekleştirilmiştir.

Sınıf dengesizliği yaratmamak için zararlı ve zararsız etiketler eşit oranda örnekle tutulmuş; sonuçta etiketli ve dengeli bir veri seti elde edilmiştir. Çalışma süresince veri toplama ve öznitelik çıkarımı süreçleri devam ettiğinden, eğitim seti aşamalı olarak genişletilmiş ve her aşamada modeller yeniden eğitilerek bağımsız test setleri üzerinde değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, hem modellerin genişleyen veri kümesine ölçeklenip ölçeklenemediğinin sınanmasına hem de eğitim verisi boyutundaki artışın başarı metrikleri üzerindeki etkisinin gözlemlenmesine olanak sağlamıştır.

Model değerlendirmesi iki aşamalı bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, her eğitim setinden stratified split yöntemiyle ayrılan iç test bölmesi üzerinde model performansı ölçülmüştür. İkinci aşamada ise modellerin gerçek dünyadaki genelleme başarısını daha güçlü biçimde sınamak amacıyla, eğitim verisinden tamamen bağımsız ve eğitim sırasında modellerin hiç görmediği harici (out-of-sample) bir bağımsız test seti üzerinde ayrı bir değerlendirme yapılmıştır. Bağımsız test seti, eğitim verisiyle aynı öznitelik çıkarım süreciyle üretilmiş; ancak alan adı düzeyinde eğitim setiyle örtüşmeyecek biçimde ayrı toplanmıştır.

2.2. Öznitelik Mühendisliği

Her alan adı için beş kategori altında toplam 50'nin üzerinde öznitelik çıkarılmıştır. Veri sızıntısını (data leakage) önlemek amacıyla, etiketleme kaynaklarıyla doğrudan örtüşen domain-düzeyi kara/beyaz liste üyelik bilgisi öznitelik olarak kullanılmamıştır.

Öznitelik kategorileri ve örnek alanlar şu şekildedir:

2.2.1. Sözcüksel (Lexical) Öznitelikler

Alan adı uzunluğu, alt alan adı sayısı, nokta ve tire sayıları ile oranları, en uzun ardışık tire/rakam dizisi, rakam sayısı ve oranı, sessiz ve sesli harf sayıları, oranları ve ardışık dizileri, Shannon entropisi, alt alan adlarının maksimum ve ortalama entropisi, üst seviye uzantı (TLD) ve şüpheli anahtar kelime varlığı bu kategoride yer almaktadır. Bu öznitelikler, özellikle DGA ile rastgele üretilen alan adlarının istatistiksel olarak doğal dilden ayrışmasını mümkün kılmaktadır.

2.2.2. DNS Tabanlı Öznitelikler

Alan adının çözümlendiği IPv4/IPv6 kayıt sayıları, MX ve NS kayıtlarının varlığı, SPF/DKIM/DMARC kayıtlarının bulunup bulunmadığı, en düşük/en yüksek/ortalama TTL değerleri ve düşük TTL bayrağı, IP'lerin dağıldığı benzersiz ülke ve ASN sayısı ile ülke başına düşen IP yoğunluğu DNS tabanlı öznitelikler olarak çıkarılmıştır. Düşük TTL ile yüksek ASN çeşitliliği özellikle fast-flux altyapısının karakteristik sinyalleridir.

2.2.3. WHOIS Tabanlı Öznitelikler

WHOIS sorgusu üzerinden alan adının oluşturulma tarihi, son güncellenme tarihi, geçerlilik bitiş tarihi, kayıt durumu, kayıtlı organizasyon ve ülke kodu çıkarılmıştır. Çok yeni oluşturulmuş, çok kısa süreli kayıtlı veya organizasyon bilgisi gizlenmiş alan adları zararlı sınıfta daha yaygındır.

2.2.4. SSL/TLS Tabanlı Öznitelikler

SSL/TLS sertifikasının varlığı, sertifikanın toplam geçerlilik gün sayısı, sertifikayı veren otorite (CA) ve Let's Encrypt kullanımı, sertifikanın bugüne kadarki ömrü, dolmasına kalan gün sayısı, self-signed olup olmadığı ve SAN (Subject Alternative Name) listesindeki DNS isim sayısı çıkarılmıştır. Kısa ömürlü veya self-signed sertifikalar phishing kampanyalarında sıklıkla görülen örüntülerdir.

2.2.5. İçerik / Yanıt Tabanlı Öznitelikler

Alan adına yapılan HTTP/HTTPS isteğinin başarılı olup olmadığı, yanıt kodu, sayfa (HTML) gövde boyutu ve sunucu (Server) başlığı çıkarılmıştır. Çok küçük sayfa boyutu park edilmiş veya sahte sayfaların; kurumsal sunucu başlıkları ise meşru altyapıların göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

2.3. Ön İşleme

Sayısal olmayan öznitelikler (örn. TLD, sunucu türü) kategorik kodlamaya tabi tutulmuş; eksik değerler ortanca (median) ile doldurulmuştur. Ölçek farklılıklarından etkilenen algoritmalar (Lojistik Regresyon, SVM) için StandardScaler kullanılarak standartlaştırma yapılmış; ağaç tabanlı modellerde (Rastgele Orman, XGBoost, LightGBM) ölçekleme uygulanmamıştır. Tüm aşamalar scikit-learn Pipeline yapısı içinde tanımlanarak eğitim ve test arasında bilgi sızıntısı engellenmiştir.

2.4. Kullanılan Algoritmalar

Çalışmada beş farklı makine öğrenmesi algoritması karşılaştırılmıştır: Lojistik Regresyon (Logistic Regression), Rastgele Orman (Random Forest), Destek Vektör Makinesi (SVM, RBF çekirdek), XGBoost ve LightGBM. Her algoritma için 5 katlı çapraz doğrulama (stratified k-fold) ile hiperparametre araması (grid search) uygulanmış; en iyi parametre kümesi tüm eğitim seti üzerinde yeniden eğitilerek test seti üzerinde değerlendirilmiştir.

2.5. Değerlendirme Metrikleri

Modellerin başarısı; doğruluk (Accuracy), kesinlik (Precision), duyarlılık (Recall), F1-skoru ve ROC-AUC metrikleri ile değerlendirilmiştir. Dengeli veri seti nedeniyle doğruluk anlamlı bir metrik olmakla birlikte, sınıf bazlı performans için kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru birlikte raporlanmıştır. Ek olarak her model için karışıklık matrisi (confusion matrix) sunulmuş;

gerçek negatif (TN), yanlış pozitif (FP), yanlış negatif (FN) ve gerçek pozitif (TP) sayıları verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde, çalışma kapsamında gerçekleştirilen üç ayrı eğitim aşamasına ait sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Üç aşamada da aynı öznitelik kümesi, aynı ön işleme akışı ve aynı beş algoritma (Lojistik Regresyon, Rastgele Orman, SVM, XGBoost, LightGBM) kullanılmış; tek değişken olarak eğitim verisinin boyutu artırılmıştır. Modellerin performansı önce her eğitim setinden ayrılan iç test bölmesi üzerinde, ardından eğitim sürecinden tamamen bağımsız harici test setleri üzerinde değerlendirilmiştir.

3.1. Birinci Eğitim Aşaması

Çalışmanın ilk eğitim aşamasında modeller, 12.200 alan adından oluşan etiketli ve sınıf bakımından dengeli bir veri seti üzerinde eğitilmiştir. Bu veri setinin %80'i (yaklaşık 9.760 örnek) model eğitiminde, kalan %20'si (1.220 zararlı + 1.220 zararsız olmak üzere toplam 2.440 örnek) ise stratified split yöntemiyle ayrılan iç test bölmesi olarak kullanılmıştır. Beş algoritmanın bu iç test bölmesi üzerinde elde ettiği performans metrikleri Tablo 1'de, karışıklık matrisi değerleri ise Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Birinci eğitim aşaması — modellerin karşılaştırmalı performans sonuçları (eğitim/test split; iç test n=2.440)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	ROC-AUC (%)	Eğitim (sn)
LightGBM	98,89	98,38	99,43	98,90	99,92	421,81
XGBoost	98,77	98,22	99,34	98,78	99,91	154,54
Random Forest	98,24	98,04	98,44	98,24	99,75	39,90
SVM (RBF)	97,95	97,33	98,61	97,96	99,66	537,85
Logistic Regression	97,09	96,29	97,95	97,11	99,42	7,08

Tablo 2. Birinci eğitim aşaması — modellerin karışıklık matrisi değerleri (iç test bölmesi, n=2.440)

Model	TN	FP	FN	TP
LightGBM	1200	20	7	1213
XGBoost	1198	22	8	1212
Random Forest	1196	24	19	1201
SVM (RBF)	1187	33	17	1203
Logistic Regression	1174	46	25	1195

Birinci aşamada LightGBM modeli %98,89 doğruluk, %98,90 F1-skoru ve %99,92 ROC-AUC ile en yüksek performansı göstermiş; XGBoost modeli ise %98,77 doğruluk ile en yüksek ikinci başarıyı sergilemiştir. Rastgele Orman, SVM ve Lojistik Regresyon modelleri sırasıyla %98,24, %97,95 ve %97,09 doğruluk değerleri ile bu modellerin gerisinde kalmıştır. Bu sonuçlar, gradient boosting tabanlı modellerin çok kategorili öznitelik kümesi üzerinde belirgin bir üstünlük sağladığını ortaya koymaktadır.

3.2. İkinci Eğitim Aşaması

İkinci aşamada veri toplama süreci genişletilerek toplam veri seti 16.723 alan adına çıkarılmış ve aynı beş model bu genişletilmiş veri seti üzerinde yeniden eğitilmiştir. Birinci aşamadaki yöntemle tutarlı biçimde, verinin %80'i model eğitiminde, kalan %20'si (1.672 zararsız + 1.673 zararlı olmak üzere toplam 3.345 örnek) ise stratified split ile ayrılan iç test bölmesi olarak kullanılmıştır. Modellerin bu iç test bölmesi üzerindeki performans metrikleri Tablo 3'te, karışıklık matrisi değerleri ise Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 3. İkinci eğitim aşaması — modellerin karşılaştırmalı performans sonuçları (eğitim/test split; iç test n=3.345)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	ROC-AUC (%)	Eğitim (sn)
LightGBM	99,16	98,76	99,58	99,17	99,88	477,23
XGBoost	99,04	98,81	99,28	99,05	99,87	187,04
Random Forest	98,33	98,21	98,45	98,33	99,79	61,88
SVM (RBF)	98,24	97,81	98,68	98,24	99,65	997,20
Logistic Regression	97,73	97,33	98,15	97,74	99,49	9,97

Tablo 4. İkinci eğitim aşaması — modellerin karışıklık matrisi değerleri (iç test bölmesi, n=3.345)

Model	TN	FP	FN	TP
LightGBM	1651	21	7	1666
XGBoost	1652	20	12	1661
Random Forest	1642	30	26	1647
SVM (RBF)	1635	37	22	1651
Logistic Regression	1627	45	31	1642

İkinci aşamada da modeller arasındaki sıralama korunmuş; LightGBM %99,16 doğruluk, %99,17 F1-skoru ve %99,88 ROC-AUC ile yine en yüksek performansı elde etmiştir. XGBoost %99,04 doğruluk ile LightGBM'e oldukça yakın bir başarı göstermiş; Rastgele Orman, SVM ve Lojistik Regresyon modelleri sırasıyla %98,33, %98,24 ve %97,73 doğruluk değerleriyle bu modelleri takip etmiştir.

3.3. Üçüncü Eğitim Aşaması

Üçüncü aşamada veri toplama süreci en geniş haline ulaştırılmış ve toplam veri seti 34.479 alan adına çıkarılmıştır. Bu kapsamlı veri seti üzerinde aynı beş model yeniden eğitilmiştir. Önceki aşamalarla tutarlı biçimde verinin %80'i model eğitiminde, kalan %20'si (3.465 zararsız + 3.431 zararlı olmak üzere toplam 6.896 örnek) ise stratified split ile ayrılan iç test bölmesi olarak kullanılmıştır. Modellerin bu iç test bölmesi üzerindeki performans metrikleri Tablo 5'te, karışıklık matrisi değerleri ise Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 5. Üçüncü eğitim aşaması — modellerin karşılaştırmalı performans sonuçları (eğitim/test split; iç test n=6.896)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	ROC-AUC (%)	Eğitim (sn)
LightGBM	99,03	98,75	99,30	99,03	99,94	723,67
XGBoost	99,03	98,67	99,39	99,03	99,94	367,04
Random Forest	98,61	98,54	98,66	98,60	99,83	170,50
SVM (RBF)	98,49	97,87	99,13	98,49	99,78	6309,78
Logistic Regression	96,85	96,36	97,35	96,85	99,42	19,61

Tablo 6. Üçüncü eğitim aşaması — modellerin karışıklık matrisi değerleri (iç test bölmesi, n=6.896)

Model	TN	FP	FN	TP
LightGBM	3422	43	24	3407
XGBoost	3419	46	21	3410
Random Forest	3415	50	46	3385
SVM (RBF)	3391	74	30	3401
Logistic Regression	3339	126	91	3340

Üçüncü aşamada LightGBM ve XGBoost modelleri aynı doğruluk değeri olan %99,03 ile birlikte en yüksek başarıyı paylaşmış; iki modelin F1-skoru da %99,03 olarak gerçekleşmiştir. ROC-AUC değerleri ise her iki model için %99,94 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu iki modeli Rastgele Orman (%98,61), SVM (%98,49) ve Lojistik Regresyon (%96,85) takip etmektedir.

3.4. Eğitim Aşamalarının Karşılaştırılması

Üç aşamanın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, eğitim verisi boyutunun artırılmasının modellerin genel performansına olumlu yansıdığı gözlemlenmektedir. F1-skoru açısından bakıldığında; LightGBM modelinde %98,90 → %99,17 → %99,03, XGBoost modelinde %98,78 → %99,05 → %99,03, Rastgele Orman modelinde %98,24 → %98,33 → %98,60, SVM modelinde %97,96 → %98,24 → %98,49 ve Lojistik Regresyon modelinde %97,11 → %97,74 → %96,85 değerleri gözlenmiştir. Sonuçlar, gradient boosting tabanlı modellerin (XGBoost ve LightGBM) üç aşamada da en yüksek başarıyı sergilediğini ve veri seti genişledikçe %99 bandında istikrarlı bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Rastgele Orman ve SVM modellerinde veri seti büyüdükçe küçük ama tutarlı bir iyileşme gözlenirken; Lojistik Regresyon modeli üçüncü aşamada bir miktar gerileme kaydetmiştir. Bu durum, doğrusal bir modelin daha geniş ve çeşitlenmiş veri kümesindeki doğrusal olmayan örüntüleri yeterince temsil edemediğini göstermektedir. Buna karşılık ağaç tabanlı ve çekirdek tabanlı modeller, öznitelikler arasındaki karmaşık etkileşimleri daha etkin biçimde modelleyebildiği için veri büyümesinden faydalanabilmektedir.

ROC-AUC değerleri her üç aşamada da %99 seviyesinin üzerinde seyretmiş; bu durum, modellerin yalnızca yüksek doğruluk elde etmekle kalmayıp, farklı karar eşikleri altında da kararlı bir ayırt edicilik sergilediğini göstermektedir. Hata analizinde ise her aşamada benzer bir örüntü gözlenmiştir: yanlış pozitif örnekler çoğunlukla içerik dağıtım ağları (CDN) ve bulut barındırma altyapısı arkasındaki meşru alan adlarından, yanlış negatif örnekler ise uzun süredir kayıtlı, geçerli sertifikaya sahip ve görece düşük entropili oltalama alan adlarından kaynaklanmaktadır. Bu da "meşruyu taklit eden" saldırı altyapısının makine öğrenmesi modelleri için zorlayıcı olmaya devam ettiğini göstermektedir.

Öznitelik önem analizinde (XGBoost ve LightGBM kazanç tabanlı önem skorları), üç eğitim aşamasında da en ayırt edici özniteliklerin alan adı entropisi, alt alan adı sayısı, SSL sertifikasının varlığı ve geçerlilik süresi, IP başına ülke yoğunluğu, DMARC kaydının varlığı, sayfa boyutu ve WHOIS oluşturulma tarihi olduğu gözlenmiştir. Bu tutarlılık, çoklu kategoriden gelen özniteliklerin tamamlayıcı bilgi taşıdığını ve modelin başarısının tek bir öznitelik kategorisine değil, farklı kategorilerin birlikte sağladığı sinyallere dayandığını doğrulamaktadır.

3.5. Bağımsız Test Seti Üzerinde Değerlendirme

Eğitim/test bölmesi üzerinden elde edilen iç test metrikleri yüksek başarı göstermiş olsa da, modellerin gerçek dünyadaki genelleme kapasitesini daha güçlü biçimde sınamak amacıyla her üç eğitim aşamasından sonra modeller, eğitim verisinden tamamen bağımsız harici test

setleri üzerinde de değerlendirilmiştir. Bağımsız test setleri, eğitim verisi toplandıktan sonra ayrı bir veri toplama döngüsünde elde edilen ve eğitim setiyle alan adı düzeyinde örtüşmeyen örneklerden oluşmaktadır. Bu değerlendirme, modellerin yalnızca eğitim verisi içindeki örüntülere değil, daha sonra ortaya çıkan veya farklı alt-popülasyonlardan gelen alan adlarına da genellenebilmesini doğrudan ölçmektedir.

Birinci eğitim aşamasındaki modeller 1.582 alan adından (790 zararsız + 792 zararlı) oluşan bağımsız bir test seti üzerinde değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur. İkinci eğitim aşamasındaki modeller 2.066 alan adından (1.034 zararsız + 1.032 zararlı) oluşan ayrı bir bağımsız test seti üzerinde değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir. Üçüncü eğitim aşamasındaki modeller ise 4.925 alan adından (2.327 zararsız + 2.598 zararlı) oluşan en kapsamlı bağımsız test seti üzerinde değerlendirilmiş; sonuçlar Tablo 9'da paylaşılmıştır.

Tablo 7. Birinci eğitim aşaması — bağımsız test seti üzerindeki model performansı (n=1.582)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	Doğru	Yanlış	TN	FP	FN	TP
LightGBM	98,86	98,99	98,74	98,86	1564	18	782	8	10	782
XGBoost	98,67	98,74	98,61	98,67	1561	21	780	10	11	781
Random Forest	98,10	98,72	97,47	98,09	1552	30	780	10	20	772
SVM (RBF)	97,53	97,72	97,35	97,53	1543	39	772	18	21	771
Logistic Regression	96,33	96,69	95,96	96,32	1524	58	764	26	32	760

Tablo 8. İkinci eğitim aşaması — bağımsız test seti üzerindeki model performansı (n=2.066)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	Doğru	Yanlış	TN	FP	FN	TP
XGBoost	98,79	98,00	99,61	98,80	2041	25	1013	21	4	1028
LightGBM	98,64	97,72	99,61	98,66	2038	28	1010	24	4	1028
Random Forest	98,64	97,72	99,61	98,66	2038	28	1010	24	4	1028
SVM (RBF)	98,31	96,98	99,71	98,33	2031	35	1002	32	3	1029
Logistic Regression	97,14	95,26	99,22	97,20	2007	59	983	51	8	1024

Tablo 9. Üçüncü eğitim aşaması — bağımsız test seti üzerindeki model performansı (n=4.925)

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1 (%)	Doğru	Yanlış	TN	FP	FN	TP
LightGBM	94,92	98,75	91,53	95,01	4675	250	2297	30	220	2378
XGBoost	94,40	98,66	90,61	94,46	4649	276	2295	32	244	2354
SVM (RBF)	93,77	97,63	90,38	93,86	4618	307	2270	57	250	2348
Logistic Regression	92,57	96,12	89,53	92,71	4559	366	2233	94	272	2326
Random Forest	91,78	98,20	85,99	91,69	4520	405	2286	41	364	2234

Birinci eğitim aşamasında bağımsız test üzerinde en yüksek başarıyı %98,86 doğruluk ve %98,86 F1-skoru ile LightGBM modeli sağlamış; bu modeli XGBoost (%98,67), Rastgele Orman (%98,10), SVM (%97,53) ve Lojistik Regresyon (%96,33) izlemiştir. İkinci eğitim aşamasında ise XGBoost modeli %98,79 doğruluk ve %98,80 F1-skoru ile öne çıkmış; LightGBM ve Rastgele Orman modelleri %98,64, SVM modeli %98,31, Lojistik Regresyon modeli ise %97,14 doğruluk değerleriyle bu sonucu takip etmiştir.

Üçüncü eğitim aşamasında bağımsız test seti hem boyut hem de zorluk açısından önceki test setlerinden ayrışmakta; bu sette modeller daha yeni ve daha geniş bir alan adı popülasyonuyla sınanmıştır. Bu setin sonuçları, modellerin gerçek dünyadaki dağıtım kayması (distribution shift) altındaki dayanıklılığı hakkında daha gerçekçi bir gösterge sunmaktadır. Üçüncü aşamada en yüksek başarıyı %94,92 doğruluk ve %95,01 F1-skoru ile LightGBM modeli sağlamış; XGBoost (%94,40), SVM (%93,77), Lojistik Regresyon (%92,57) ve Rastgele Orman (%91,78) modelleri bu sonucu takip etmiştir.

Üç aşama birlikte değerlendirildiğinde, ilk iki bağımsız test setinde iç test bölmelerinden elde edilen başarı sıralamasıyla büyük ölçüde uyumlu sonuçlar elde edilmiş; iç test ile bağımsız test arasında yalnızca yarım ile bir puanlık küçük bir fark gözlenmiştir. Üçüncü aşama bağımsız test setinde ise doğruluk değerleri iç teste göre yaklaşık 4–7 puan düşmüştür. Bu düşüş, test setinin daha geniş, daha güncel ve daha çeşitlenmiş alan adı örneklerinden oluşmasıyla açıklanmaktadır; buna rağmen LightGBM ve XGBoost modelleri %94 üzerinde doğrulukla performanslarını büyük ölçüde korumuş, modellerin kararlı bir genelleme kapasitesi sunduğunu ortaya koymuştur.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, kötü amaçlı alan adlarının tespiti için sözcüksel, DNS, WHOIS, SSL/TLS ve içerik/yanıt tabanlı öznitelikleri birlikte kullanan makine öğrenmesi tabanlı bir model önerilmiş; beş farklı algoritma (Lojistik Regresyon, Rastgele Orman, SVM, XGBoost ve LightGBM) üç ayrı eğitim aşamasında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Eğitim verisi 12.200'den 16.723'e ve son aşamada 34.479 alan adına kadar genişletilmiş; modellerin her aşamada hem iç test bölmesi hem de eğitimden tamamen bağımsız harici bir test seti üzerindeki başarısı ölçülmüştür. Üç aşamada da en yüksek başarıyı gradient boosting tabanlı modeller (LightGBM ve XGBoost) elde etmiş; iç test bölmesi üzerinde her iki model %99 bandında istikrarlı bir performans sergilemiştir. Bağımsız test setleri üzerindeki değerlendirmeler de bu sıralamayı büyük ölçüde doğrulamış; en kapsamlı bağımsız test

setinde (n=4.925) LightGBM modeli %94,92 doğruluk ve %95,01 F1-skoru ile en yüksek performansı sağlamıştır.

Çalışmanın temel katkısı; literatürde yaygın olarak tek bir öznitelik kategorisine odaklanan yaklaşımların aksine, farklı kategorilerden öznitelikleri bir arada kullanmanın kötü amaçlı alan adı tespit başarısını anlamlı biçimde artırdığını deneysel olarak ortaya koymasıdır. Bu yaklaşım, kara liste tabanlı yöntemlerin yetersiz kaldığı, yeni üretilen ve henüz raporlanmamış zararlı alan adlarının erken tespitine olanak tanımaktadır.

KAYNAKÇA

Antonakakis, M., Perdisci, R., Nadji, Y., Vasiloglou, N., Abu-Nimeh, S., Lee, W., & Dagon, D. (2012). From throw-away traffic to bots: Detecting the rise of DGA-based malware. In Proceedings of the 21st USENIX Security Symposium (pp. 491–506).

Bilge, L., Sen, S., Balzarotti, D., Kirda, E., & Kruegel, C. (2014). Exposure: A passive DNS analysis service to detect and report malicious domains. ACM Transactions on Information and System Security, 16(4), 1–28.

Le Pochat, V., Van Goethem, T., Tajalizadehkhoob, S., Korczyński, M., & Joosen, W. (2019). Tranco: A research-oriented top sites ranking hardened against manipulation. In Proceedings of the Network and Distributed System Security Symposium (NDSS).

Ma, J., Saul, L. K., Savage, S., & Voelker, G. M. (2009). Beyond blacklists: Learning to detect malicious web sites from suspicious URLs. In Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 1245–1254).

Plohmann, D., Yakdan, K., Klatt, M., Bader, J., & Gerhards-Padilla, E. (2016). A comprehensive measurement study of domain generating malware. In Proceedings of the 25th USENIX Security Symposium (pp. 263–278).

Saxe, J., & Berlin, K. (2017). eXpose: A character-level convolutional neural network with embeddings for detecting malicious URLs, file paths and registry keys. arXiv preprint arXiv:1702.08568.

Schiavoni, S., Maggi, F., Cavallaro, L., & Zanero, S. (2014). Phoenix: DGA-based botnet tracking and intelligence. In Detection of Intrusions and Malware, and Vulnerability Assessment (DIMVA) (pp. 192–211). Springer.

Wang, Z., Guo, Y., & Montgomery, D. (2021). Unsupervised malicious domain detection using auto-encoder models with reconstruction error. IEEE Access, 9, 129594–129606.

Woodbridge, J., Anderson, H. S., Ahuja, A., & Grant, D. (2016). Predicting domain generation algorithms with long short-term memory networks. arXiv preprint arXiv:1611.00791.

Yang, L., Liu, G., Dai, Y., Wang, J., & Zhai, J. (2020). Quicksolver: A lightweight malicious domains detection system based on adaptive autoencoder. IEEE Access, 8, 151057–151069.

Zhao, H., Chang, Z., Bao, G., & Zeng, X. (2019). A malicious domain name detection method based on variational autoencoder. In Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC).

TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNDE TEKNİK ETKİNLİK VE VERİMLİLİK ANALİZİ

Prof. Dr. Ferhat PEHLİVANOĞLU
Kocaeli University, Institute of Social Sciences, Department of Economics, 41380 Umuttepe, Izmit, Kocaeli
ORCID ID: 0000-0001-6930-0181
Zeynep GÜRBÜZ
Kocaeli University, Institute of Social Sciences, Department of Economics, 41380 Umuttepe, Izmit, Kocaeli
ORCID ID: 0009-0007-1110-1965

ÖZET
Küresel enerji dönüşümü sürecinde elektrik sektörü, ekonomik büyümenin ve toplumsal refahın sürdürülebilirliğini doğrudan etkileyen altyapı sistemlerinden biri hâline gelmiştir. Türkiye, coğrafi konumu, büyüyen nüfusu ve sanayileşme dinamikleriyle elektrik enerjisine yoğun ihtiyaç duymaktadır. Özelleştirme süreci sonrasında elektrik dağıtım sektörü gerek kaynakların etkin kullanımı gerekse hizmet kalitesinin iyileştirilmesi bakımından bu sektörün performans analizi önemli hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015–2024 dönemine ait performansını Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi kullanarak değerlendirmektir. Çalışmada şirketler birer karar verme birimi olarak ele alınmış; personel sayısı, hat uzunluğu, gerçekleşen yatırım tutarı, kayıp-kaçak oranı ve kesinti süresi girdi değişkenleri olarak, tüketici sayısı ve faturalandırılan enerji miktarı ise çıktı değişkenleri olarak modele dâhil edilmiştir. Analiz girdi yönelimli yaklaşım çerçevesinde CCR ve BCC modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, şirketler arasında belirgin etkinlik farklılıkları bulunduğunu ve sektör genelinde ortalama teknik etkinlik düzeyinin yaklaşık %75 olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, mevcut çıktı düzeyi korunmak kaydıyla girdilerde önemli bir iyileştirme potansiyeline işaret etmektedir. Atıl değer analizleri özellikle hat uzunluğu, personel sayısı ve hizmet kalitesi göstergelerinde bazı şirketlerde ciddi verimsizlik alanlarının bulunduğunu ortaya koymaktadır. Malmquist endeksi sonuçları ise toplam faktör verimliliği değişiminin büyük ölçüde teknolojik değişim bileşeni tarafından belirlendiğini, teknik etkinlik değişiminin ise görece durağan kaldığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, Türkiye elektrik dağıtım sektöründe sürdürülebilir verimlilik artışı için yalnızca altyapı yatırımlarının değil, aynı zamanda yönetimsel kapasitenin ve hizmet kalitesine yönelik politikaların da güçlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Dağıtım Şirketleri, Veri Zarflama Analizi, Teknik Etkinlik, Malmquist Endeksi, Toplam Faktör Verimliliği, Türkiye.

AN ANALYSIS OF TECHNICAL EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY IN THE TURKIYE ELECTRICITY DISTRIBUTION SECTOR

ABSTRACT
In the context of the global energy transition, the electricity sector has become one of the infrastructure systems that directly impacts the sustainability of economic growth and social welfare. Türkiye has a high demand for electricity due to its geographical location, growing population, and industrialization dynamics. Following the privatization process, performance analysis of the electricity distribution sector has become crucial in terms of both the efficient use of resources and the improvement of service quality. The objective of this study is to evaluate the performance of 21 electricity distribution companies operating in Türkiye for the 2015–2024 period using Data Envelopment Analysis (DEA) and the Malmquist Total Factor

Productivity index. In the study, companies were treated as decision-making units; the number of employees, line length, realized investment amount, loss-theft ratio, and outage duration were included in the model as input variables, while the number of consumers and the amount of billed energy were included as output variables. The analysis was conducted using CCR and BCC models within the framework of an input-oriented approach. The findings indicate significant efficiency differences among companies and show that the average technical efficiency level across the sector is approximately 75%. This result points to significant potential for improvement in inputs, provided the current output level is maintained. Idle value analyses reveal that some companies have serious inefficiencies, particularly in line length, number of employees, and service quality indicators. Malmquist index results, meanwhile, show that changes in total factor productivity are largely determined by the technological change component, while changes in technical efficiency remain relatively stable. The findings suggest that achieving sustainable productivity growth in Türkiye's electricity distribution sector requires not only infrastructure investments but also the strengthening of managerial capacity and policies aimed at improving service quality.
Key Words: Electricity Distribution Companies, Data Envelopment Analysis, Technical Efficiency, Malmquist Index, Total Factor Productivity, Türkiye.

1.GİRİŞ

Türkiye elektrik sektörünün dağıtım aşaması, ülkenin sosyal ve ekonomik yaşamı için öneme sahiptir. Enerji arz güvenliğinin sağlanması, kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesi, hizmet kalitesinin artırılması ve en önemlisi de sektörün sürdürülebilirliğinin temin edilmesi, dağıtım şirketlerinin etkin ve verimli çalışmasına bağlıdır. Türkiye'de elektrik dağıtım hizmetleri, özelleştirme süreci sonrasında 21 özel şirket tarafından 2008 yılından itibaren gerçekleştirilmektedir. Bu özelleştirme, sektördeki rekabetin artırılması, yatırım verimliliğinin yükseltilmesi ve tüketiciye daha iyi hizmet sunulması hedeflerini taşımıştır. Düzenleyici kurum olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), belirlenen tarifeler ve performans hedefleri aracılığıyla dağıtım şirketlerinin faaliyetlerini yakından denetlemektedir. Bu bağlamda, dağıtım şirketlerinin belirlenen girdileri (yatırım, işgücü, hat uzunluğu vb.) ne kadar etkin kullanarak çıktı (faturalandırılan tüketim, abone sayısı, kesinti süresi, gerçekleşen kayıp kaçak oranı) ürettiğinin ölçülmesi hem düzenleyici otorite hem de şirket yönetimleri açısından önemli bir gerekliliktir.

Performans değerlendirmesi, kaynak tahsisinin optimizasyonu için temel bir başlangıç noktası sunar ve şirketlerin kıyaslama yoluyla en iyi uygulamaları tespit etmesini sağlar. Türkiye elektrik dağıtım sektöründe yapılan verimlilik analizleri literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmalar, genellikle özelleştirme öncesi ve sonrası dönemleri karşılaştırarak, sektördeki genel verimlilik dinamiklerini ve değişimin kaynaklarını ortaya koymaktadır. Ancak, sektörün dinamik yapısı, sürekli değişen düzenlemeler ve teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, güncel ve kapsamlı bir verimlilik değerlendirmesine her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle 2015-2024 dönemini kapsayan bu çalışma, özelleşme sonrası dönemin olgunlaşma evresini ve son yıllardaki düzenleyici çerçevenin etkilerini inceleyerek literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015-2024 yıllarına ait verimlilik performanslarını ölçmek için en yaygın yöntemlerden biri olan Veri Zarflama Analizi (DEA) yöntemi kullanılacaktır. DEA, operasyonel birimlerin birden fazla girdi ve çıktı kullanarak ürettikleri performansın göreceli etkinliğini ölçmek için kullanılan parametrik olmayan bir

matematiksel programlama tekniğidir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978). DEA, etkin sınır olarak adlandırılan en iyi uygulamaların oluşturduğu zarfı tanımlar ve her bir karar verme birimi' nin bu sınıra olan uzaklığını hesaplayarak bir etkinlik skoru belirler. Bu skor, incelenen şirketin en verimli şirketlere göre ne kadar kaynak israfı yaptığını veya ne kadar üretim potansiyelini kullanamadığını gösterir.

Yöntemin temel avantajları arasında, farklı girdi ve çıktı birimlerinin tek bir etkinlik skorunda birleştirilebilmesi, fonksiyonel bir form varsayımı gerektirmemesi ve her bir verimsiz birim için iyileştirme hedefleri yani referans birimler belirleyebilmesi yer alır. Literatürde, DEA' nın enerji sektörü ve özellikle elektrik dağıtım şirketlerinin performans değerlendirmesinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Araştırmacılar, genellikle DEA'nın CCR yani sabit getiri ve BCC yani değişken getiri modellerini kullanarak teknik ve ölçek etkinliğini ölçmekte, ayrıca Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFP) endeksini kullanarak da zaman içindeki verimlilik değişimini analiz etmektedirler (Jamasb ve Pollitt, 2008). Bu çalışmanın amacı, 21 elektrik dağıtım şirketinin belirtilen dönemdeki yıllık teknik etkinliklerini belirlemek ve bu etkinliği etkileyen faktörleri tespit etmektir. Elde edilen bulgular, sektördeki genel verimlilik eğilimlerini, verimli ve verimsiz şirketlerin yapısal özelliklerini ortaya koyarak, EPDK'nın düzenleyici kararlarına ve şirket yönetimlerinin stratejik planlamasına bilimsel temelli öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, çalışmanın sonuçları sektördeki tarifelerin belirlenmesi, teşvik ve caydırıcılık mekanizmalarının tasarlanması ve yatırım verimliliğinin artırılması gibi düzenleyici konulara doğrudan katkı sağlayacaktır.

2. ELEKTRİK DAĞITIM SEKTÖRÜNÜN KAVRAMSAL, KURUMSAL VE YAPISAL ÇERÇEVESİ

Elektrik enerjisi, çağdaş ekonomik sistemlerin işleyişinde temel bir üretim girdisi olmanın ötesinde, sosyal refahın, teknolojik gelişmenin ve sürdürülebilir kalkınmanın belirleyici unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Enerjinin en kullanışlı ve dönüştürülebilir formu olan elektriğin sanayi, ulaşım, iletişim ve sağlık gibi kritik sektörlerdeki yaygın kullanımı, modern ekonomik faaliyetlerin sürekliliğini doğrudan etkilemektedir (Yergin, 2011). Elektriğin yaygınlaşmasının Sanayi Devrimi'nin ikinci aşamasını tetiklediği, üretim süreçlerinde verimliliği artırdığı ve küresel ekonomik entegrasyonu hızlandırdığı literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Smil, 2017). Bu bağlamda elektrik arzının güvenilirliği ve sürekliliği, yalnızca mikro ölçekte işletmelerin üretim kapasitesi açısından değil, makro ölçekte ekonomik büyüme ve kalkınma performansı açısından da kritik öneme sahiptir.

Elektriğe erişim düzeyi, Birleşmiş Milletler' in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları içerisinde yer alan "Herkes için erişilebilir ve temiz enerji" hedefinin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır (IEA, 2020). Kişi başına elektrik tüketimi göstergesi, ülkelerin gelişmişlik düzeyini ölçmede yaygın biçimde kullanılan bir refah göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde sanayileşme süreçlerinin sürdürülebilirliği büyük ölçüde istikrarlı ve düşük maliyetli elektrik arzına bağlıdır (Stern, 2004). Bununla birlikte elektrik sistemlerinin dönüşümü, iklim değişikliği ile mücadele politikaları çerçevesinde fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmış; bu dönüşüm, özellikle şebeke yönetimi ve dağıtım altyapısının esnekliği üzerinde önemli baskılar yaratmıştır (Auer vd., 2020). Yenilenebilir enerji üretiminin kesintili doğası, dağıtım sistemlerinin daha karmaşık bir operasyonel yapı içerisinde yönetilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle elektrik dağıtım sistemlerinde verimlilik, yalnızca maliyet azaltımı açısından değil, aynı zamanda arz güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da merkezi bir politika hedefi hâline gelmiştir (Nepal & Jamasb, 2013).

Elektrik dağıtım şirketleri, elektrik enerjisinin üretim ve iletim aşamalarından sonra son kullanıcıya ulaştırılmasından sorumlu olan, enerji sisteminin son ve en kritik halkasını oluşturmaktadır. Bu şirketler yalnızca fiziksel enerji aktarımını gerçekleştiren pasif yapılar değil; aynı zamanda şebeke güvenilirliği, hizmet kalitesi, kesinti yönetimi ve kayıp-kaçak oranlarının kontrolü gibi çok boyutlu sorumluluklara sahip kurumsal aktörlerdir (Joskow, 2008). Elektrik enerjisinin depolanmasının zor olması ve arz-talep dengesinin anlık olarak sağlanması gerekliliği, dağıtım şirketlerinin operasyonel kapasitesini stratejik bir noktaya taşımaktadır. Bu çerçevede dağıtım şirketlerinin performansı, enerji sisteminin bütüncül verimliliği üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır.

Tarihsel süreçte doğal tekel yapısına sahip olan elektrik dağıtım faaliyetleri, 1990'lı yıllardan itibaren birçok ülkede serbestleşme ve özelleştirme politikalarının kapsamına alınmıştır. Bu reformların temel hedefi, maliyet etkinliği artırmak, hizmet kalitesini yükseltmek ve teknolojik yatırımları teşvik etmektir (Newbery, 2002). Dağıtım şirketlerinin performansı bu süreçte düzenleyici otoritelerin gözetimi altına alınmış; performans temelli düzenleme mekanizmaları aracılığıyla şirketler maliyet kontrolü ve operasyonel etkinlik yönünde yönlendirilmeye başlanmıştır. Türkiye'de bu rolü üstlenen Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'dur (EPDK).

Dağıtım şirketlerinin görev alanı literatürde genel olarak üç temel boyutta ele alınmaktadır. Bunlardan ilki, fiziksel şebeke yönetimi ve altyapı yatırımlarıdır. Şirketler, orta ve alçak gerilim şebekelerinin kurulumu, bakımı ve modernizasyonundan sorumludur; bu süreç, arızalara müdahale hızını ve teknik kayıpların seviyesini doğrudan etkilemektedir (Gore, 2011). İkinci boyut, operasyonel etkinliktir. Dağıtım şirketlerinin personel yapısı, yatırım harcamaları ve kaynak kullanımı, teknik etkinlik düzeylerini belirlemekte; bu etkinlik düzeyi literatürde sıklıkla Veri Zarflama Analizi (DEA) ve Stokastik Sınır Analizi (SFA) gibi yöntemlerle ölçülmektedir (Nepal & Jamasb, 2013). Üçüncü boyut ise tüketici hizmetleri ve düzenleyici yükümlülüklerdir. Faturalandırma süreçleri, yeni bağlantı talepleri, müşteri memnuniyeti ve kayıp-kaçak oranlarının kontrolü gibi unsurlar, şirketlerin toplumsal sorumluluk boyutunu da içermektedir.

Teknolojik gelişmelerle birlikte dağıtım şirketlerinin rolü de dönüşüm geçirmektedir. Akıllı şebekeler, dağıtık üretim sistemleri ve dijital izleme altyapıları, dağıtım şirketlerini pasif altyapı sağlayıcılarından, aktif sistem yöneticilerine dönüştürmektedir (Alekseeva & Sidorov, 2018). Bu dönüşüm, şirketlerin yalnızca maliyet minimizasyonuna değil, aynı zamanda inovasyon kapasitesine ve sistem esnekliğine de odaklanmasını gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla dağıtım şirketlerinin performans değerlendirmesi, yalnızca finansal verimlilik değil, hizmet kalitesi ve teknolojik adaptasyon boyutlarını da içeren bütüncül bir çerçevede ele alınmalıdır.

Türkiye özelinde elektrik dağıtım sektörü, 2000'li yıllardan itibaren köklü bir yapısal dönüşüm sürecine girmiştir. Cumhuriyetin ilk dönemlerinden itibaren büyük ölçüde kamu tekelinde yürütülen dağıtım faaliyetleri 02.04.2004 tarih ve 2004/22 sayılı Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile özelleştirme kapsam ve programına alınmıştır. Bu programla birlikte dağıtım bölgeleri yeniden belirlenmiş ve Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmıştır. (TEDAŞ, 2013) Bu özelleştirme süreci, sektörün verimlilik performansının izlenmesini hem akademik literatür hem de düzenleyici kurum açısından daha önemli hâle getirmiştir. Özelleştirme

sonrası dönemde yapılan çalışmalar, şirketler arasında belirgin performans farklılıklarının ortaya çıktığını, özellikle bölgesel sosyoekonomik koşulların ve kayıp-kaçak oranlarının teknik etkinlik üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Bu çerçevede elektrik dağıtım şirketlerinin performansının nicel yöntemlerle ölçülmesi, yalnızca akademik bir analiz alanı değil, aynı zamanda kamu politikalarının etkinliğini değerlendirmek açısından da kritik bir araçtır. Kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesi, kesinti sürelerinin azaltılması ve yatırım verimliliğinin artırılması, Türkiye enerji politikasının temel hedefleri arasında yer almaktadır. Bu hedeflerin başarısı ise doğrudan dağıtım şirketlerinin operasyonel etkinliği ile ilişkilidir. Dolayısıyla, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin verimlilik performansının sistematik biçimde analiz edilmesi, sektörel yapının daha iyi anlaşılmasına ve düzenleyici politika tasarımına katkı sağlayacak önemli bir akademik zemin sunmaktadır.

3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Elektrik dağıtım sektörünün doğal tekel niteliği, yüksek altyapı maliyetleri ve kamu hizmeti boyutu, bu alandaki performansın ölçülmesini hem akademik literatür hem de düzenleyici kurumlar açısından önemli bir araştırma alanı hâline getirmiştir. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren enerji piyasalarında yaşanan serbestleşme ve özelleştirme süreçleri, dağıtım şirketlerinin maliyet etkinliği, teknik etkinliği ve hizmet kalitesi boyutlarının nicel yöntemlerle analiz edilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda literatürde en yaygın kullanılan yöntemlerin başında Veri Zarflama Analizi (VZA/DEA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi gelmektedir.

Uluslararası literatürde elektrik dağıtım şirketlerinin performansını analiz eden çalışmaların önemli bir bölümü, DEA yöntemini kıyaslama aracı olarak kullanmaktadır. Jamasb ve Pollitt (2008), elektrik sektöründeki serbestleşme süreçlerini ele aldıkları kapsamlı çalışmalarında, Avrupa'daki dağıtım şirketlerinin göreli etkinliklerini DEA yöntemiyle incelemiş ve şirketler arasında belirgin etkinlik farklılıklarının bulunduğunu ortaya koymuştur. Yazarlar, düzenleyici çerçevenin niteliğinin ve yatırım teşviklerinin, şirketlerin teknik etkinlik düzeyleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu vurgulamaktadır. Benzer biçimde Nepal ve Jamasb (2013), gelişmekte olan bir ülke örneği olarak Nepal'deki dağıtım şirketlerini incelemiş; personel, şebeke uzunluğu ve yatırım düzeyi gibi girdilerin çıktıya dönüşümünde ciddi yapısal verimsizlikler bulunduğunu göstermiştir. Bu tür çalışmalar, dağıtım şirketlerinde teknik etkinliğin yalnızca yönetimsel performansa değil, aynı zamanda kurumsal yapı ve düzenleyici çevreye de bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Literatürdeki bir diğer önemli araştırma hattı, zaman içerisindeki verimlilik değişimlerinin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi ile analiz edilmesine dayanmaktadır. Coelli vd. (2005), DEA temelli Malmquist yaklaşımının, teknik etkinlik değişimi ile teknolojik değişimin ayrıştırılmasına imkân verdiğini ve özellikle regüle sektörlerde yapısal dönüşümlerin etkisini analiz etmek açısından güçlü bir araç sunduğunu belirtmektedir. Elektrik dağıtım sektörü gibi teknoloji yoğun alanlarda bu ayrıştırma, verimlilik artışının kaynağının yönetimsel iyileşme mi yoksa teknolojik ilerleme mi olduğunun anlaşılmasını mümkün kılmaktadır.

Türkiye özelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliğini analiz eden ampirik çalışmaların özellikle özelleştirme sürecinin hız kazandığı 2010 sonrası

dönemde yoğunlaştığı görülmektedir. Bağdadıoğlu (2009) 21 elektrik dağıtım şirketi arasında yaptığı veri zarflama analizi sonucunda 8 tanesinin etkin olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Aysin ve Çalmaşur (2022), Türkiye'deki elektrik dağıtım bölgelerini DEA ve Malmquist endeksi ile incelemiş; karar birimlerinin etkinsiz çalıştığını ve dağıtım şirketlerinin hizmet verdikleri bölgelerdeki refah düzeyi farklılıklarının etkinlik üzerinde belirgin bir etkisi bulunmadığını tespit etmiştir. Türk elektrik sanayisindeki 20 dağıtım şirketinin performansını analiz eden Ulucan ve Atıcı (2010), çalışmalarında Standart ve Ölçüt Odaklı VZA modellerini kullanmışlardır. Bu uygulama aracılığıyla, etkin olmayan şirketlerin ideal performans seviyesine ulaşmaları için gereken iyileştirme hedefleri iki farklı perspektifle ortaya konulmuştur. Güler, E., Kandemir, S.Y. ve Açıkkalp, E. (2020) VZA kullanarak yaptığı çalışmada büyük kentlerde faaliyet gösteren dağıtım şirketlerinin etkin olduğunu tespit ederken Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde faaliyet gösteren dağıtım şirketlerinin etkinliğinin düşük olması bu farklılıkların bölgesel kaynaklı olduğunu düşündürmüştür.

Türkiye üzerine yapılan bu çalışmalar, dağıtım şirketlerinin teknik etkinliğinin yalnızca şirket içi faktörlerle açıklanamayacağını; bölgesel yapı, abone profili, kayıp-kaçak oranları ve düzenleyici hedeflerin de etkinlik skorlarını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmının görece daha kısa dönemleri kapsadığı ve güncel düzenleme dönemlerinin etkisini sınırlı biçimde ele aldığı görülmektedir. Ayrıca bazı çalışmalar yalnızca teknik etkinliğe odaklanmakta, zaman içerisindeki verimlilik dinamiklerini bütüncül biçimde değerlendirmemektedir.

Bu çalışmanın literatüre temel katkısı, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015–2024 dönemini kapsayan uzun bir zaman dilimi üzerinden hem DEA hem de Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi kullanılarak analiz edilmesidir. Böylece çalışma, mevcut literatürde sıklıkla vurgulanan bölgesel etkinlik farklılıklarını güncel verilerle yeniden test etmekte ve verimlilik değişiminin kaynaklarını teknik etkinlik ve teknolojik değişim bileşenleri üzerinden ayrıştırarak daha derinlikli bir değerlendirme sunmaktadır. Bu yönüyle araştırma, Türkiye elektrik dağıtım sektörünün özelleşme sonrası olgunlaşma dönemine ilişkin literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmaya önemli bir tamamlayıcı katkı sağlamaktadır.

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Kıt kaynakların en etkin şekilde kullanılması ve üretim süreçlerinde verimliliğin artırılması, iktisat biliminin temel sorunlarından biridir. Bir üretim biriminin performansının ölçülmesi, yalnızca mevcut durumun tespiti için değil, geleceğe yönelik stratejik planlamaların yapılması adına da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda etkinlik ölçümü üzerine yapılan çalışmaların teorik temeli, Farrell'in (1957) geliştirdiği sınır yaklaşımına dayanmaktadır. Farrell, bir üretim biriminin genel etkinliğini, teknik etkinlik ve tahsis etkinliği olmak üzere iki bileşene ayırarak modern etkinlik analizlerinin öncüsü olmuştur.

Farrell'in bu teorik çerçevesini takiben, Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen ve literatürde "CCR Modeli" olarak bilinen çalışma, Veri Zarflama Analizi'nin (VZA) başlangıcı kabul edilmektedir. Doğrusal programlama tabanlı bu yöntem, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, çoklu girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin göreli etkinliklerini ölçmeyi mümkün kılmıştır. İlerleyen süreçte Banker, Charnes ve Cooper (1984), CCR modelindeki kısıtları genişleterek ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan

“BCC Modelini” geliştirmiş ve etkinliğin, teknik ve ölçek etkinliği olarak ayrıştırılmasına olanak tanımıştır.

Parametrik olmayan bir yöntem olan VZA, özellikle piyasa fiyatlarının tam olarak oluşmadığı, kâr maksimizasyonunun tek amaç olmadığı veya doğal tekel niteliği taşıyan regüle sektörlerin performans değerlendirmesinde yaygın bir kabul görmüştür. Elektrik dağıtım sektörü de, sahip olduğu şebeke yapısı ve kamu hizmeti niteliği nedeniyle bu yöntemin en sık uygulandığı alanlardan biridir. Uluslararası literatürde Jamasb ve Pollitt gibi araştırmacıların çalışmaları, Avrupa genelindeki dağıtım şirketlerinin karşılaştırmalı analizinde VZA’nın bir "kıyaslama" aracı olarak etkinliğini ortaya koymuştur.

Türkiye’de ise enerji piyasalarında yaşanan serbestleşme ve özellikle elektrik dağıtım bölgelerinin özelleştirilmesi süreci, dağıtım şirketlerinin performanslarının izlenmesini daha kritik hale getirmiştir. Ulusal literatür incelendiğinde, elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliğini konu alan çalışmaların 2010 yılı ve sonrasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmalarda genellikle personel sayısı, hat uzunluğu ve trafo gücü gibi değişkenler girdi olarak kullanılırken; tahakkuk eden enerji miktarı, abone sayısı ve kaçak oranları çıktı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ampirik çalışmalarda, özellikle bölgesel farklılıkların ve kayıp-kaçak oranlarının şirketlerin teknik etkinlik skorları üzerinde belirleyici bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Mevcut çalışma da bu literatüre katkı sağlamak amacıyla, güncel veriler ışığında Türkiye’deki dağıtım şirketlerinin göreli etkinliklerini analiz etmeyi hedeflemektedir.

5. YÖNTEM VE VERİ SETİ

5.1. Veri Zarflama Analizi (VZA)

Kıt kaynakların en etkin biçimde kullanılması ve üretim süreçlerinde verimliliğin artırılması, iktisat biliminin temel araştırma alanlarından biridir. Bir üretim biriminin performansının ölçülmesi, yalnızca mevcut durumun tespit edilmesi açısından değil, aynı zamanda geleceğe yönelik stratejik kararların alınabilmesi bakımından da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda etkinlik ölçümüne ilişkin modern yaklaşımların teorik temeli, Farrell’in (1957) geliştirdiği sınır yaklaşımına dayanmaktadır. Farrell, bir üretim biriminin genel etkinliğini teknik etkinlik ve tahsis etkinliği olarak iki bileşene ayırarak, günümüzde yaygın olarak kullanılan etkinlik analizlerinin teorik çerçevesini oluşturmuştur.

Bu teorik yaklaşımı izleyen Charnes, Cooper ve Rhodes (1978), doğrusal programlama temelli bir yöntem geliştirerek çoklu girdi ve çoklu çıktıya sahip karar verme birimlerinin göreli etkinliğini ölçmeye olanak tanımış ve literatürde “CCR modeli” olarak bilinen Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemini ortaya koymuştur. CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında her bir karar verme biriminin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçmektedir. Daha sonraki çalışmalarda Banker, Charnes ve Cooper (1984), CCR modelini genişleterek ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayalı BCC modelini geliştirmiştir. Bu model sayesinde toplam teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği bileşenlerine ayrıştırılabilmekte ve böylece verimsizliğin kaynağı daha ayrıntılı biçimde analiz edilebilmektedir.

VZA, parametrik olmayan bir yöntem olması nedeniyle üretim fonksiyonunun önceden belirlenmesini gerektirmemekte ve farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların aynı model içerisinde birlikte kullanılmasına imkân tanımaktadır. Bu özellikleri nedeniyle yöntem, özellikle piyasa fiyatlarının tam olarak oluşmadığı, doğal tekel niteliği taşıyan veya yoğun

düzenlemeye tabi sektörlerin performans değerlendirmesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Elektrik dağıtım sektörü de sahip olduğu altyapı yapısı ve kamu hizmeti niteliği nedeniyle VZA'nın en sık uygulandığı alanlardan biridir. Nitekim uluslararası literatürde Jamasb ve Pollitt (2008) başta olmak üzere birçok çalışma, dağıtım şirketlerinin performansının kıyaslanmasında VZA'nın güçlü bir analitik araç sunduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye özelinde de elektrik dağıtım sektöründe yaşanan serbestleşme ve özelleştirme süreci sonrasında şirket performanslarının izlenmesi daha kritik hâle gelmiştir. Ulusal literatürde yapılan çalışmalarda, genellikle personel sayısı, hat uzunluğu ve yatırım büyüklüğü gibi değişkenler girdi olarak; abone sayısı, faturalandırılan enerji miktarı ve kayıp-kaçak oranları ise çıktı olarak modele dâhil edilmiştir. Bu çalışmaların ortak bulgusu, bölgesel farklılıkların ve özellikle kayıp-kaçak oranlarının şirketlerin teknik etkinlik skorları üzerinde belirleyici rol oynadığı yönündedir. Bu çalışma da söz konusu literatürden hareketle, Türkiye'de faaliyet gösteren elektrik dağıtım şirketlerinin göreli etkinliklerini ölçmeyi ve zaman içerisindeki verimlilik değişimlerini sistematik biçimde analiz etmeyi amaçlamaktadır.

5.2. Modelin Yapısı ve Değişken Seçimi

Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin göreli etkinliklerinin ölçülmesinde, sektörün yapısal özellikleri ve karar birimlerinin kontrol alanları dikkate alınarak modelleme yapılmıştır. Elektrik dağıtım şirketleri, ürettikleri çıktılar üzerinde örneğin tüketici sayısı veya tüketim miktarı sınırlı bir kontrole sahip olmakla birlikte, personel kullanımı, yatırım düzeyi, şebeke yönetimi ve operasyonel süreçler gibi girdiler üzerinde daha doğrudan kontrol sahibidir. Bu nedenle analizde girdi yönelimli yaklaşım tercih edilmiştir. Girdi yönelimli model, mevcut çıktı düzeyi korunurken girdilerin ne ölçüde azaltılabileceğini ortaya koyması bakımından, düzenleyici otoriteler açısından da daha anlamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

Modelin ölçek varsayımı belirlenirken, Türkiye'deki dağıtım şirketlerinin faaliyet gösterdikleri coğrafi bölgeler, abone yoğunlukları, altyapı büyüklükleri ve sosyoekonomik koşullar arasındaki belirgin farklılıklar dikkate alınmıştır. Bu farklılıklar, şirketlerin aynı ölçek yapısında faaliyet göstermediğini ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımının sektörü tam olarak yansıtamayacağını göstermektedir. Bu nedenle çalışmada temel modelleme, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayalı BCC modeli çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte karşılaştırma amacıyla ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayalı CCR modelinden elde edilen sonuçlara da yer verilmiş ve teknik etkinlik ile ölçek etkinliği ayrıştırılarak değerlendirme yapılmıştır.

Elektrik dağıtım sektöründe performans değerlendirmesinde kullanılan değişkenler, literatürde yaygın olarak kullanılan girdi ve çıktı yapıları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışmada üç temel girdi, iki istenmeyen çıktı ve iki çıktı değişkeni kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Girdi ve Çıktı Değişken Kodları

GİRDİ DEĞİŞKENLERİ	**KOD**
Kontrol Edilebilir Girdiler	
Dağıtım Şirketleri Personel Sayıları	G1
Hat Uzunluğu (Km)	G2

Gerçekleşen Yatırım Oranı (Milyon/TL)	G3
Kontrol Edilemeyen Girdiler	
Gerçekleşen Kayıp Kaçak Oranı (%)	C1
Genel Toplam OKSURE (dk)	C2
ÇIKTI DEĞİŞKENLERİ	**KOD**
Tüketici Sayısı	I1
Toplam Faturalandırılan Enerji Miktarı (GWh)	I2

Girdi değişkenleri olarak dağıtım şirketlerinin personel sayısı (G1), hat uzunluğu (G2) ve gerçekleşen yatırım tutarı (G3) modele dâhil edilmiştir. Personel sayısı, şirketlerin iş gücü kullanımını ve organizasyonel kapasitesini temsil ederken; hat uzunluğu, şirketlerin hizmet sunduğu coğrafi alanın büyüklüğünü ve altyapı kapsamını göstermektedir. Gerçekleşen yatırım tutarı ise dağıtım altyapısının modernizasyonu ve kapasite geliştirme çabalarının nicel bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Bu değişkenler, literatürde elektrik dağıtım şirketlerinin teknik etkinliğini analiz eden çalışmalarla da uyumlu bir yapı sunmaktadır.

Elektrik dağıtım faaliyetlerinin performansını yansıtan bazı göstergeler ise doğaları gereği azaltılması gereken unsurlar olup, klasik VZA modelinde çıktı olarak ele alındıklarında modelin "çıktıları maksimize etme" varsayımı ile çelişmektedir. Bu çalışmada gerçekleşen kayıp-kaçak oranı (C1) ve genel toplam kesinti süresi - OKSÜRE (C2) bu tür değişkenler olarak değerlendirilmiştir. Her iki değişken de hizmet kalitesinin ve operasyonel başarının önemli göstergeleri olmakla birlikte, verimlilik açısından düşük olması beklenen performans ölçütleridir. Bu nedenle literatürde yaygın biçimde uygulanan yaklaşım benimsenmiş ve söz konusu değişkenler modele istenmeyen çıktı olarak değil, girdi değişkeni olarak dâhil edilmiştir. Böylece model, etkinlik skorlarını hesaplarken bu değişkenlerin azaltılmasını bir iyileşme kriteri olarak değerlendirmektedir.

Çıktı değişkenleri olarak ise şirketlerin faaliyet hacmini ve hizmet sundukları büyüklüğü temsil eden tüketici sayısı (I1) ile toplam faturalandırılan enerji miktarı (I2) kullanılmıştır. Tüketici sayısı, şirketin hizmet verdiği müşteri tabanının genişliğini yansıtırken; faturalandırılan enerji miktarı, dağıtım faaliyetinin ekonomik çıktısını doğrudan temsil etmektedir. Bu iki değişken, dağıtım şirketlerinin operasyonel performansının nicel ölçümü açısından temel çıktı göstergeleri olarak değerlendirilmiştir.

Belirlenen bu değişken yapısı ile model, dağıtım şirketlerinin sahip oldukları altyapı, iş gücü ve yatırım kaynaklarını ne ölçüde etkin biçimde kullanarak tüketiciye hizmet sunduklarını ve enerji dağıtım faaliyetini gerçekleştirdiklerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca kayıp-kaçak oranı ve kesinti süresi gibi kalite göstergelerinin modele dâhil edilmesi, yalnızca nicel çıktı üretimini değil, aynı zamanda hizmet kalitesini de içeren daha bütüncül bir verimlilik değerlendirmesine imkân sağlamaktadır.

5.3. Veri Seti ve Tanımlayıcı Bilgiler

Bu çalışmada Türkiye elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren 21 dağıtım şirketinin 2015–2024 dönemine ait verileri kullanılmıştır. Analiz birimi olarak her bir şirket, Veri Zarflama Analizi çerçevesinde birer karar verme birimi (DMU) olarak tanımlanmıştır. Böylece panel veri yapısına sahip bir veri seti oluşturulmuş ve her bir şirket için 10 yıllık performans gözlemleri değerlendirmeye dâhil edilmiştir.

Analize konu olan şirketlerin kimlikleri ve analiz sürecinde kullanılan kodlamaları, modelin teknik uygulanabilirliği açısından standartlaştırılmıştır. Bu kapsamda her şirket bir DMU kodu ile temsil edilmiş olup, analizde kullanılan şirketler ve bunlara ait kodlamalar Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2: Elektrik Dağıtım Şirketleri ve Kodları

KOD	ŞİRKET	YIL
Dmu1	BOĞAZİÇİ EDAŞ	10
Dmu2	TOROSLAR EDAŞ	10
Dmu3	GDZ EDAŞ	10
Dmu4	BAŞKENT EDAŞ	10
Dmu5	ULUDAĞ EDAŞ	10
Dmu6	SAKARYA EDAŞ	10
Dmu7	İST. ANADOLU Y. EDAŞ	10
Dmu8	AKDENİZ EDAŞ	10
Dmu9	ADM EDAŞ	10
Dmu10	MERAM EDAŞ	10
Dmu11	TRAKYA EDAŞ	10
Dmu12	OSMANGAZİ EDAŞ	10
Dmu13	DİCLE EDAŞ	10
Dmu14	YEŞİLIRMAK EDAŞ	10
Dmu15	AKEDAŞ EDAŞ	10
Dmu16	ÇORUH EDAŞ	10
Dmu17	FIRAT EDAŞ	10
Dmu18	KAYSERİ VE CİVARI ETAŞ	10
Dmu19	ÇAMLIBEL EDAŞ	10
Dmu20	ARAS EDAŞ	10
Dmu21	VANGÖLÜ EDAŞ	10

Veri seti, dağıtım şirketlerinin operasyonel faaliyetlerini ve performanslarını yansıtacak biçimde yapılandırılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler; personel sayısı, hat uzunluğu ve gerçekleşen yatırım tutarı gibi üretim sürecinde kullanılan kaynakları temsil eden girdiler ile tüketici sayısı ve faturalandırılan enerji miktarı gibi faaliyet çıktıları ile hizmet kalitesini yansıtan kayıp-kaçak oranı ve kesinti süresi göstergelerinden oluşmaktadır. Bu değişken yapısı, hem şirketlerin üretim kapasitesini hem de hizmet kalitesini bütüncül biçimde değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Veri seti, her bir şirket için yıllık bazda düzenlenmiş ve 21 şirket × 10 yıl olmak üzere toplam 210 gözlemden oluşan dengeli bir panel yapı elde edilmiştir. Analiz sürecinde bu panel yapı, Win4DEAP yazılımına her yıl ayrı bir dönem olarak tanıtılmış ve böylece hem yatay kesit bazlı teknik etkinlik ölçümleri hem de zaman içerisindeki verimlilik değişimlerinin analiz edilmesi mümkün hâle getirilmiştir.

Bu yapı sayesinde çalışmada yalnızca şirketlerin belirli bir yıldaki göreli performansları değil, aynı zamanda zaman içerisindeki gelişim eğilimleri de değerlendirilmiştir. Özellikle Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi kullanımı, şirketlerin dönemler arası

performans değişimlerinin teknik etkinlik ve teknolojik değişim bileşenleri üzerinden ayrıştırılmasına imkân sağlamıştır.

5.4. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

Panel veri yapısına sahip çalışmalarda yalnızca belirli bir dönemdeki teknik etkinlik düzeylerinin ölçülmesi, performansın dinamik yapısını tam olarak yansıtmak için yeterli değildir. Bu nedenle bu çalışmada, elektrik dağıtım şirketlerinin zaman içerisindeki verimlilik değişimlerini analiz edebilmek amacıyla Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) Endeksi kullanılmıştır. Malmquist endeksi, karar verme birimlerinin iki farklı dönem arasındaki performans değişimini, mesafe fonksiyonları aracılığıyla ölçmeye imkân tanıyan bir yöntemdir.

Malmquist endeksinin teorik temeli Malmquist'in (1953) tüketim analizi bağlamında geliştirdiği mesafe fonksiyonlarına dayanmaktadır. Daha sonra bu yaklaşım Caves, Christensen ve Diewert (1982) tarafından üretim ve verimlilik analizine uyarlanmış; günümüzde yaygın olarak kullanılan DEA tabanlı hesaplama yöntemi ise Färe, Grosskopf, Norris ve Zhang (1994) tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, verimlilik değişimini iki temel bileşene ayırarak analiz etmeye olanak tanımaktadır.

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir:

$$TFPCH = EFFCH \times TECHCH$$

Bu eşitlikte yer alan bileşenler şu şekilde tanımlanmaktadır:

- EFFCH (Technical Efficiency Change - Teknik Etkinlik Değişimi): Karar verme biriminin zaman içerisinde etkin sınırına ne ölçüde yaklaştığını göstermektedir. Bu bileşen, şirketlerin yönetimsel performansındaki değişimi ve kaynak kullanım becerisindeki gelişmeyi temsil etmektedir.
- TECHCH (Technological Change - Teknolojik Değişim): Üretim sınırının zaman içerisinde kaymasını ifade etmektedir. Bu bileşen, sektördeki genel teknolojik ilerleme, altyapı modernizasyonu ve sistem kapasitesindeki dönüşümü yansıtmaktadır.

Teknik etkinlik değişimi (EFFCH) bileşeni ayrıca iki alt bileşene ayrıştırılabilmektedir. Bunlar; saf teknik etkinlik değişimini temsil eden PECH (Pure Efficiency Change) ve ölçek etkinliği değişimini gösteren SECH (Scale Efficiency Change) bileşenleridir. Bu ayrıştırma, verimlilikteki değişimin yönetimsel kaynaklı mı yoksa ölçek yapısından mı kaynaklandığının daha net biçimde analiz edilmesine imkân tanımaktadır.

Bu çalışmada Malmquist endeksi, 2015–2024 dönemine ait panel veri seti kullanılarak hesaplanmış ve her bir elektrik dağıtım şirketinin dönemler arası performans değişimi incelenmiştir. Endeks değerinin 1'den büyük olması verimlilik artışını, 1'e eşit olması değişim olmadığını, 1'in altında olması ise verimlilik kaybını ifade etmektedir. Bu yorum çerçevesinde elde edilen sonuçlar, çalışmanın bulgular bölümünde ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir.

Malmquist endeksinin bu çalışmada kullanılmasının temel gerekçesi, yalnızca statik etkinlik skorlarının değil, aynı zamanda şirketlerin zaman içerisindeki dönüşüm süreçlerinin de analiz edilmesidir. Elektrik dağıtım sektöründe düzenleyici yapı, yatırım dönemleri ve teknolojik dönüşüm süreçleri dikkate alındığında, verimlilik performansının dinamik olarak incelenmesi sektörün yapısal özelliklerini daha sağlıklı biçimde ortaya koymaktadır.

6. AMPİRİK BULGULAR

6.1. VZA Etkinlik Skorları

Bu bölümde, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015–2024 dönemine ait göreli etkinlik düzeyleri, girdi yönelimli Veri Zarflama Analizi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Analiz kapsamında hem ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayalı CCR modeli (CRS) hem de ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayalı BCC modeli (VRS) kullanılmıştır. Böylece şirketlerin toplam teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği düzeyleri ayrı ayrı hesaplanabilmiştir. Elde edilen etkinlik skorları ve ölçek yapısına ilişkin sonuçlar Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3: Elektrik Dağıtım Şirketlerinin 10 Yıllık VZ Analizi

EFFICIENCY SUMMARY

firm	crste	vrste	scale	
Dmu1	1.000	1.000	1.000	-
Dmu2	0.929	1.000	0.929	drs
Dmu3	1.000	1.000	1.000	-
Dmu4	1.000	1.000	1.000	-
Dmu5	1.000	1.000	1.000	-
Dmu6	1.000	1.000	1.000	-
Dmu7	1.000	1.000	1.000	-
Dmu8	0.751	0.757	0.991	irs
Dmu9	0.801	0.830	0.965	irs
Dmu10	0.944	0.953	0.991	irs
Dmu11	1.000	1.000	1.000	-
Dmu12	0.729	0.754	0.966	irs
Dmu13	0.309	0.373	0.827	irs
Dmu14	0.800	0.815	0.982	irs
Dmu15	0.391	1.000	0.391	irs
Dmu16	0.664	0.769	0.864	irs
Dmu17	0.450	0.662	0.679	irs
Dmu18	0.781	1.000	0.781	irs
Dmu19	0.572	0.712	0.803	irs
Dmu20	0.450	0.511	0.879	irs
Dmu21	0.354	0.664	0.533	irs
mean	0.758	0.848	0.885	

Tablo 3 incelendiğinde, analiz kapsamındaki 21 karar verme biriminden yedi tanesinin hem CRS hem de VRS modellerine göre 1,000 tam etkinlik skoruna ulaştığı görülmektedir. Boğaziçi EDAŞ, GDZ EDAŞ, Başkent EDAŞ, Uludağ EDAŞ, Sakarya EDAŞ, İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ ve Trakya EDAŞ birimleri, etkin sınırı oluşturan referans şirketler olarak öne çıkmaktadır. Bu şirketler, mevcut girdi bileşimleriyle en yüksek çıktı düzeyine ulaşabilen ve sektörde "en iyi uygulama" örneklerini temsil eden birimlerdir.

Tüm örneklem için hesaplanan ortalama toplam teknik etkinlik (CRSTE) değeri 0,758 olarak belirlenmiştir. Bu bulgu, sektör genelinde mevcut çıktı düzeyi korunmak kaydıyla girdilerin ortalama olarak yaklaşık %24,2 oranında azaltılabileceğini ve kaynak kullanımında önemli bir iyileştirme potansiyeli bulunduğunu göstermektedir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında hesaplanan saf teknik etkinlik (VRSTE) ortalaması ise 0,848 düzeyinde

gerçekleşmiştir. CRS ve VRS skorları arasındaki bu fark, verimsizliğin bir bölümünün ölçek etkinsizliğinden kaynaklandığına işaret etmektedir.

Nitekim sektörün ortalama ölçek etkinliği değeri 0,885 olarak hesaplanmıştır. Ölçek yapısına ilişkin bulgular incelendiğinde, verimli olmayan şirketlerin önemli bir bölümünün ölçeğe göre artan getiri (IRS) bölgesinde faaliyet gösterdiği görülmektedir. Dicle EDAŞ, Aras EDAŞ ve Vangölü EDAŞ gibi şirketlerin bu grupta yer alması, söz konusu şirketlerin mevcut büyüklükleriyle optimal üretim ölçeğinin altında faaliyet gösterdiklerine ve kapasite artırımı yoluyla etkinliklerini yükseltebileceklerine işaret etmektedir. Buna karşılık Toroslar EDAŞ'ın ölçeğe göre azalan getiri (DRS) bölgesinde yer alması, bu şirketin mevcut operasyonel büyüklüğünün verimlilik üzerinde baskı oluşturduğunu ve aşırı ölçek sorunu yaşayabileceğini göstermektedir.

Etkinlik skorları bakımından en düşük performansa sahip şirketlerin başında Dicle EDAŞ (0,309) ve Vangölü EDAŞ (0,354) gelmektedir. Bu sonuçlar, söz konusu şirketlerin personel kullanımı, altyapı büyüklüğü ve yatırım düzeyi gibi girdileri çıktıya dönüştürme sürecinde ciddi etkinlik kayıpları yaşadıklarını ortaya koymaktadır. Bu birimlerin, etkin sınırda yer alan şirketleri referans alarak operasyonel süreçlerini yeniden yapılandırmaları, kaynak tahsislerini gözden geçirmeleri ve özellikle kayıp-kaçak ile hizmet kalitesi göstergeleri üzerinde yoğunlaşmaları gerekmektedir.

6.2. Girdi ve Çıktı Atıl Değerleri Analizi

Veri Zarflama Analizi yalnızca karar verme birimlerinin göreli etkinlik skorlarını üretmekle kalmamakta, aynı zamanda etkin olmayan birimlerin hangi girdilerde ve hangi çıktılarda iyileştirme yapmaları gerektiğini gösteren atıl değerler (slack) bilgilerini de sunmaktadır. Bu bağlamda, etkin olmayan şirketlerin mevcut kaynak bileşimleriyle hangi düzeyde ek çıktı üretebilecekleri ya da hangi girdileri azaltmaları gerektiği somut olarak hesaplanabilmektedir. Analiz kapsamında hesaplanan çıktı atıl değerleri Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4: Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Çıktı Atıl Değerleri

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS		
firm output	**I1**	**I2**
Dmu1	0.000	0.000
Dmu2	0.000	0.000
Dmu3	0.000	0.000
Dmu4	0.000	0.000
Dmu5	0.000	0.000
Dmu6	0.000	0.000
Dmu7	0.000	0.000
Dmu8	0.000	927.825
Dmu9	0.000	1557.790
Dmu10	62039.109	0.000
Dmu11	0.000	0.000
Dmu12	0.000	1351.133
Dmu13	0.000	842.730
Dmu14	0.000	6308.208
Dmu15	0.000	0.000
Dmu16	0.000	8073.818
Dmu17	225257.000	7655.540

Dmu18	0.000	0.000
Dmu19	117116.180	6770.699
Dmu20	0.000	6533.814
Dmu21	0.000	1980.465
mean	19257.728	2000.096

Tablo 4 incelendiğinde, etkin olmayan şirketlerin önemli bir bölümünde çıktı düzeyinin mevcut girdi bileşimiyle artırılabileceği görülmektedir. Örneğin Dmu17 biriminin tam etkinliğe ulaşabilmesi için tüketici sayısını (I1) 225.257 kişi artırması gerektiği hesaplanmıştır. Benzer şekilde Dmu16 biriminin faturalandırılan enerji miktarında (I2) yaklaşık 8.073 GWh, Dmu17 biriminin ise yaklaşık 7.655 GWh düzeyinde ilave çıktı üretme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, özellikle teknik etkinlik düzeyi düşük olan şirketlerde mevcut altyapı ve kaynak kapasitesinin tam olarak kullanılamadığını göstermektedir.

Çıktı atılları kadar önemli bir diğer unsur, şirketlerin kullandıkları girdilerde ortaya çıkan **fazlalıklar (girdi atılları)**dır. Girdi atıl değerleri, etkin olmayan şirketlerin mevcut çıktı düzeylerini koruyarak hangi girdilerde ne ölçüde azaltıma gidebileceklerini göstermektedir. Analiz sonucunda elde edilen girdi atıl değerleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Girdi Atıl Değerleri

SUMMARY OF INPUT SLACKS					
firm input	**G1**	**G2**	**G3**	**C1**	**C2**
Dmu1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu8	0.000	23090.421	1245.895	1.549	956.462
Dmu9	0.000	33343.160	218.831	0.000	641.293
Dmu10	0.000	88953.022	3365.670	0.516	0.000
Dmu11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu12	287.254	8179.537	0.000	0.578	238.267
Dmu13	780.532	0.000	558.303	9.413	1393.445
Dmu14	0.000	37986.018	140.413	0.478	827.367
Dmu15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu16	285.035	18220.603	0.000	0.052	701.315
Dmu17	165.467	2515.874	0.000	0.930	215.446
Dmu18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dmu19	0.000	5400.198	354.805	0.000	11.740
Dmu20	0.000	466.219	205.747	2.226	324.132
Dmu21	204.123	0.000	0.000	10.997	3777.822
mean	82.020	10388.336	289.984	1.273	432.728

Tablo 5'te yer alan sonuçlar, sektör genelinde en belirgin kapasite fazlasının hat uzunluğu (G2) değişkeninde yoğunlaştığını göstermektedir. Tüm örneklem için ortalama girdi atıl değeri yaklaşık 10.388 km olarak hesaplanmıştır. Bu durum, bazı bölgelerde mevcut şebeke

altyapısının mevcut çıktı düzeyiyle orantılı biçimde kullanılmadığını ortaya koymaktadır. Özellikle Dmu10 biriminin 88.953 km, Dmu14 biriminin ise 37.986 km düzeyindeki G2 atıl değerleri, bu şirketlerde altyapı kapasitesinin çıktı üretimine yeterince yansıtılamadığını göstermektedir.

İşgücü kullanımına ilişkin bulgular da dikkat çekicidir. Dmu13 biriminin 780,53, Dmu12 biriminin ise 287,25 birimlik personel fazlalığına sahip olması, bu şirketlerde iş gücü verimliliğinin düşük olduğunu ve insan kaynakları yönetiminde yeniden yapılandırma ihtiyacı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Yatırım değişkeni (G3) açısından ise özellikle Dmu10 biriminin 3.365,67 düzeyindeki atıl değeri, yapılan yatırımların çıktı üretimine dönüşme oranının sınırlı kaldığını göstermektedir.
Hizmet kalitesini temsil eden istenmeyen girdiler açısından da önemli bulgular elde edilmiştir. Genel toplam kesinti süresi (C2) değişkeninde Dmu21 biriminin 3.777,82 dakika, Dmu13 biriminin ise 1.393,44 dakika düzeyindeki atıl değerleri, bu şirketlerde hizmet sürekliliği açısından ciddi yapısal sorunlar bulunduğuna işaret etmektedir. Benzer biçimde kayıp-kaçak oranı (C1) açısından Dmu21 biriminin 10,99, Dmu13 biriminin ise 9,41 düzeyindeki yüksek atıl değerleri, söz konusu bölgelerde teknik ve teknik olmayan kayıpların etkinlik performansını doğrudan aşağı çektiğini göstermektedir.

Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, etkin olmayan şirketlerin yalnızca genel bir verimlilik artışı sağlamalarının değil, aynı zamanda her bir girdi ve çıktı değişkeni için ayrı ayrı belirlenen bu somut iyileştirme hedeflerine yönelmelerinin gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Bu yönüyle VZA, şirketlere yalnızca performans sıralaması sunmakla kalmamakta, aynı zamanda operasyonel iyileştirme için nicel bir yol haritası da sağlamaktadır.

6.3. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Bulguları

Elektrik dağıtım şirketlerinin yalnızca belirli bir yıldaki göreli etkinlik düzeylerini değil, aynı zamanda zaman içerisindeki performans değişimlerini de analiz edebilmek amacıyla Malmquist Toplam Faktör Verimliliği TFV endeksi hesaplanmıştır. Bu kapsamda 2015–2024 dönemine ait panel veri seti kullanılarak her yıl için teknik etkinlik değişimi, teknolojik değişim ve toplam faktör verimliliği değişimi bileşenleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Dönemler itibarıyla hesaplanan Malmquist endeksi sonuçları Tablo 6'da sunulmaktadır.

Tablo 6: 10 Yıllık Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Sonuçları

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS					
year	**effch**	**techch**	**pech**	**sech**	**tfpch**
2016	1.063	1.428	1.065	0.999	1.519
2017	0.856	0.726	0.985	0.869	0.622
2018	1.151	0.947	0.990	1.163	1.090
2019	0.874	1.097	0.972	0.900	0.959
2020	1.137	0.812	1.027	1.106	0.923
2021	0.910	0.974	0.988	0.922	0.887
2022	0.904	1.058	0.933	0.969	0.956
2023	1.096	0.876	1.067	1.027	0.961
2024	1.045	0.911	0.949	1.101	0.952
mean	0.998	0.964	0.996	1.002	0.962

Tablo 6 incelendiğinde, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015-2024 dönemindeki performans dinamiklerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Analiz dönemi genelinde elde edilen 0,962 değerindeki toplam faktör verimliliği ortalaması, incelenen on yıllık süreçte sektör genelinde yıllık bazda ortalama %3,8 oranında bir verimlilik azalışı yaşandığını göstermektedir. Bu düşüşün temel kaynağını ayrıştırmak gerekirse, verimlilik kaybının büyük ölçüde 0,964 değerine sahip olan teknolojik değişim techch bileşeninden kaynaklandığı görülmektedir; bu durum, sektörün üretim sınırında bir gerileme veya teknolojik adaptasyon süreçlerinde bir durağanlık yaşandığına işaret etmektedir. Endeksin diğer bileşenleri incelendiğinde, teknik etkinlik değişiminin effch 0,998 ile birim değere oldukça yakın seyrettiği, yani şirketlerin mevcut teknolojiyi kullanma becerilerinin yani yönetimsel etkinliğin nispeten istikrarlı kaldığı anlaşılmaktadır. Saf teknik etkinlik pech 0,996 ile hafif bir gerileme kaydederken, ölçek etkinliği sech 1,002 değeri ile tüm bileşenler arasında 1'in üzerinde seyreden tek parametre olmuştur. Bu bulgu, elektrik dağıtım şirketlerinin analiz döneminde verimlilik artışına pozitif katkı sağlayan yegâne unsurun "optimum üretim ölçeğine yaklaşma" çabaları olduğunu, ancak bu katkının teknolojik gerilemeyi telafi etmeye yetmediğini kanıtlamaktadır. Yıllık bazdaki dalgalanmalar dikkate alındığında, 2. dönemde kaydedilen 1,519 seviyesindeki olağanüstü tfpch artışı dikkat çekicidir. Bu sıçramanın temel itici gücü 1,428 seviyesindeki teknolojik ilerleme techch olup, bu durum muhtemelen dönemin başında gerçekleştirilen altyapı yatırımlarının veya şebeke modernizasyon çalışmalarının bir yansımasıdır. Ancak hemen ardından gelen 3. dönemde endeksin 0,622'ye gerilemesi, sektörün yakaladığı ivmeyi korumakta zorlandığını ve verimlilikte %37,8'lik sert bir daralma yaşandığını göstermektedir. Takip eden yıllarda 4. yıldaki %9'luk toparlanma hariç endeks değerleri genellikle 1 eşiğinin altında kalmıştır. Analizin son yılı olan 10. dönemde ise toplam faktör verimliliği 0,952 olarak gerçekleşmiştir; bu dönemde teknik etkinlikte 1,045 ile anlamlı bir iyileşme görülse de, teknolojik değişimin 0,911'e gerilemesi toplam verimlilik performansını baskılamaya devam etmiştir. Sonuç olarak, Türkiye elektrik dağıtım sektöründe 2015-2024 periyodu; yönetimsel etkinlikten ziyade, teknolojik yenilenme hızındaki istikrarsızlıkların verimliliği sınırladığı bir dönem olarak karakterize edilebilir.

Firma bazlı Malmquist endeksi ortalama sonuçları ise Tablo 7'de sunulmaktadır.

Tablo 7: Elektrik Dağıtım Şirketinin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Sonuçları

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS					
year	**effch**	**techch**	**pech**	**sech**	**tfpch**
Dmu1	1.000	0.986	1.000	1.000	0.986
Dmu2	1.004	1.018	1.003	1.001	1.022
Dmu3	1.000	1.007	1.000	1.000	1.007
Dmu4	1.000	1.023	1.000	1.000	1.023
Dmu5	1.018	0.952	1.000	1.018	0.969
Dmu6	1.000	0.928	1.000	1.000	0.928
Dmu7	1.000	0.948	1.000	1.000	0.948
Dmu8	0.999	0.991	0.980	1.019	0.990
Dmu9	0.993	0.966	0.981	1.013	0.959
Dmu10	1.037	1.005	1.014	1.022	1.041
Dmu11	1.000	0.992	1.000	1.000	0.992
Dmu12	0.965	0.924	0.969	0.996	0.892
Dmu13	0.983	0.949	0.999	0.984	0.933
Dmu14	1.005	0.971	0.994	1.011	0.976
Dmu15	0.945	0.939	1.000	0.945	0.887

Dmu16	0.995	0.903	1.000	0.994	0.898
Dmu17	0.987	0.895	0.993	0.994	0.883
Dmu18	1.013	0.989	1.000	1.013	1.002
Dmu19	0.983	0.958	0.963	1.021	0.942
Dmu20	1.034	0.970	1.014	1.020	1.004
Dmu21	0.998	0.949	1.013	0.985	0.947
mean	0.998	0.964	0.996	1.002	0.962

Tablo 7'de yer alan firma bazlı bulgular, verimlilik artışı sağlamayı başaran ve sektör ortalamasının üzerine çıkan sınırlı sayıda şirket olduğu görülmektedir. Meram EDAŞ, 1,041 toplam faktör verimliliği endeksi ile analizin en başarılı şirketi olarak öne çıkmaktadır. Meram EDAŞ' ın bu başarısı, hem teknik etkinlikteki %3,7 hem de teknolojik değişimdeki %0,5 eş zamanlı artıştan beslenmektedir. Bu şirketi sırasıyla Başkent EDAŞ 1,023, Toroslar EDAŞ 1,022, GDZ EDAŞ 1,007, Aras EDAŞ 1,004 ve Kayseri ve Civarı ETAŞ 1,002, takip etmektedir. Verimlilik artışı kaydeden bu altı şirketin ortak özelliği, teknolojik değişim veya teknik etkinlik bileşenlerinden en az birinde 1 eşiğinin üzerinde performans sergileyerek sektörün genel negatif eğiliminden pozitif yönde ayrışmalarıdır.

Buna karşın, 21 şirketin büyük çoğunluğunun yani 15 şirket analiz döneminde verimlilik kaybı yaşadığı tespit edilmiştir. Verimlilik performansı en düşük şirketler olarak Fırat EDAŞ 0,883, Akedaş EDAŞ 0,887 ve Osmangazi EDAŞ 0,892 dikkat çekmektedir. Özellikle Fırat EDAŞ ve Osmangazi EDAŞ'taki gerilemenin temel nedeni, teknolojik değişim endekslerinin sırasıyla 0,895 ve 0,924 gibi oldukça düşük seviyelerde kalmasıdır. Yıllık bazdaki dinamikler ise 2015-2016 geçişi yakalanan 1,519'luk rekor artışın ardından sektörün genel bir durgunluk evresine girdiğini ve son dönemde teknik etkinlikteki 1,045'lik iyileşmeye rağmen, teknolojik gerilemenin 0,911 etkisiyle toplam verimliliğin 0,952 seviyesinde baskılandığını göstermektedir. Sonuç olarak, Türkiye elektrik dağıtım sektöründe sürdürülebilir bir verimlilik artışı için şirketlerin operasyonel etkinliklerinden ziyade, teknolojik yenilenme ve dijitalleşme yatırımlarına odaklanmaları gerektiği akademik bir çıkarım olarak sunulabilir

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Türkiye elektrik dağıtım sektöründe şirketler arasında belirgin etkinlik ve verimlilik farklılıklarının bulunduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır. VZA sonuçlarına göre bazı şirketlerin etkin sınır üzerinde yer alması, buna karşın bazı şirketlerin oldukça düşük teknik etkinlik düzeylerine sahip olması, sektörde homojen bir performans yapısının bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, literatürde Türkiye üzerine yapılan önceki çalışmalarla da büyük ölçüde örtüşmektedir.

Özellikle Güler, E., Kandemir, S.Y. ve Açıkkalp, E. (2020) Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinin etkinlik performansını analiz ettikleri çalışmalarında, şirketler arasında ciddi etkinlik farklılıkları bulunduğunu ve bu farklılıkların bölgesel olarak değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada da Dicle EDAŞ ve Vangölü EDAŞ gibi şirketlerin düşük etkinlik skorlarının, yüksek kayıp-kaçak oranları ve hizmet kalitesi göstergeleriyle birlikte ortaya çıkması, söz konusu bulgunun güncel verilerle yeniden teyit edildiğini göstermektedir. Bu sonuç, bölgesel sosyoekonomik koşulların ve yapısal sorunların, dağıtım şirketlerinin performansı üzerinde halen güçlü bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayşin ve Çalmaşur (2022) tarafından yapılan çalışma ile 2012-2018 arası dönemi bu araştırma ise 2015-2024 arasıdır. Kıyaslandığında, Türkiye elektrik dağıtım sektörünün verimlilik eğilimlerinde belirgin bir kırılma yaşandığı görülmektedir. Ayşin ve Çalmaşur'un analizinde

yıllık ortalama %10,5 oranında yüksek bir verimlilik artışı saptanmışken, bu çalışmada sektör genelinde yıllık ortalama %3,8 oranında tfpch: 0,962 bir verimlilik azalışı kaydedilmiştir. Önceki çalışmada verimlilik artışı teknolojik ilerleme ve teknik etkinlikle açıklanırken, güncel bulgular verimlilik kaybının temel nedeninin teknolojik gerileme techch: 0,964 olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, 2015-2024 döneminde verimliliğe pozitif katkı sunan tek bileşenin ölçek etkinliği sech: 1,002 olması, şirketlerin yönetimsel başarılardan ziyade fiziksel ölçek optimizasyonuna odaklandığını göstermektedir. Sonuç olarak bu araştırma, sektörün ilk özelleştirme yıllarındaki büyüme ivmesini kaybederek teknolojik bir durağanlık evresine girdiğini kanıtlayarak literatüre güncel ve eleştirel bir perspektif sunmaktadır.

Uluslararası literatürde yer alan çalışmalar da bu bulguları destekler niteliktedir. Jamasb ve Pollitt (2008), Avrupa'daki elektrik dağıtım şirketleri üzerine yaptıkları kapsamlı analizde, düzenleyici yapı ve yatırım teşviklerinin şirket performansı üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de özelleştirme sonrası dönemde EPDK tarafından uygulanan performans bazlı düzenleme mekanizmalarının, özellikle teknolojik yatırımlar yoluyla sektörün üretim sınırını ileriye taşıdığı görülmektedir. Ancak aynı zamanda teknik etkinlik düzeyinin uzun dönemde durağan seyretmesi, şirketlerin yönetimsel kapasite ve operasyonel mükemmeliyet açısından yeterince hızlı bir dönüşüm sağlayamadığını göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bir diğer önemli bulgu, birçok şirketin ölçeğe göre artan getiri bölgesinde faaliyet göstermesidir. Bu durum, bazı şirketlerin hâlen optimal üretim ölçeğinin altında çalıştığını ve kapasite artışı ya da yapısal konsolidasyon yoluyla etkinliklerini artırabileceklerini göstermektedir. Buna karşılık ölçeğe göre azalan getiri gösteren şirketlerin de bulunması, sektörde yalnızca küçük ölçek sorunlarının değil, aşırı büyüklükten kaynaklanan verimsizliklerin de söz konusu olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, düzenleyici otorite açısından şirket bazlı farklılaştırılmış politika tasarımlarının gerekliliğine işaret etmektedir.

Girdi ve çıktı atıl değerlerine ilişkin sonuçlar da literatür açısından anlamlıdır. Özellikle hat uzunluğu, personel sayısı ve yatırım tutarı gibi girdilerde ortaya çıkan yüksek atıl değerler, kaynak tahsisinin her bölgede aynı etkinlik düzeyinde gerçekleşmediğini göstermektedir. Bu durum, yalnızca yatırım hacminin değil, yatırımın niteliğinin ve yönetimsel etkinliğinin de verimlilik açısından belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde sıkça vurgulanan "yatırım-verimlilik ilişkisinin doğrusal olmadığı" yönündeki bulgular, bu çalışma sonuçlarıyla da desteklenmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmanın bulguları hem ulusal hem de uluslararası literatürle büyük ölçüde uyumludur. Bununla birlikte, 2015–2024 gibi güncel ve uzun bir dönemi kapsaması sayesinde çalışma, Türkiye elektrik dağıtım sektörünün özelleşme sonrası olgunlaşma evresine ilişkin daha güncel bir tablo sunmakta ve önceki çalışmaların bulgularını güncelleyerek literatüre tamamlayıcı bir katkı sağlamaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin 2015–2024 dönemine ait performansını Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi kullanarak kapsamlı biçimde değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye elektrik dağıtım sektörünün özelleşme sonrası dönemde belirli alanlarda ilerleme kaydettiğini, ancak

sektör genelinde sürdürülebilir ve homojen bir verimlilik yapısına henüz ulaşılamadığını ortaya koymaktadır.

VZA sonuçları, şirketler arasında teknik etkinlik açısından belirgin farklılıkların bulunduğunu göstermektedir. Bazı şirketlerin etkin sınır üzerinde yer alması, sektör içerisinde başarılı uygulama örneklerinin mevcut olduğunu ortaya koyarken; bazı şirketlerin oldukça düşük etkinlik skorlarına sahip olması, kaynak tahsisinde ve operasyonel yönetimde ciddi yapısal sorunların varlığına işaret etmektedir. Ortalama teknik etkinlik düzeyinin %75 civarında gerçekleşmesi, mevcut çıktı düzeyi korunmak kaydıyla sektör genelinde anlamlı bir iyileştirme potansiyelinin bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, düzenleyici politika tasarımlarında yalnızca yatırım hacmine değil, yatırımın etkin kullanımına ve operasyonel performansa daha fazla odaklanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Atıl değer analizleri, özellikle hat uzunluğu, personel sayısı ve yatırım harcamaları gibi girdilerde önemli ölçüde kapasite fazlalıkları bulunduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra kayıp-kaçak oranları ve kesinti süreleri gibi hizmet kalitesi göstergelerinde gözlenen yüksek atıl değerler, bazı bölgelerde altyapı ve yönetim sorunlarının devam ettiğini göstermektedir. Bu durum, dağıtım şirketlerinin yalnızca nicel çıktı üretimini artırmaya değil, aynı zamanda hizmet kalitesini iyileştirmeye yönelik daha dengeli bir performans yaklaşımı benimsemeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

2015-2024 dönemi Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) sonuçları, sektör genelinde yıllık ortalama %3,8'lik bir verimlilik kaybına işaret etmektedir. Bu gerilemenin temel belirleyicisi, üretim sınırındaki negatif kaymayı ifade eden teknolojik değişim bileşenidir. Teknik etkinliğin durağan seyretmesine karşın, ölçek etkinliği verimliliğe sınırlı da olsa pozitif katkı sağlayan tek unsurdur. Teknolojik yatırımların üretim sınırını ileri taşıma potansiyeli olsa da, Meram EDAŞ gibi istisnalar dışında bu yatırımların sektör genelinde henüz arzu edilen yönetimsel verimliliğe tam olarak dönüşemediğini kanıtlamaktadır. Sonuç olarak, teknolojik modernizasyonun verimlilik artışı sağlaması için kurumsal kapasite ve organizasyonel becerilerle desteklenmesi gerekmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda politika yapıcılar ve sektör paydaşları açısından çeşitli çıkarımlar yapılabilir. Öncelikle EPDK tarafından uygulanan performans bazlı düzenleme mekanizmalarının, yalnızca yatırım miktarını değil, yatırımın çıktı ve hizmet kalitesi üzerindeki etkisini daha doğrudan dikkate alan bir yapıya kavuşturulması önem taşımaktadır. Kayıp-kaçak oranları ve kesinti süreleri gibi kalite göstergelerine dayalı teşvik ve yaptırım mekanizmalarının güçlendirilmesi, özellikle düşük performanslı şirketlerin etkinlik düzeylerini artırmaları açısından kritik bir rol oynayabilir. Ayrıca etkin şirketlerin uygulamalarının daha sistematik biçimde analiz edilmesi ve "referans şirket" yaklaşımı çerçevesinde iyi uygulamaların sektöre yaygınlaştırılması, genel performans düzeyinin yükseltilmesine katkı sağlayacaktır.

Şirket yönetimleri açısından bakıldığında ise, yalnızca fiziksel yatırım artışına odaklanmak yerine, mevcut kaynakların etkin kullanımı, insan kaynakları yönetiminin iyileştirilmesi, dijitalleşme süreçlerinin operasyonel verimliliğe entegre edilmesi ve performans izleme sistemlerinin güçlendirilmesi öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle ölçeğe göre artan getiri bölgesinde faaliyet gösteren şirketler için kontrollü büyüme ve kapasite artırımı stratejileri, verimlilik artışı açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, Türkiye elektrik dağıtım sektörünün son on yıllık performansını nicel yöntemlerle ortaya koyarak hem literatüre güncel bir katkı sunmakta hem de politika yapıcılar ile sektör uygulayıcıları için somut çıkarımlar üretmektedir. Gelecek çalışmalarda veri setinin genişletilmesi, çevresel değişkenlerin modele dâhil edilmesi veya alternatif yöntemlerle (örneğin Stokastik Sınır Analizi) karşılaştırmalı analizlerin yapılması, sektörün verimlilik dinamiklerinin daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Alekseeva, T., & Sidorov, A. (2018). Distribution system operator (DSO) roles and responsibilities in the smart grid environment. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(3), 118-124.

Auer, C., Fleischer, G., & Drevs, F. (2020). *Energy Efficiency and Renewable Energy: Strategies for a Sustainable Future*. Springer.

Bağdadıoğlu, N. (2009). Türk Elektrik Dağıtım Sektöründe Hizmet Kalitesine Yönelik Özendirici Bir Düzenleme Uygulaması. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 23-44.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393-1414.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.

Emre Aysin, M., & Çalmaşur, G. (2022). TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN ETKİNLİK VE VERİMLİLİK ANALİZİ. Verimlilik Dergisi(3), 427-440. https://doi.org/10.51551/verimlilik.968983

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2001). *Elektrik Piyasası Kanunu*. Resmi Gazete, Sayı: 24335.

Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281. https://doi.org/10.2307/2343100

Gore, D. (2011). *Regulation and Deregulation of the Power Sector*. Butterworth-Heinemann.

Güler, E., Kandemir, S.Y. ve Açıkkalp, E. (2020). "Türkiye'deki Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 66-79.

IEA (International Energy Agency). (2020). *World Energy Outlook 2020*. IEA Publications.

Jamasb, T., & Pollitt, M.G. (2008). Electricity sector liberalisation and innovation: An analysis of the UK's patenting activities, 29(3), 119-152.

Joskow, P. L. (2008). Lessons learned from electricity market liberalization. *The Energy Journal*, 29(2), 9-42.

L'Hoiry, D. (2021). *Smart Grid and the Future of Energy*. CRC Press.
Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference curves. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209-242.
Nepal, R., & Jamasb, T. (2013). Cought Between Theory and Practice: Government, Market and Regulatory Failures in Electricity Sector Reforms.
Newbery, D. M. (2002). Problems of electricity market liberalization. *The Economic Journal*, 112(480), F472-F493.
Smil, V. (2017). *Energy and Civilization: A History*. MIT Press.
Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.
TEDAŞ, https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_bilgilendirme., (Erişim tarihi: 23.01.2026).
Ulucan, A., & Atıcı, K. (2010). Enerji ve Çevre Konularında Parametrik Olmayan Veri Analizi ve Türkiye Elektrik Sanayi Uygulaması. H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 28(1), 173-203.
Yergin, D. (2011). *The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World*. Penguin Press.

USING ANSYS FLUENT SOFTWARE TO EVALUATE THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE AIRCRAFT AT VARIOUS ANGLES OF ATTACK

Lai Cong Hoan
Air Force Officer's College, Vietnam
Nguyen Thanh Cuong
Air Force Officer's College, Vietnam
Mai Duc Nghia
Air Force Officer's College, Vietnam
ORCID ID: 0000-0001-6124-3231

ABSTRACT
As the aircraft moves through space, the angle of attack, defined as the angle between the longitudinal axis of the aircraft and the velocity vector of the undisturbed airflow, is continuously adjusted to control the aircraft. Consequently, the aerodynamic load acting on the wings changes accordingly. Specifically, these aerodynamic forces are also influenced by the ambient air density, which varies with temperature and altitude. Therefore, determining the precise adjustment of the angle of attack to ensure stable flight is a critical requirement for pilots. In this paper, the aerodynamic behavior of a military aircraft is investigated at various angles of attack using Ansys Fluent simulation software. The numerical results demonstrate that the pressure distribution, velocity magnitude above and below the wing, flow regimes (laminar, turbulent, and vortex), lift, and drag forces all undergo significant changes. Notably, the lift force decreases sharply when the angle of attack exceeds 18^0.
Keywords: Aircraft, angle of attack, lift force, drag force, aerodynamic

1. INTRODUCTION
With the rapid advancement of computational power, the numerical simulation of aircraft aerodynamic characteristics using Ansys Fluent has become standard practice. As a prominent Computational Fluid Dynamics (CFD) solver, Ansys Fluent is extensively utilized across diverse industrial and scientific domains. The fundamental theoretical framework of CFD is governed by the physical laws of fluid motion, which are dictated by three core conservation principles (John P et al. 2011).
- Conservation of mass.
- F = ma (Newton's second law).
- Energy conservation.

These fundamental principles can be mathematically expressed through governing equations, most generally formulated as partial differential equations (PDEs) that dictate fluid flow and heat transfer (Georgios Balafas 2014). This mathematical framework is commonly referred to as the Navier-Stokes equations. Based on the conservation of mass, momentum, and energy, this system is applied to a defined control volume to describe the flow fields of both ideal and viscous, incompressible fluids. The fundamental form of the Navier-Stokes equations is expressed as follows (John P et al. 2011).

$$\begin{cases} \frac{\partial_u}{\partial_t} - \nu\Delta_u + (u.\nabla)u + \nabla_p = f \\ \nabla.u = 0 \end{cases}$$

(1)

Where u = u(x, t) and p = p(x, t) are the velocity vector function and the pressure function to be found, respectively, ν = const > 0 is the viscosity coefficient and f is the external force.

To solve the above system of equations, numerical tools such as FVM (Finite Volume Method), FEM (Finite Element Method), FDM (Finite Differences Method) are applied to find out the properties that govern the flow such as flow, speed, pressure, mass flow rate, or heat flow rate (Ren Yiru and Xiang Jinwu 2014).

In recent years, numerous scientific works have been published on computing aircraft aerodynamics using Ansys Fluent. These studies aim to elucidate the underlying physical phenomena governing flight dynamics, while refining aerodynamic designs and optimizing flight control systems to ensure aviation safety (Kyle D et al. 2002; Manish Sharma et al. 2013).

Ortiz et al. (2012) simulated the aerodynamic characteristics of the ENAER T-35 Pillán trainer aircraft at various Mach numbers; their study determined the maximum flight speed as a function of the aircraft's angle of attack.

Ramprasadh and Devanandh (2015) investigated the effects of aircraft wing surface modifications on lift performance using Ansys Fluent simulations. Their findings indicated that surface indentations (dimples) significantly influence the drag coefficient; specifically, these concavities induce strong airflow vortices, altering the pressure distribution and consequently affecting the aircraft's lift.

Helal et al. (2016) utilized Ansys Fluent to analyze the aerodynamic performance of civil transport aircraft wings equipped with winglets. Their analysis aimed to optimize the winglet geometry to ensure optimal aerodynamic efficiency across various wing aspect ratios.

Pátek et al. (2012) experimentally investigated pneumatic airbrakes in a low-speed wind tunnel, combined with numerical simulations, to evaluate the influence of the distance from the wing surface on brake performance and its subsequent effects on other aircraft components.

Abdelghany et al. (2016) investigated winglet designs and their influence on aerodynamic characteristics, focusing primarily on lift force enhancement via Ansys Fluent simulations. Their results demonstrated that an optimal winglet geometry, combined with an appropriate angle of attack, significantly improves aerodynamic efficiency.

López Calle (2015) utilized CFD model to analyze the three-dimensional (3D) flight dynamics of an ultralight aircraft. Based on the simulation results, the study provided critical recommendations for aircraft manufacturing, particularly regarding the control system design.

Manikantissar and Geete (2017) analyzed the aerodynamic characteristics of an aircraft fuselage using Ansys CFX software to determine the optimal wing configuration for military applications, specifically supersonic fighter aircraft and unmanned aerial vehicles (UAVs). Their study quantified key parameters — including velocity, angle of attack, lift, and aerodynamic interference — to evaluate the overall feasibility of the design.

Raj (2012) predicted the aerodynamic performance of an aircraft utilizing CFD modeling and simulation techniques.

Cheng et al. (2016) analyzed the aerodynamic characteristics of a military fighter aircraft using CFD simulations. The geometric model was developed in CATIA, and the numerical analysis was executed in Ansys Fluent utilizing the standard k-ε turbulence model. The

simulation results demonstrated that the aircraft's aerodynamic features were in good agreement with experimental wind tunnel data.

Dileep et al. (2013) optimized the aerodynamic performance of an aircraft by adaptively modifying the wing surface geometry in response to the angle of attack. Utilizing both numerical simulations and experimental methods, their study contributes to the development of adaptive wing technologies capable of maintaining optimal efficiency under varying flight conditions.

Triantafyllou et al. (2016) evaluated the aerodynamic characteristics and lift forces of a military aircraft using various CFD turbulence models. Their numerical comparative analysis demonstrated that the Standard k-ε, RNG k-ε, and Realizable k-ε models yielded highly consistent results with negligible discrepancies, thereby validating the reliability of these turbulence models for aerodynamic calculations.

Akgun et al. (2016) investigated the geometric configurations of the F-16 aircraft, focusing on various fuselage length-to-wingspan ratios, to improve aerodynamic efficiency and reduce fuel consumption using Ansys Fluent. Their numerical results mapped the aerodynamic pressure distribution across critical aircraft components, including the fuselage, wings, and both vertical and horizontal stabilizers.

In general, existing research predominantly relies on numerical simulations to evaluate the aerodynamic characteristics of aircraft in flight, thereby optimizing flight control systems to enhance aviation safety. Building upon these insights, this study utilizes Ansys Fluent to investigate the influence of the angle of attack on the aerodynamic performance of the L-39 trainer aircraft.

2. BASIS OF SIMULATION

- Continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \Delta.(\rho \vec{V}) = 0 \quad (2)$$

- Momentum equation:

Composition x: $$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \Delta.(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho f_x \quad (3)$$

Composition y: $$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \Delta.(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial y} + \rho f_y \quad (4)$$

Composition z: $$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \Delta.(\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho f_z \quad (5)$$

- Energy equation:

$$\frac{\partial}{\partial t}[\rho(e + \frac{V^2}{2})] + \Delta[\rho(e + \frac{V^2}{2})\vec{V}] = \rho \dot{q} - (\frac{\partial(up)}{\partial x} + \frac{\partial(vp)}{\partial y} + \frac{\partial(wp)}{\partial z}) + \rho \vec{f}.\vec{V} \quad (6)$$

- Standard k-ε model:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu+\frac{\mu_t}{\partial_k})\frac{\partial k}{\partial x_j}]+ p_k+p_b-\rho\varepsilon-Y_m+S_k \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu+\frac{\mu_t}{\partial_\varepsilon})\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}]+ C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(p_k+C_{3\varepsilon}p_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}+S_\varepsilon \end{cases}$$

(7)

Where $\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}$ is the modeled turbulent viscosity; $P_k=-\rho\overline{u_i u_j}\frac{\partial u_j}{\partial u_i}$; $P_k=\mu_t S^2$, S is the modulus of the mean tensor stress ratio, $S=\sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$; $P_b=\beta g_i\frac{\mu_t}{Pr_t}\frac{\partial T}{\partial x_i}$ is the effect of thrust; Pr_t = 0.85 is the Prandtl number; $\beta=-\frac{1}{\rho}(\frac{\partial\rho}{\partial T})_p$ is the coefficient of thermal expansion; $C_{1\varepsilon}=1.44, C_{2\varepsilon}=1.92, C_\mu=0.09, \sigma_k=1.0, \sigma_\varepsilon=1.3$ are the constants of the k - ε turbulence model.

- Geometric modeling of the L-39 aircraft

The build of the geometric model is done according to the aircraft dimensions as shown in Figure 1, the model after construction (Figure 2). The selected calculation software is Ansys Fluent software, the simulation parameters are presented in Tables 1 and Tables 2.

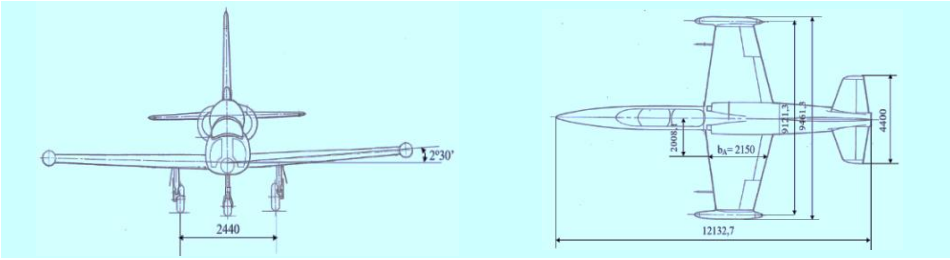
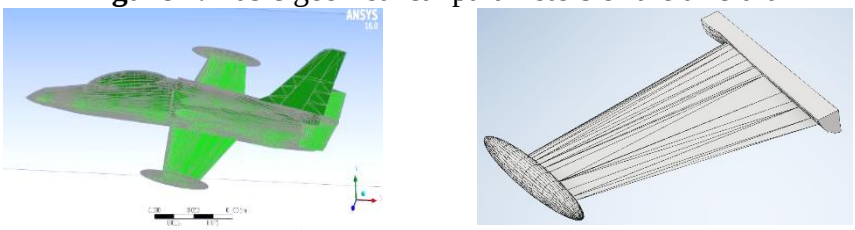


Figure 1. Basic geometrical parameters of the aircraft



a) b)

Figure 2. ***Geometric model of the L-39 aircraft (a) and the L-39 wing (b)***

Table 1. Standard parameters of air

Standard	Meaning	Value
p_0	Air pressure according to sea level standards	$10.1325x10^4$ Pa
L	Temperature lapse rate, g/cp for dry air	$65x10^{-4}$ K/m
c_p	Default heat pressure	~ $10.07x10^2$ J/(kg•K)
T_0	Sea level standard temperature	288.15 K
g	Ground gravity acceleration	9.8 m/s^2
M	The molar mass of dry air	$28.96x10^{-3}$ kg/mol

R_0	Universal gas constant	8.31447 J/(mol•K)
ρ_0	Standard gas density	1.225 kg/m^3

Table 2. ***Simulation parameters***

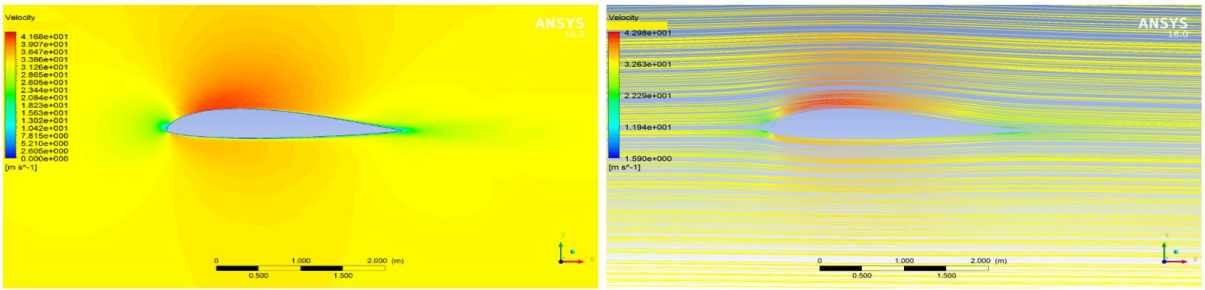
Parameters	Value										
Temperature, T (K)	215	214	211	207	207	203	203	198	198	195	195
Flight speed, V (m/s)	210	210	220	220	220	230	230	230	250	250	250
Flight altitude, H (m)	2000	2100	2600	3200	3200	3800	3800	4500	4500	5000	5000
Flight angle of attack, α (deg)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

3. RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

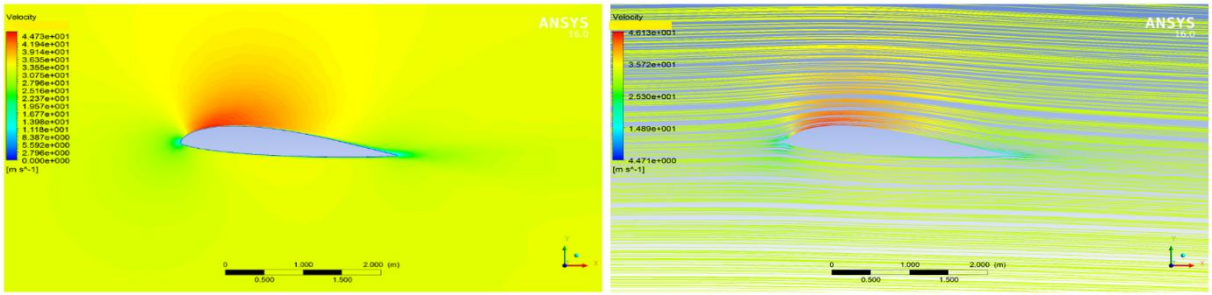
For an aircraft maneuvering at an angle of attack $\alpha = 0^0$, the airflow over the wing remains laminar. Due to the upper camber of the airfoil profile, the airflow accelerates over the upper surface, exhibiting a higher velocity than that beneath the wing. This velocity differential induces a drop in pressure on the upper surface relative to the lower surface, thereby generating aerodynamic lift. As the angle of attack increases to $\alpha = 4^0$, the low-pressure region expands across the entire upper wing surface, intensifying the pressure differential and leading to a rapid increase in lift. In this condition, the airflow begins to drift toward the wingtip, a phenomenon driven by the spanwise velocity component of the undisturbed freestream flow, as illustrated in Figure 3.

As the angle of attack α increases from 5^0 to 18^0, the high-pressure region beneath the wing develops and progressively expands toward the trailing edge. Concurrently, the spanwise velocity component of the undisturbed freestream flow tends to intensify near the wingtip; despite this, the lift continues to rise, maintaining stable aircraft maneuverability. However, when the angle of attack exceeds $\alpha > 18^0$, the lift force (Y) begins to decline due to the onset and propagation of severe boundary layer separation on the upper wing surface. Furthermore, the asymmetric development of this flow separation induces aerodynamic instability, which may cause the maneuvering aircraft to experience buffeting or oscillatory instability.

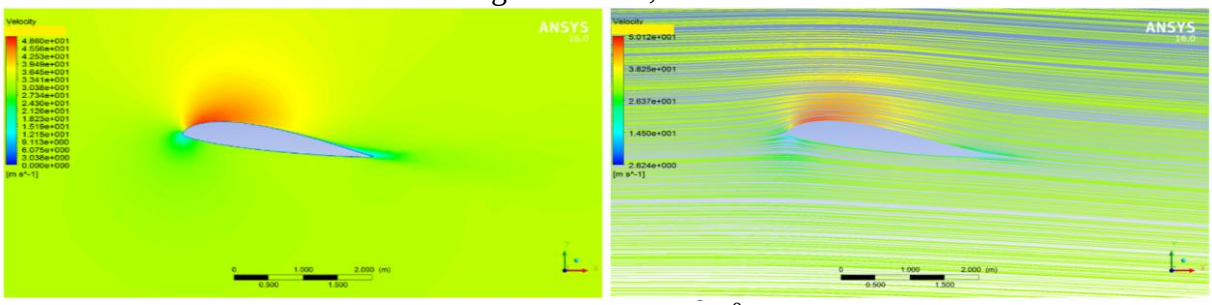
With a further increase in the angle of attack, the lift force Y (lift coefficient C_y) drops sharply, while the drag force X (drag coefficient C_x) increases rapidly. This regime is characterized by a fully developed boundary layer separation across the entire upper wing surface, concurrently accompanied by intense vortex shedding (Figure 3). These severe vortex fields significantly diminish the net pressure differential between the upper and lower surfaces; the resulting pressure distribution across the airfoil profile is illustrated in Figure 4.



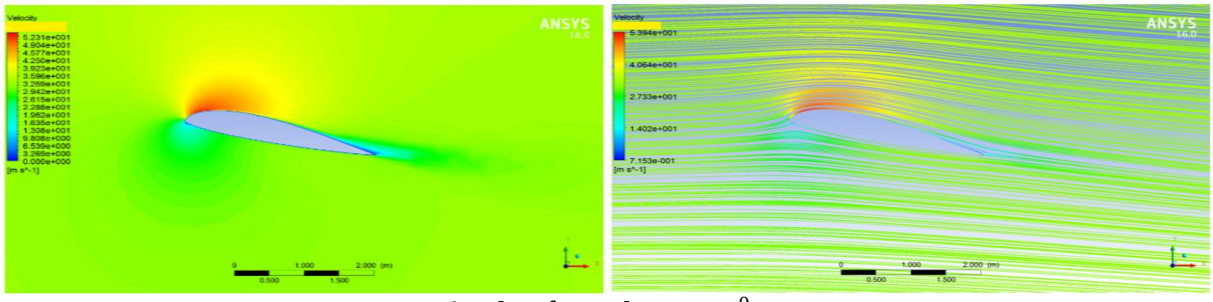
Angle of attack, $\alpha = 0^0$



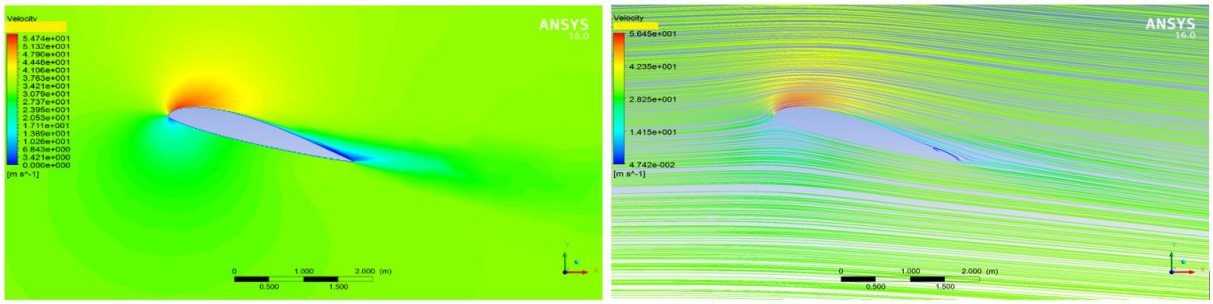
Angle of attack, $\alpha = 4^0$



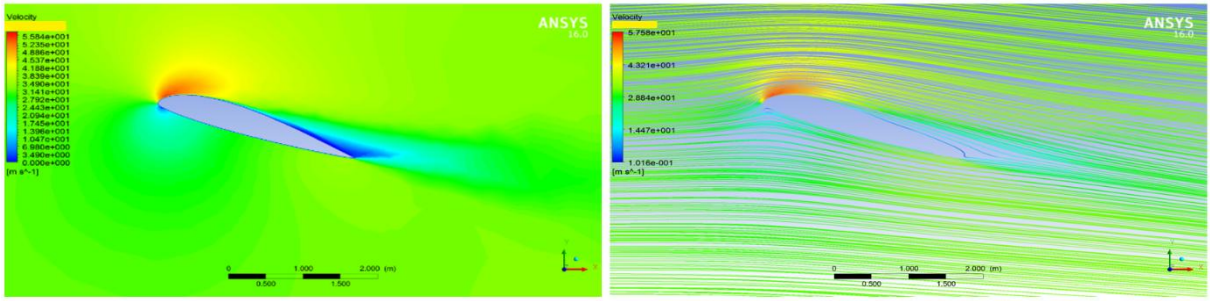
Angle of attack, $\alpha = 8^0$

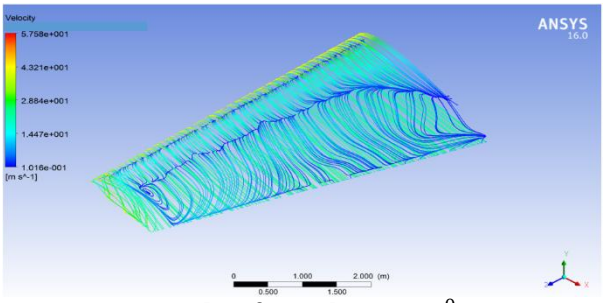


Angle of attack, $\alpha = 12^0$

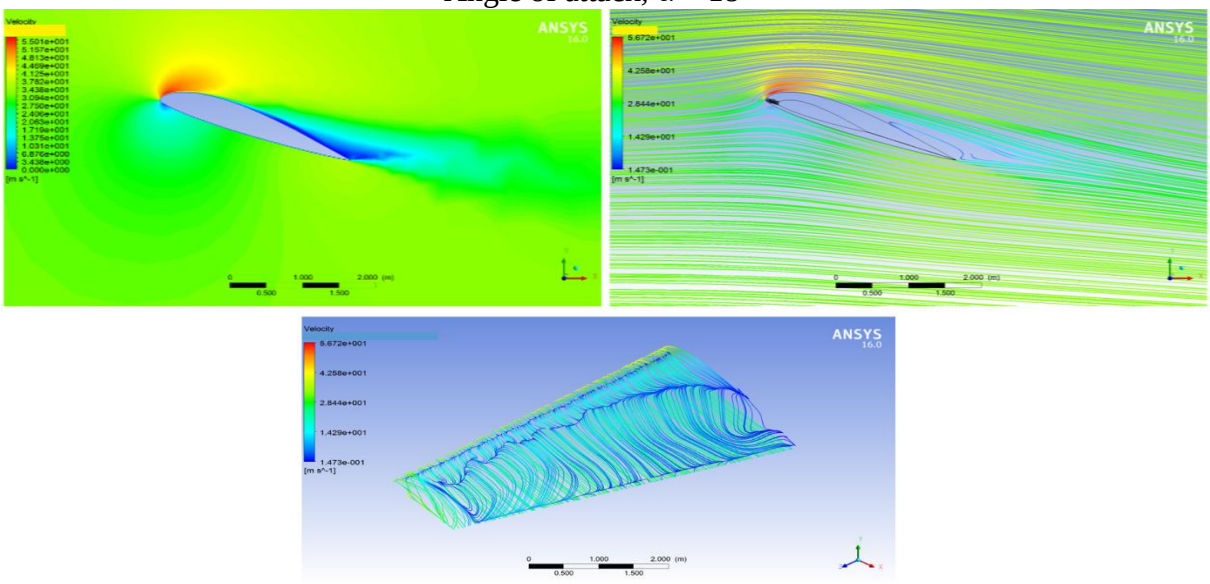


Angle of attack, $\alpha = 16^0$





Angle of attack, $\alpha = 18^0$



Angle of attack, $\alpha = 20^0$

Figure 3. Velocity fields when changing the angle of attack

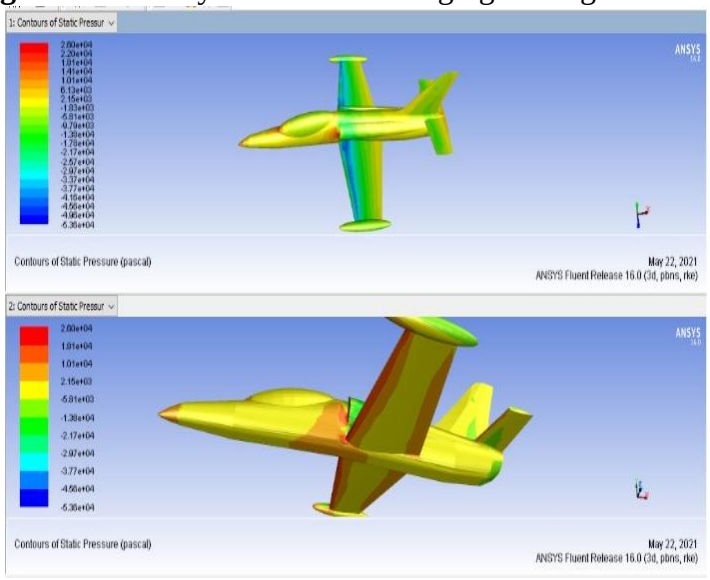


Figure 4. Pressure distribution above and below the wing

At a constant velocity, the characteristic curves of the lift (C_y) and drag (C_x) coefficients as a function of the angle of attack are illustrated in Figure 5.

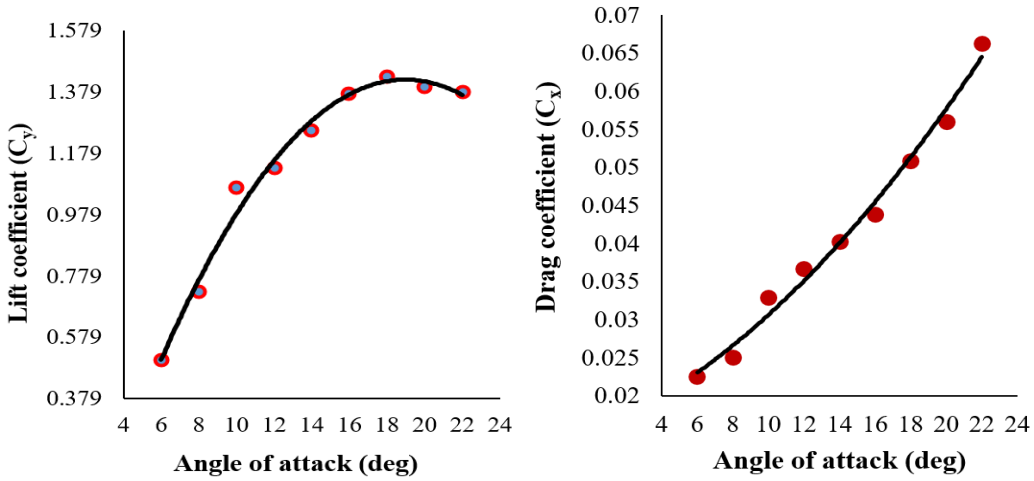


Figure 5. Lift coefficient characteristic and drag coefficient

4. CONCLUSION

During flight, variations in the angle of attack significantly alter the aircraft's aerodynamic characteristics. The simulation results demonstrate that for the L-39 aircraft, when the angle of attack exceeds the critical threshold of $\alpha > 18^0$, the lift force deteriorates, consequently leading to a sharp decline in the lift coefficient (C_y).

REFERENCES

Andres D. Ortiz, Luis E. Quiroz, Rodolfo A. Köck, Aerodynamic Performance Analysis Of A Low-Speed Acrobatic Airplane By Numerical Simulation, Mecom 2012-first south-american congress on computationl mechanics, 2012.

Cheng Liangliang, Yue Kuizhi, Guo Weigang, Yu Dazhao, Integration Analysis of Conceptual Design and Stealth-Aerodynamic Characteristics of Combat Aircraft, J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.8, No 1, pp.40-48, Jan.-Mar, 2016.

Dileep E., Nebish M. and Loganathan V, Aerodynamic Performance Optimization of Smart Wing Using SMA Actuator, Research Journal of Recent Sciences, ISSN 2277-2502, Vol. 2(6), 17-22, June 2013.

Dr. Pradeep Raj, CFD for Aerodynamic Flight Performance Prediction: From Irrational Exuberance to Sobering Reality (Invited) 5th Symposium on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics (Integration 2012).

Eslam Said Abdelghany, Essam E Khalil, Osama E Abdellatif and Gamal elhariry, Air Craft Winglet Design and Performance: Cant Angle Effect, Journal of Robotics and Mechanical Engineering Research, Vol: 1, Issue: 3, 2016.

Georgios Balafas, Polyhedral Mesh Generation for CFD-Analysis of Complex Structures, Master of Science Thesis, Faculty of Civil Engineering and Geodesy Technische Universitat München, 2014.

Hesham S. M. Helal, Essam E. Khalil, Osama E. Abdellatif, Gamal M.Elhariry, Aerodynamic Analyses of Aircraft-Blended Winglet Performance, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 13, Issue 3 Ver. IV (May- Jun. 2016), PP 65-72.

John P. Dean, James D. Clifton, David J. Bodkin, C. Justin Ratcliff. McDaniel, High Resolution CFD Simulations of Maneuvering Aircraft Using the CREATE-AV/Kestrel Solver, 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 4 – 7, January 2011.

Kyle D. Squires, James R. Forsythe and Scott A. Morton, William Z. Strang, Kenneth E. Wurtzler, and Robert F., Tomaro, Matthew J. Grismer, Philippe R. Spalart, Progress on Detached-Eddy Simulation of Massively Separated Flows, Aerospace Sciences Meeting 14–18 January 2002.

Manish Sharma, T. Ratna Reddy, Ch. Indira Priyadarsini, Flow Analysis over and F-16 Aircraft Using Computational Fluid Dynamics: A complete work. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Volume 3, Issue 5, May 2013.

Manikantissar, Dr.Ankur geete, CFD Analysis of conceptual Aircraft body, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056 Volume: 04 Issue: 01| Jan -2017.

Oriol López Calle, Preliminary study of the effects of vortex generators in ultralight aircraft, Uiversity of Politechnical de Catalunya, 2017.

Osman Akgun1, Ali Ihsan Golcuk1, Dilek Funda Kurtulus, Ünver Kaynak, Drag Analysis of a Supersonic Fighter Aircraft, Ninth International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD9), Istanbul, Turkey, July 11-15, 2016.

Pátek Z , C˘ ervinka J, Vrchota P, Wind tunnel and CFD study of airfoil with airbrake, international congress of the aironautical sciences, 2012.

Ramprasadh, A CFD Study on Leading Edge Wing Surface Modification of a Low Aspect Ratio Flying wing to Improve Lift Performance, Volume 7· Number 3, International Journal of Micro Air Vehicles, 2015.

Ren Yiru, Xiang Jinwu, Crashworthiness uncertainty analysis of typical civil aircraft based on Box–Behnken method, Chinese Journal of Aeronautics, Volume 27, Issue 3, June 2014, Pages 550-557.

T Triantafyllou, T Nikolaidis, M Diakostefanis, P Pilidis, Numerical Simulation of the Airflow Over a Military Aircraft with Active Intake, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 2016, Vol 231, Issue 8, pp. 1369 - 1390. DOI: 10.1177/0954410016651294.

INVESTIGATION INTO THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A YAK TRAINING AIRCRAFT VIA CFD-BASED NUMERICAL SIMULATION

Lai Cong Hoan
Air Force Officer's College, Vietnam
Nguyen Thanh Cuong
Air Force Officer's College, Vietnam
Mai Duc Nghia
Air Force Officer's College, Vietnam
ORCID ID: 0000-0001-6124-3231

ABSTRACT
Simulating an aircraft in motion primarily determines the velocity field, the pressure distribution on the upper and lower wing surfaces, and the laminar, turbulent, and vortex airflow regimes. Based on these results, the lift coefficient, drag coefficient, and pitching moments are determined to assess the aircraft's motion characteristics. Computational Fluid Dynamics (CFD) theory, encompassing governing differential equations combined with computer simulation technology, can solve aerodynamic problems and clearly determine the aerodynamic characteristics of Yak training aircraft. This study uses Ansys Fluent CFD software to simulate the Yak aircraft. The research results have established the lift coefficient, drag coefficient, and pitching moment characteristics, contributing to improving flight control and ensuring flight safety.
Keywords: Aircraft, angle of attack, lift coefficient, drag coefficient, pitch moment

1. INTRODUCTION
The Yak aircraft is a two-seat, monoplane trainer featuring a mid-mounted swept wing and a single vertical stabilizer equipped with an all-movable horizontal tailplane. The wing configuration includes single-slotted flaps and retractable canards. The leading-edge extensions and the aerodynamic layout of the air intakes ensure stable flight control at high angles of attack. The aircraft geometry is illustrated in Figure 1, while its basic specifications and dimensions are presented in Table 1 (Manikantissar and Ankur geete 2017; Cheng Liangliang et al. 2016; Eslam et al. 2016).

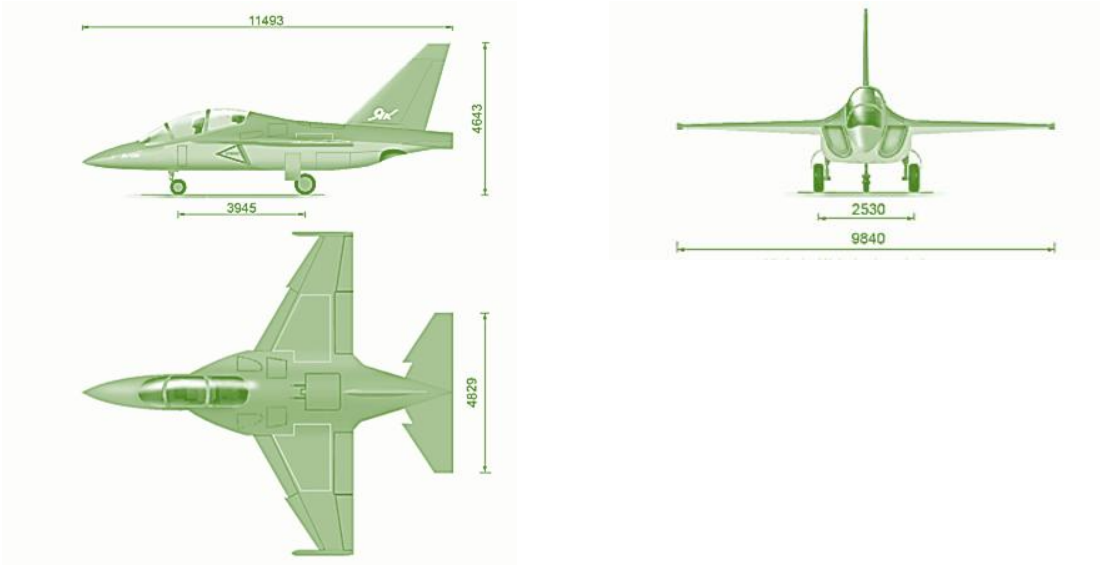


Figure 1. Geometric layout and basic dimensions of the Yak aircraft

Table 1. Basic specifications and dimensions of the Yak aircraft

Specifications	Unit	Value
- Basic dynamic parameters		
Thrust per engine (twin engines)	kgf	2500
Maximum take off Weight	kg	10290
Lift off speed	km/h	210 - 270
Landing speed	km/h	190 - 240
Maximum operating altitude	km	12.5
- Basic geometric dimensions		
Aircraft length	m	11.493
Wingspan	m	9.840
Aircraft height	m	4.643
- Wing components		
Main wing area	m^2	23.52
Ailer on area	m^2	1.388
Flap area	m^2	2.999
Flap deflection angle (take off/landing)	deg	20/40
Canard area	m^2	2.83
Elevator area	m^2	5.065
Rudder area	m^2	1.167
- Empennage		
Horizontal stabilizer area	m^2	5.065
Vertical stabilizer area	m^2	4.465
- Speed brakes		
Speed brake area	m^2	0.65
Deflection angle	deg	45

To investigate and determine the aerodynamic characteristics of the Yak aircraft, this study employs numerical simulations utilizing Ansys Fluent software, specifically focusing on a vertical loop maneuver. The schematic of the flight maneuver is presented in Figure 2.

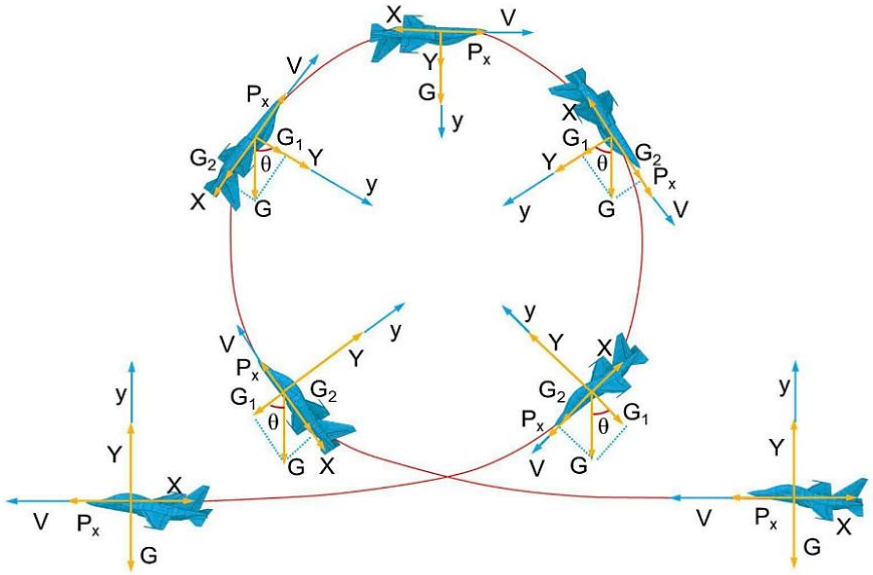


Figure 2. Flight maneuver schematic of the Yak aircraft.

2. BASICS OF CFD SIMULATION

Ansys Fluent incorporates advanced mathematical numerical methods to compute and simulate real-world physical processes. Driven by the high reliability of its constituent mathematical models, this software has been widely developed and applied across various engineering and scientific domains (Pradeep Raj 2012). A primary advantage of Ansys Fluent lies in its capacity to simulate complex physical phenomena involving fluid flows, such as evaluating the aerodynamic characteristics of aircraft, among other physical processes (Eslam et al. 2016; Oriol López 2017). The governing equations and mathematical models integrated into the simulation software include (Ansys Fluent Tutorial Guide 2016; Georgios Balafas 2014).

- Continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \Delta.(\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

- Momentum equation**:**

Composition x: $$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \Delta.(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho f_x \quad (2)$$

Composition y: $$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \Delta.(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial y} + \rho f_y \quad (3)$$

Composition z: $$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \Delta.(\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho f_z \quad (4)$$

- Energy equation:

$$\frac{\partial}{\partial t}[\rho(e + \frac{V^2}{2})] + \Delta[\rho(e + \frac{V^2}{2})\vec{V}] = \rho \dot{q} - (\frac{\partial(up)}{\partial x} + \frac{\partial(vp)}{\partial y} + \frac{\partial(wp)}{\partial z}) + \rho \vec{f}.\vec{V} \quad (6)$$

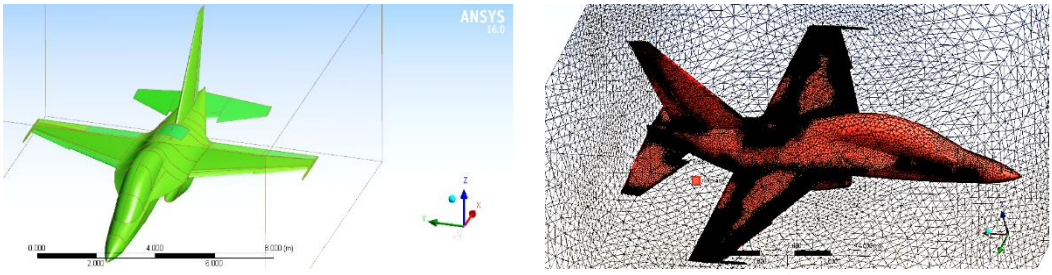
- Standard k-ε model:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu+\frac{\mu_t}{\partial_k})\frac{\partial k}{\partial x_j}]+ p_k+p_b-\rho\varepsilon-Y_m+S_k \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu+\frac{\mu_t}{\partial_\varepsilon})\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}]+ C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(p_k+C_{3\varepsilon}p_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}+S_\varepsilon \end{cases} \quad (7)$$

Where $\mu_t=\rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ is the modeled turbulent viscosity; $P_k=-\rho\overline{u_i u_j}\frac{\partial u_j}{\partial u_i}$; $P_k=\mu_t S^2$, S is the modulus of the mean tensor stress ratio, $S=\sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$; $P_b=\beta g_i\frac{\mu_t}{Pr_t}\frac{\partial T}{\partial x_i}$ is the effect of thrust; Pr_t = 0.85 is the Prandtl number; $\beta=-\frac{1}{\rho}(\frac{\partial \rho}{\partial T})_p$ is the coefficient of thermal expansion; $C_{1\varepsilon}=1.44, C_{2\varepsilon}=1.92, C_\mu=0.09, \sigma_k=1.0, \sigma_\varepsilon=1.3$ are the constants of the k - ε turbulence model.

- Geometric modeling of the Yak aircraft

Based on the dimensions, geometry, and basic specifications presented in Figure 1 and Table 1, the geometric model of the Yak aircraft was developed using Autodesk Inventor. The geometric model was subsequently imported into Ansys Fluent to establish the boundary conditions for the numerical simulation (Georgios Balafas 2014). The final geometric configuration and simulation setup are illustrated in Figure 3. In addition to the parameters listed in Table 1, the specific boundary conditions and computational parameters utilized for the simulation are detailed in Table 2.



a) *b)*

Figure 3. Geometric model (a) and computational domain with simulation setup (b)

Table 2. Simulation parameters for the Yak aircraft.

Parametes	Unit	Value
Velocity (v)	m/s	60 - 100
Angle of Attack (α)	deg	-4 - 20
Altitude (H)	m	1000 - 5000

3. RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

The simulation results indicate that when the aircraft executes a vertical loop maneuver, the velocity flow field over the upper wing and upper fuselage surfaces exhibits higher magnitudes than that beneath the lower wing and lower fuselage. This velocity asymmetry generates a significant pressure differential between the upper and lower airframe structures, thereby producing lift, as illustrated in Figure 4. The acquired numerical data and flow visualization images demonstrate strong agreement with the fundamental principles of aircraft aerodynamics (Eslam et al. 2016; Pátek et al. 2012; Pradeep Raj 2012). Specifically, a low-pressure distribution is observed on the upper wing and upper fuselage surfaces, whereas a higher pressure distribution is established on the lower wing and lower fuselage, as quantified by the contour scales in Figure 5 and Figure 6.

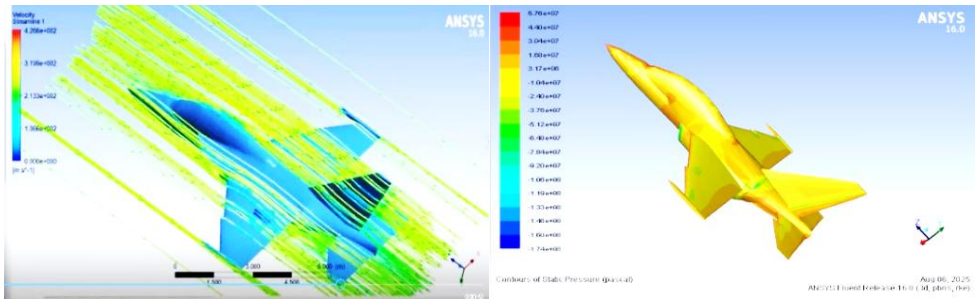


Figure 4. Flow field and pressure distribution of the aircraft during a vertical loop maneuver

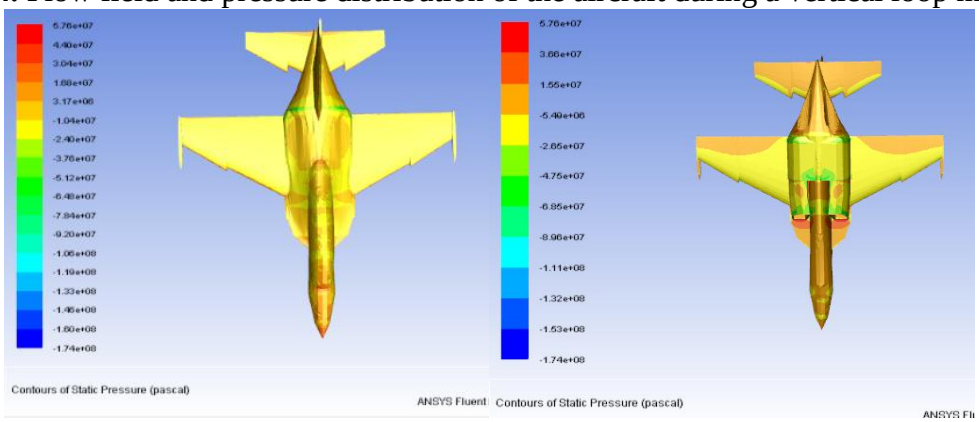


Figure 5. Pressure distribution during the dive phase



Figure 6. Velocity flow field and pressure contours of the aircraft exiting the vertical loop

By generating cross-sectional planes along the wing, the velocity and pressure fields can be observed more clearly across the airfoil profiles, as illustrated in Figures 7, 8, 9, and 10. As the angle of attack (α) increases within the range of $0 < \alpha < 10^0$, the flow velocity over the upper wing surface increases while that beneath the lower surface decreases. This behavior induces a reduction in pressure on the upper surface and an elevation in pressure on the lower surface. Consequently, both lift and drag forces increase, leading to a concurrent rise in the drag coefficient (C_d) and lift coefficient (C_l). Notably, the rate of increase in C_d is lower than that of C_l.

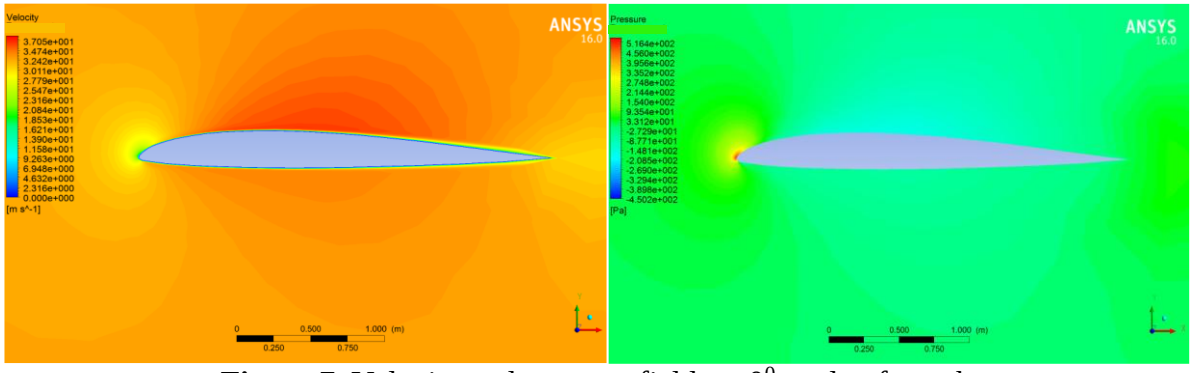


Figure 7. Velocity and pressure fields at 0^0 angle of attack

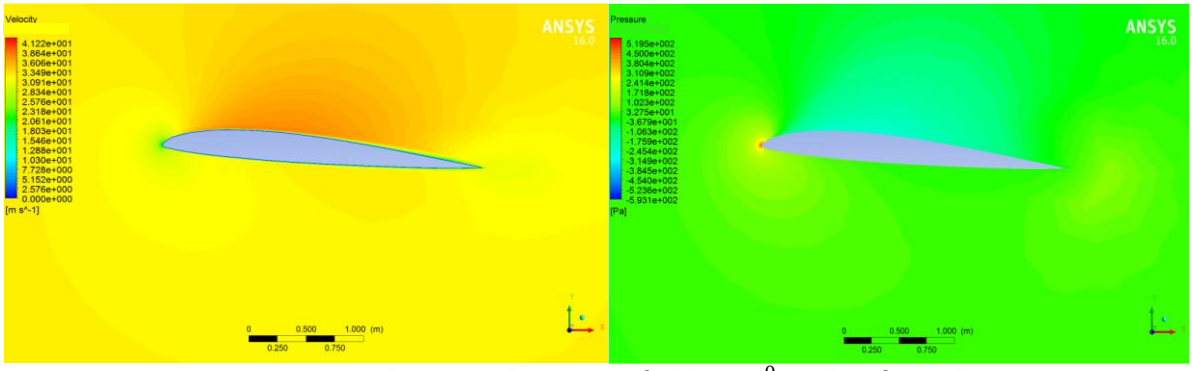


Figure 8. Velocity and pressure fields at 4^0 angle of attack

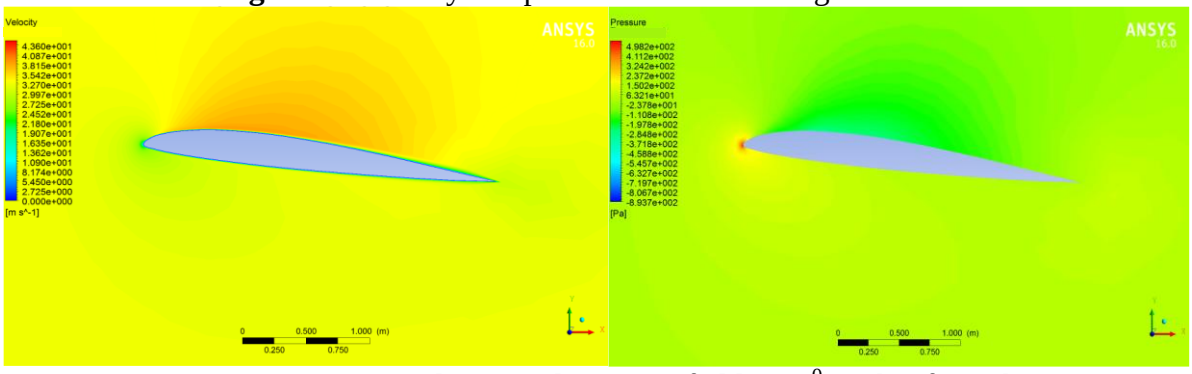


Figure 9. Velocity and pressure fields at 6^0 angle of attack

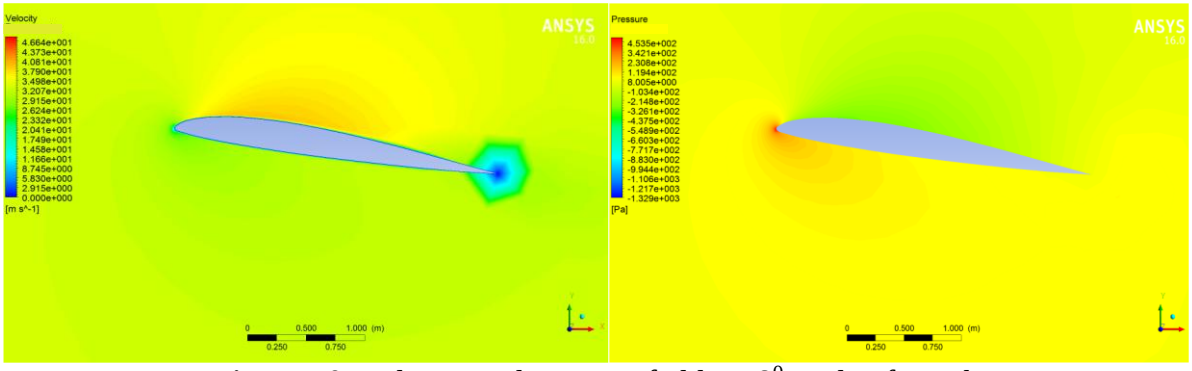


Figure 10. Velocity and pressure fields at 8^0 angle of attack

As the angle of attack α increases from 10^0 to 16^0 (as illustrated in Figures 11 and 12), both lift and drag forces increase substantially, leading to a corresponding rise in the coefficients C_d and C_l. Notably, the growth rate of C_d in this range is significantly higher compared to the $0 < \alpha < 10^0$ cases. Simulation results reveal that the low-velocity flow region over the upper trailing edge of the wing expands at $\alpha = 16^0$ compared to the $\alpha = 10^0$ case, as shown in Figure 12. This phenomenon drives the airflow to migrate from the high-pressure region to the low-pressure region, spilling over the wingtips. This pressure equalization generates wingtip vortices that curl from the lower surface around the wingtip onto the upper surface, resulting in a sharp increase in the drag component and limiting further lift enhancement.

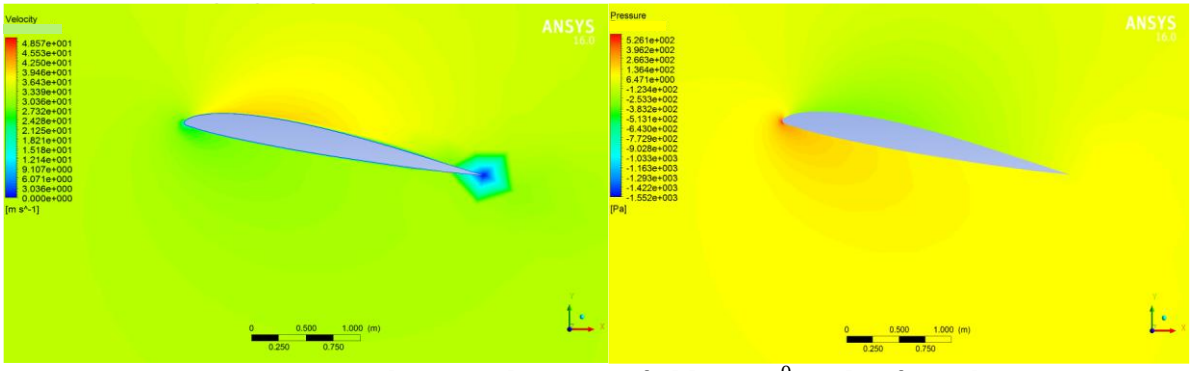


Figure 11. Velocity and pressure fields at 10^0 angle of attack

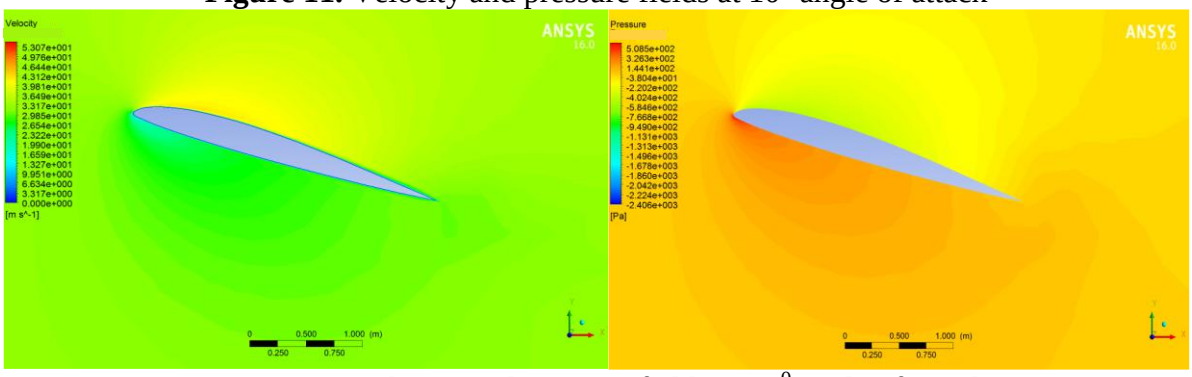


Figure 12. Velocity and pressure fields at 16^0 angle of attack

As the angle of attack increases to 20^0, the low-velocity flow region over the upper wing surface expands progressively, accompanied by the emergence of vortex regions on the wing, as illustrated in Figure 13. These vortex structures diminish the pressure differential between the upper and lower wing surfaces, subsequently leading to a loss of lift. A comprehensive summary of the calculated aerodynamic characteristics is presented in Table 3.

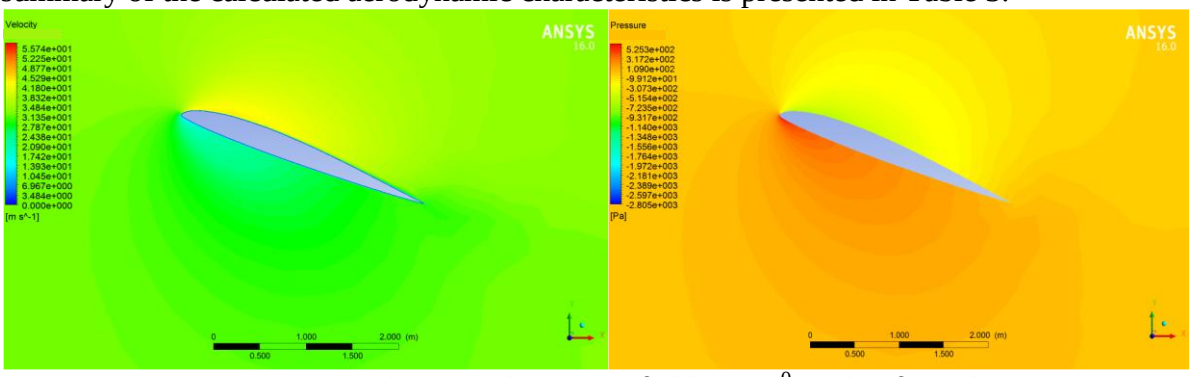


Figure 13. Velocity and pressure fields at 20^0 angle of attack

Table 3. Calculated aerodynamic characteristics of the aircraft

α	C_d	C_l	m_z
-4	0.0291	-0.047	-0.014
-2	0.0228	0.057	-0.034
0	0.0211	0.167	-0.054
2	0.0233	0.282	-0.077
4	0.029	0.402	-0.1
6	0.0377	0.521	-0.125
8	0.0494	0.637	-0.148

10	0.0643	0.745	-0.17
12	0.083	0.819	-0.184
14	0.1037	0.873	-0.195
16	0.1294	0.893	-0.201
18	0.1563	0.888	-0.201
20	0.1921	0.876	-0.204

The aerodynamic characteristic curves are illustrated in Figure 14 and Figure 15.

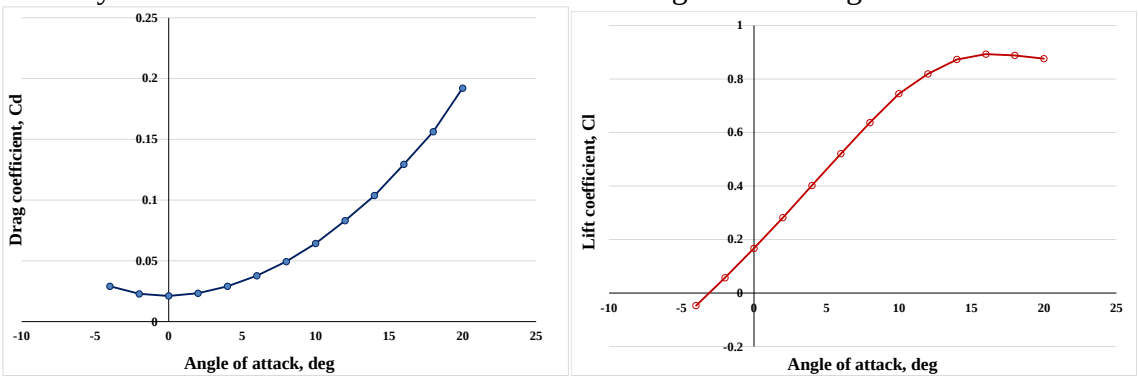


Figure 14. Drag and lift coefficient characteristics

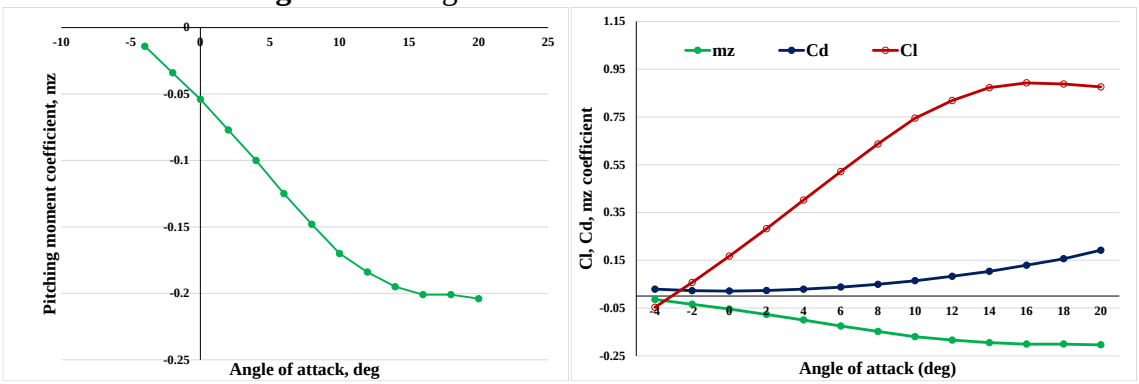


Figure 15. Pitching moment characteristics and a comprehensive summary plot of the Yak aircraft's aerodynamics

4. CONCLUSION

In conclusion, this research successfully established the aerodynamic characteristic curves of the Yak aircraft during a vertical loop maneuver. These characteristic curves exhibit trends that closely align with the general aerodynamic behavior of jet aircraft. Specifically, the velocity fields and pressure distributions captured across the airfoil profiles demonstrate high fidelity, effectively reflecting real-world physical laws. Based on these high-fidelity fields, the lift and drag coefficients were quantified. As the angle of attack increases to approximately 20^0, the lift coefficient tends to decrease, whereas the drag coefficient continues to rise sharply. The findings of this study can be extended to evaluate the aerodynamic characteristics of other training aircraft, thereby facilitating the determination of their critical angles of attack.

REFERENCES

Manikantissar, Dr. Ankur geete, CFD Analysis of conceptual Aircraft body, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056 Volume: 04 Issue: 01| Jan -2017.

Cheng Liangliang, Yue Kuizhi, Guo Weigang, Yu Dazhao, Integration Analysis of Conceptual Design and Stealth-Aerodynamic Characteristics of Combat Aircraft, J. Aerosp. Technol. Manag, São José dos Campos, Vol.8, No 1, pp.40-48, Jan, 2016.
Pátek Z , Cˇ ervinka J, Vrchota P, Wind tunnel and CFD study of airfoil with airbrake, international congress of the aironautical sciences, 2012.
Dr. Pradeep Raj, CFD for Aerodynamic Flight Performance Prediction: From Irrational Exuberance to Sobering Reality (Invited) 5th Symposium on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics (Integration 2012).
Eslam Said Abdelghany, Essam E Khalil, Osama E Abdellatif and Gamal elhariry, Air Craft Winglet Design and Performance: Cant Angle Effect, Journal of Robotics and Mechanical Engineering Research, Vol: 1, Issue: 3, 2016.
Oriol López Calle, Preliminary study of the effects of vortex generators in ultralight aircraft, Uiversity of Politechnical de Catalunya, 2017.
Ansys Fluent Tutorial Guide, ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, November 2016.
Georgios Balafas, Polyhedral Mesh Generation for CFD-Analysis of Complex Structures, Master of Science Thesis, Faculty of Civil Engineering and Geodesy Technische Universitat München, 2014.

MİMARLIK TARİHİNDE KAYBOLAN KÜLTÜREL MİRASIN YAPAY ZEKÂ İLE BELGELENDİRİLMESİNE İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Öğr. Gör. Dr. Osman Ziyaettin YAĞCI
Karabuk University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 78600 Safranbolu, Karabük
ORCID ID: 0000-0002-7129-1891

ÖZET
Bu çalışma, mimarlık tarihinde kaybolmuş kültürel mirasın belgelendirilmesinde yapay zekâ uygulamalarının rolünü araştırmayı amaçlayan bibliyometrik bir analiz sunmaktadır. Araştırma kapsamında, Web of Science veri tabanında "architectural history", "lost heritage", "artificial intelligence" ve ilgili anahtar kelimeler kullanılarak ilgili literatür taranmıştır. Elde edilen veriler, Biblioshiny yazılımı aracılığıyla analiz edilerek yayın sayıları, yazar işbirlikleri, ülkeler arası dağılım ve anahtar kelime trendleri görselleştirilmiştir. Analiz sonuçları, yapay zekâ ve 3D/dijital belgeleme yöntemlerinin, kaybolan kültürel mirasın yeniden yapılandırılması ve korunmasında artan bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışma, literatürdeki mevcut eğilimleri ortaya koyarken, gelecekteki araştırmalar için potansiyel boşlukları ve öncelikli konuları belirlemeye yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Sonuçların, hem akademik araştırmalar hem de kültürel mirasın dijital korunması ve belgelendirilmesi süreçlerine destek olması hedeflenmektedir.
Anahtar kelimeler: Mimarlık tarihi, kaybolan kültürel miras,yapay zekâ, 3d belgeleme, dijital belgeleme, bibliyometrik analiz

DETERMINATION OF THE ENRICHMENT LEVELS OF RARE EARTH ELEMENTS IN PERLITE MINERALS

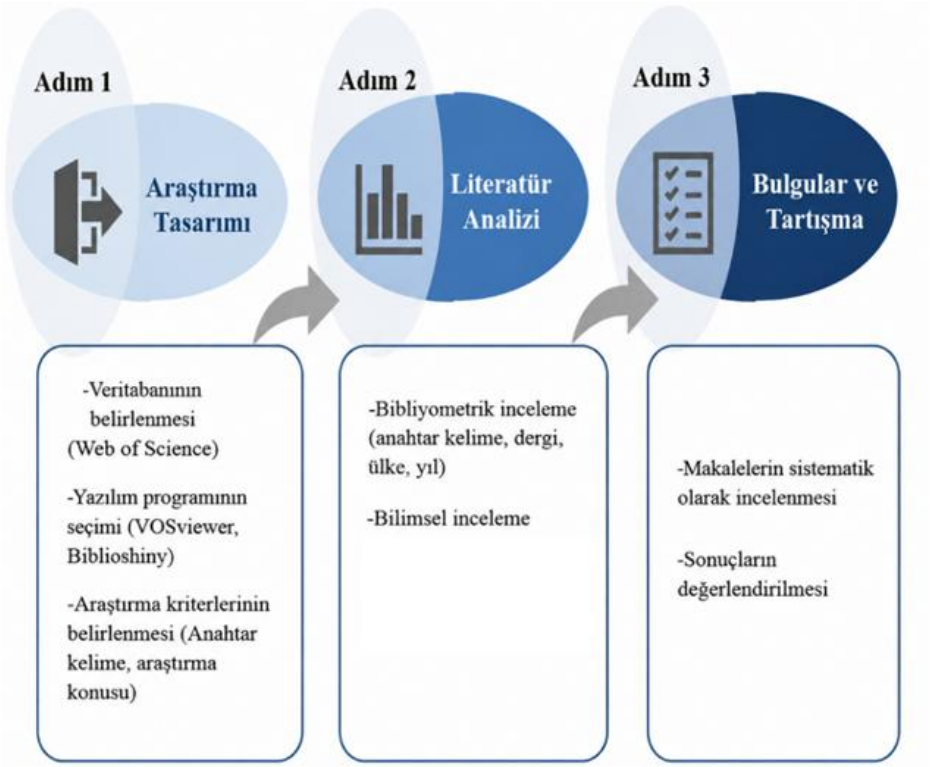
ABSTRACT
This study presents a bibliometric analysis aimed at investigating the role of artificial intelligence (AI) applications in the documentation of lost cultural heritage within architectural history. The research involved a literature search in the Web of Science database using keywords such as "architectural history," "lost heritage," "artificial intelligence," and related terms. The collected data were analyzed using the Biblioshiny software to visualize publication counts, author collaborations, international distributions, and keyword trends. The analysis results indicate that AI and 3D/digital documentation methods are playing an increasingly significant role in the reconstruction and preservation of lost cultural heritage. The study highlights current trends in the literature while identifying potential gaps and priority topics for future research. The findings aim to provide guidance for both academic studies and the digital preservation and documentation processes of cultural heritage.
Keywords: Architectural history, lost cultural heritage, artificial intelligence, 3d reconstruction, digital documentation, bibliometric analysis

1. GİRİŞ
Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı algoritmaların tarihsel verileri analiz ederek kaybolmuş mimari yapıların dijital ortamda yeniden inşası ve korunmasındaki dönüştürücü kapasitesini irdelemektedir (Özkuyumcu & Önaç, 2025; Özkuyumcu & Önaç, 2025). Özellikle derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri, görsel dokümantasyon ile mekânsal verilerin

yorumlanmasında geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek kültürel mirasın sürdürülebilirliğini dijital arşivleme süreçleriyle desteklemektedir (Büyüktaş, 2025).
Söz konusu teknolojik yaklaşımlar, metin tabanlı verilerden görsel çıktı üretme ve üç boyutlu yeniden kurgulama süreçlerinde, uzman değerlendirmeleriyle desteklenen yeni nesil bir koruma paradigmasının önünü açmaktadır (Arzomand vd., 2024; Koutsoupias vd., 2026). Özellikle üretken çekişmeli ağlar gibi makine öğrenimi modelleri, tarihi yapılardaki eksik veya hasarlı bölümlerin tahmin edilmesinde etkin bir yöntem sunarak restitüsyon süreçlerine hız kazandırmaktadır (Karadağ, 2022).
Bu bağlamda, yapısal bozulmaların daha hızlı ve doğru teşhis edilmesi, müdahale kararlarının veriye dayalı bir kesinlikle alınmasını sağlayarak koruma uygulamalarında bütüncül bir dijital metodoloji oluşturmaktadır (Alihan & İbrahimgil, 2019; Ararat, 2023). Bunun yanı sıra, dijital ikiz teknolojileri aracılığıyla oluşturulan yüksek sadakatli kopyalar, çevresel faktörlerin ve doğal afetlerin tarihi doku üzerindeki etkilerinin simüle edilmesine olanak tanıyarak proaktif koruma stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir (Altun, 2025).
Ayrıca, geniş veri kümelerinin işlenmesi sayesinde bu sistemler kültürel mirasın hem somut hem de somut olmayan yönlerini kapsayan çok katmanlı bir arşivleme disiplini meydana getirmektedir (Bozkurt, 2025; Ghaith & Hutson, 2024). Bu disiplinlerarası yaklaşım, 1985 yılından günümüze uzanan geniş kapsamlı bibliyometrik analizler (Prados-Peña et al., 2023) ve 2020 yılı itibarıyla literatürde yerini alan temel çalışmaların (Zhao vd., 2020) sunduğu veriler ışığında mevcut eğilimleri haritalandırarak, akademik çalışmaların gelecekteki odak noktalarını belirlemek için kritik bir temel oluşturmaktadır.
Literatürdeki mevcut eğilimler, Türkiye ölçeğinde yapay zekâ destekli kültürel miras uygulamalarına yönelik akademik araştırmaların henüz sınırlı bir düzeyde olduğunu ve bu alanda daha kapsamlı deneysel çalışmaların eksikliğini ortaya koymaktadır (Kutlu, 2025). Bu bağlamda yapılan bilimsel çalışmalar, sınıflandırma, bilgisayarlı görü ve 3D rekonstrüksiyon gibi temel tekniklerin entegrasyonuyla mimari mirasın dijitalleştirilmesinde literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir (Gîrbacia, 2024; Li vd., 2026).
Bununla birlikte, bibliyometrik verilerin analizi, teknoloji odaklı yaklaşımların kültürel miras yönetimi ve değerlendirme süreçlerinde disiplinler arası bir iş birliğine evrildiğini göstermektedir (Li et vd., 2025). Bu gelişme, nesnelerin zaman içindeki durumunu önceden tahmin edebilen sistemler sayesinde, konservasyon ve restorasyon planlarında önceliklendirme stratejilerinin daha etkin bir biçimde kurgulanmasına olanak tanımaktadır (Erkut, 2025).
Ayrıca dijital ikizlerin Nesnelerin İnterneti ile entegre edilmesi, tarihi yapıların yapısal sağlığının gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlayarak koruma uygulamalarında pasif yöntemlerden proaktif bir yaklaşıma geçişi zorunlu kılmaktadır (Mazzetto, 2024). Bibliyometrik incelemeler, bu tür ileri düzey otomasyon ve veri analitiği uygulamalarının literatürde 3D tarama teknikleri, sanal gerçeklik ve yapı bilgi modelleme ile kümelendiğini ve giderek daha karmaşık bir ekosisteme dönüştüğünü ortaya koymaktadır (Lucchi, 2023). Bununla birlikte, araştırma trendleri; uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve bilgisayarlı görüntüleme biliminin bu karmaşık yapıda giderek daha merkezî bir konuma yerleştiğini işaret etmektedir (Li vd., 2025). Öte yandan, literatürdeki ortak çalışma ağları, İtalya, İspanya ve Yunanistan merkezli akademik ağların bu alandaki öncü rolünü vurgularken, kültürel mirasın dijitalleşmesinde veri sahipliği ve otantiklik gibi etik tartışmaların da teknolojik ilerlemelerle eş zamanlı olarak gündeme geldiğini göstermektedir (Alias vd., 2025; Muhtar vd., 2024).

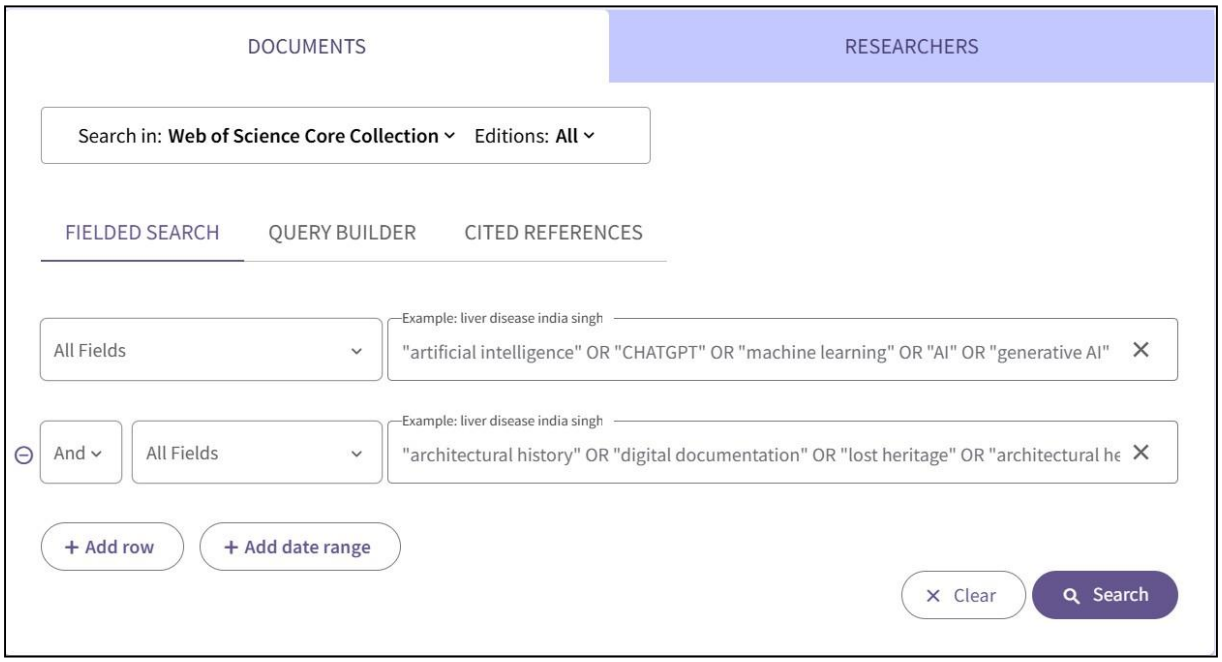
2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, mimarlık tarihinde kaybolan kültürel mirasın yapay zekâ ve dijital belgelenme yöntemleri bağlamında incelenmesi amacıyla bibliyometrik analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Literatür taraması için Web of Science Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Arama sürecinde iki temel terim grubu uygulanmıştır: birinci grup, "artificial intelligence", "CHATGPT", "machine learning", "AI" ve "generative AI" ile yapay zekâ ve ilgili teknolojileri; ikinci grup ise "architectural history", "digital documentation", "lost heritage" ve "architectural heritage" ile mimarlık tarihi ve kaybolmuş kültürel miras bağlamını kapsamaktadır. İkinci grup, birinci grup ile AND operatörü aracılığıyla birleştirilmiş ve tarama All Fields kapsamında yapılmıştır (Şekil 2).



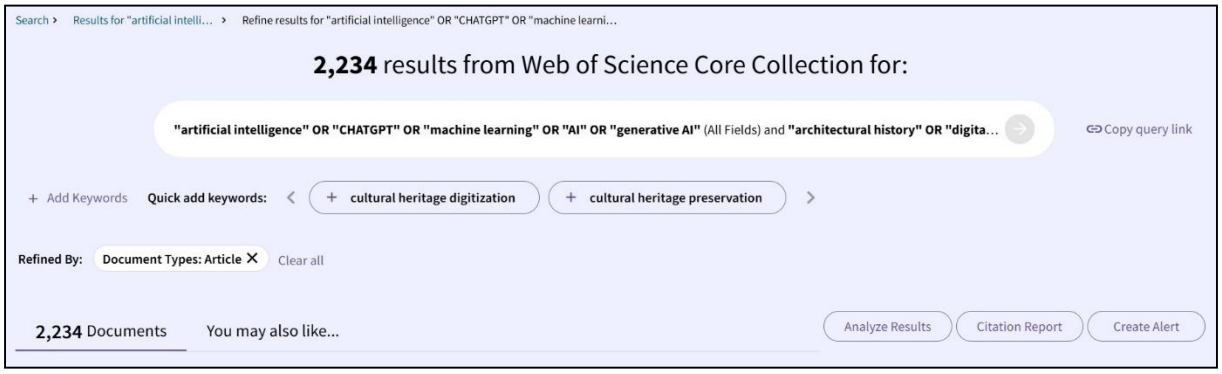
Şekil 1. Araştırma sürecinin iş akış şeması

Elde edilen veriler yalnızca Article (Makale) türündeki yayınlar seçilerek sınırlanmıştır; bu, literatür taramasının özgün araştırma odaklı çalışmalarla sınırlı olmasını ve bulguların güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Konferans bildirileri, derleme makaleleri veya editoryal içerikler analiz dışında bırakılmıştır.



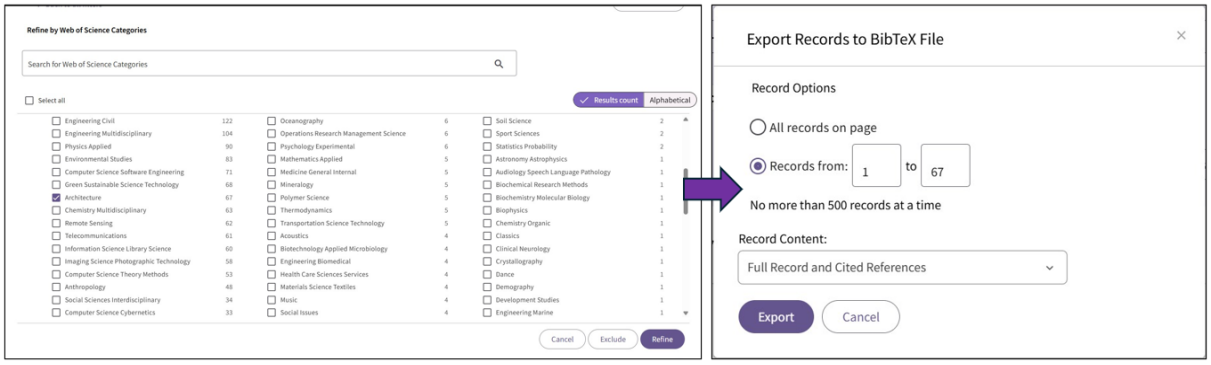
Şekil 2. Araştırma sürecinde kullanılan terim grupları

İlk tarama, "artificial intelligence" OR "CHATGPT" OR "machine learning" OR "AI" OR "generative AI" ve "architectural history" OR "digital documentation" OR "lost heritage" OR "architectural heritage" terimleri ile tüm alanlarda yapılmış ve toplam 2.234 yayın elde edilmiştir. Bu sayıya yalnızca makale (Article) türündeki çalışmalar dahil edilmiştir (Şekil 3). Bu işlemden sonra, yayınlar Web of Science kategorileri üzerinden filtrelenmiş ve yalnızca Architecture (Mimarlık) kategorisindeki çalışmalar seçilmiştir. Bu filtreleme sonucunda toplam yayın sayısı 67'ye düşmüştür, bu da mimarlık tarihi ve kaybolan kültürel miras bağlamında yapay zekâ ve dijital belgelenme konusuna odaklanılmış literatürü temsil etmektedir.



Şekil 3. WOS taraması sonucu konuyla ilgili ortaya çıkan dökümanların sayısal veri görünümü

Bu veri seti, bibliyometrik analiz için kullanılmış; yayın sayıları, anahtar kelime ağları, yazar işbirlikleri ve trendler Biblioshiny ve VOSviewer ile görselleştirilmiştir. Bu yaklaşım, hem literatürdeki güncel eğilimleri hem de araştırma boşluklarını belirlemeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 4. WOS kategorileri üzerinden "architecture" sekmesinin seçilmesi ve BibTex uzantılı olarak dışa aktarılma aşaması

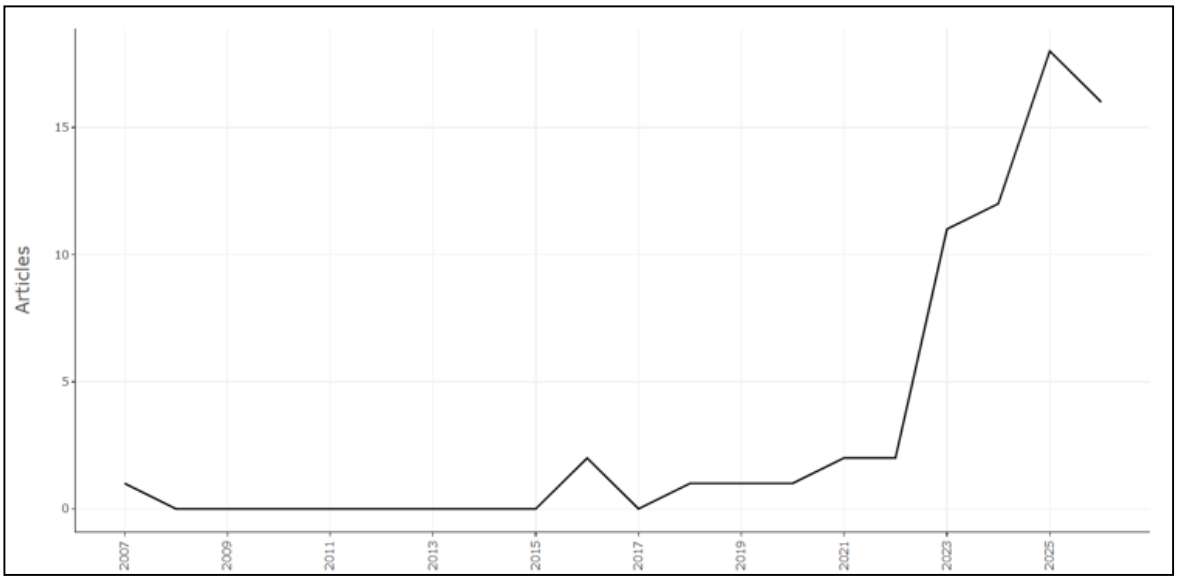
3. BULGULAR

2007–2026 yılları arasını kapsayan analizde, toplam 67 makalenin 17 farklı kaynaktan elde edilmesi alanın odaklı bir literatür yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Toplam 217 yazar, 9 tek yazarlı doküman, %22,39 uluslararası işbirliği oranı ve belge başına düşen 3,54 ortak yazar, araştırmaların disiplinlerarası ve işbirlikçi karakterini ortaya koymaktadır. Ayrıca 369 anahtar kelime, 3.092 referans, 2,28 yıllık ortalama belge yaşı ve %15,71 yıllık büyüme oranı, araştırma alanının güncel, hızlı gelişen ve artan akademik ilgiye sahip bir yapı gösterdiğini kanıtlamaktadır. (Şekil 5).



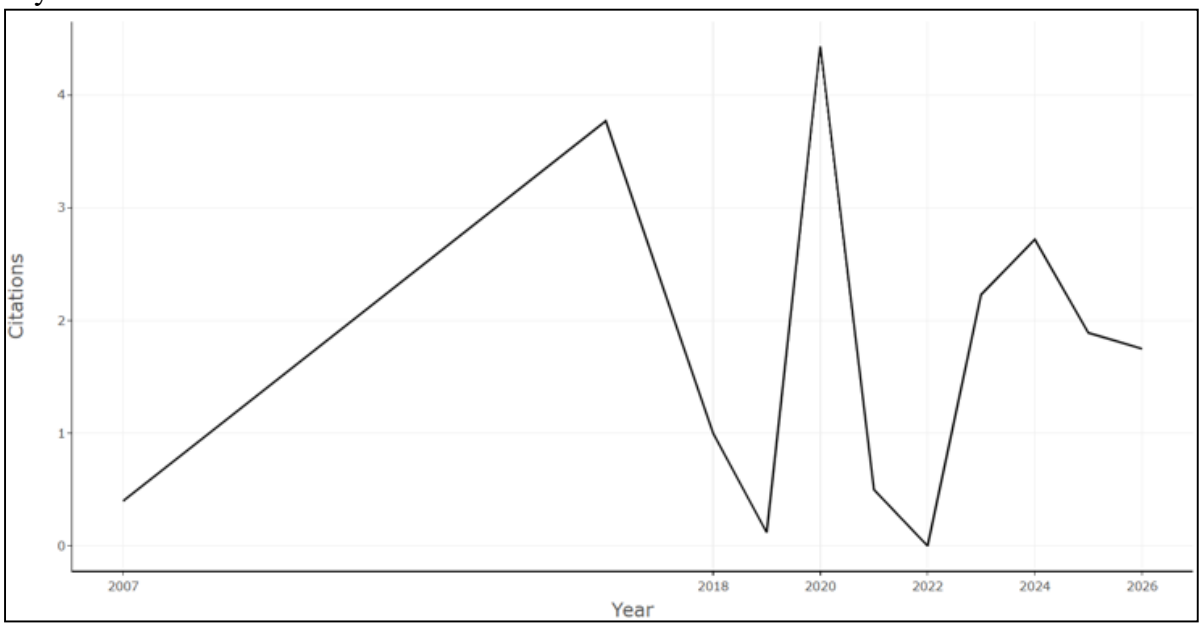
Şekil 5. Ana bilgiler, "Main İnformation" grafiği

Şekil 6'da yer alan çizgi grafik, 2007–2020 yılları arasında durağan kalan yayın üretimi, 2021 sonrası hızla artarak 2024–2025 döneminde zirveye ulaşmış ve yapay zekâ ile makine öğrenimi uygulamalarına yönelik akademik ilginin belirgin biçimde arttığını göstermiştir.



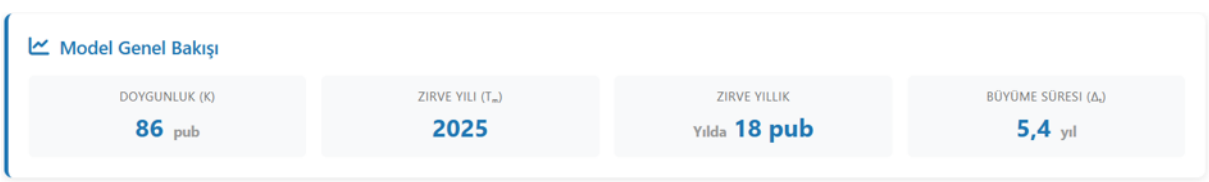
Şekil 6. Yıllık bireysel yayın oranlarını gösteren grafik

Şekil 7'de verilen grafik, 2020 yılında ortalama atıf sayısında belirgin bir zirve oluşması, alandaki bazı çalışmaların yüksek akademik etki yarattığını gösterirken, 2021 sonrası dönemde devam eden artış araştırma konularına yönelik ilginin giderek güçlendiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 7. Yıllara göre yayınların yıllık ortalama atıf sayısını gösteren grafik

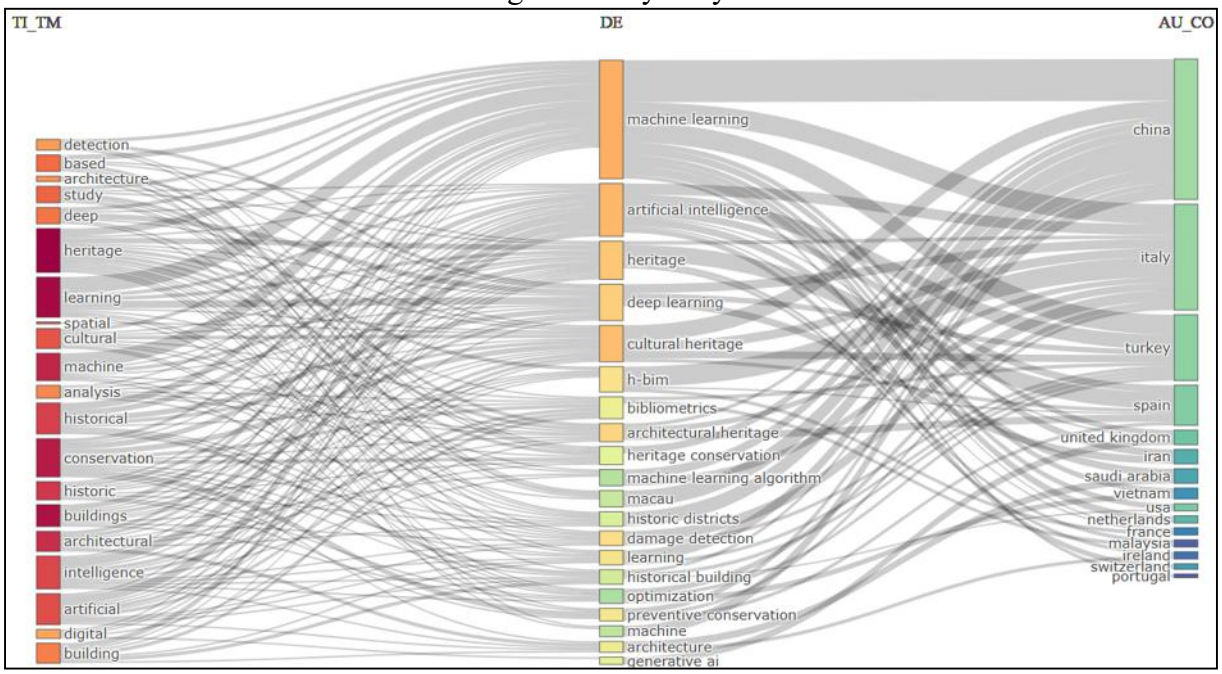
Şekil 8'deki grafik, 2025 yılının yayın üretiminde zirve yıl olarak öne çıkması ve toplam 86 yayınlık yoğunluk değeri, araştırma alanının hızla gelişen ve kısa sürede yüksek akademik üretim kapasitesine ulaşan dinamik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. Bireysel üretim yaşam döngüsünü gösteren grafik

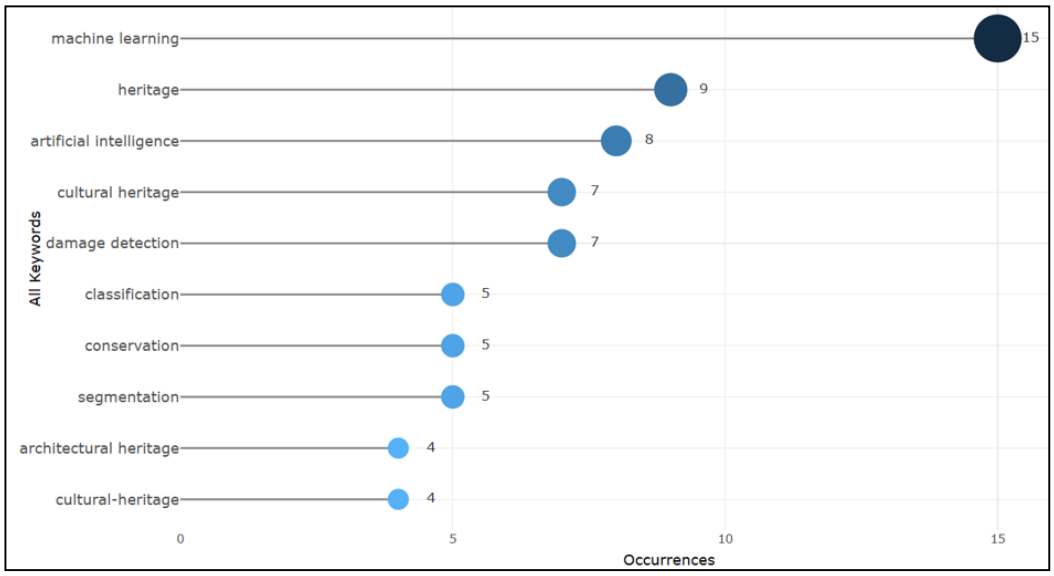
Şekil 9'da görülen grafikte, üç alanlı bir bağlantı yapısı üzerinden literatürdeki anahtar kelime, makale başlık terimleri ve yazar ülkeleri arasındaki ilişkiler görselleştirilmiştir. Sol kolon, makale başlıklarında kullanılan terimleri gösterirken, orta kolon yazarların belirlediği anahtar kelimeleri (Keywords) sunmaktadır ve sağ kolon ise ilgili çalışmaların yazarlarının bulunduğu ülkeleri temsil etmektedir. Çizgilerin yoğunluğu, özellikle "machine learning" ve "artificial intelligence" terimlerinin Çin, İtalya ve Türkiye gibi ülkelerden gelen çalışmalarla güçlü bağlar kurduğunu göstermektedir.

Bu durum, yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin mimarlık tarihi ve kültürel miras bağlamında uluslararası düzeyde yoğun bir akademik etki ve işbirliği ağı oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca "heritage" ve "cultural heritage" gibi anahtar kelimelerin farklı ülke bağlantıları, araştırmanın disiplinlerarası ve coğrafi çeşitliliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır. Genel olarak, bu görsel, literatürdeki anahtar konuların, kavramsal odakların ve ülke katkılarının birbirleriyle nasıl ilişkilendiğini açık bir şekilde sunarak, araştırma alanındaki temel trendleri ve küresel dağılımı ortaya koymaktadır.



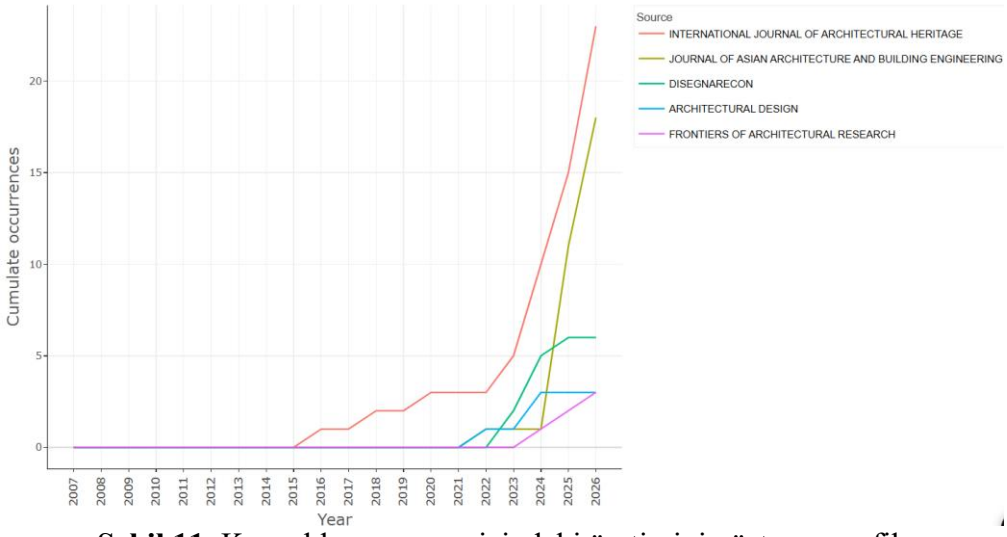
Şekil 9. Anahtar kelime, başlık ve ülkeler üç alanlı grafik

En sık kullanılan kelimeleri gösteren Şekil 10'da yer alan grafikte yer alan veriler, "Machine learning" (15) kavramının en yüksek kullanım sıklığına sahip olması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ ve veri odaklı teknolojiler etrafında şekillendiğini göstermektedir; ayrıca "heritage", "artificial intelligence" ve "cultural heritage" kavramlarının yoğun kullanımı, araştırmaların kültürel mirasın dijital korunması ve hasar tespiti üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.



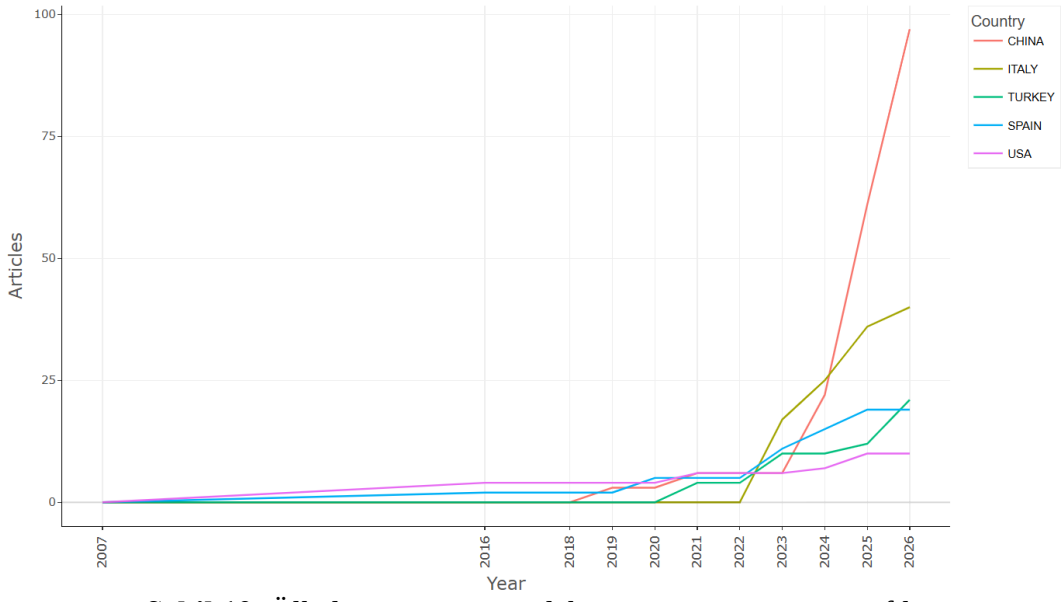
Şekil 10. En sık kullanılan kelimeleri gösteren grafik

Şekil 11'de verilen kaynakların zaman içinde üretimini gösteren grafiğe göre, 2023 sonrası dönemde özellikle International Journal of Architectural Heritage ve Journal of Asian Architecture and Building Engineering dergilerindeki yayın artışı, yapay zekâ ve dijital miras teknolojilerine yönelik araştırmaların uzmanlaşmış akademik dergilerde yoğunlaştığını göstermektedir.



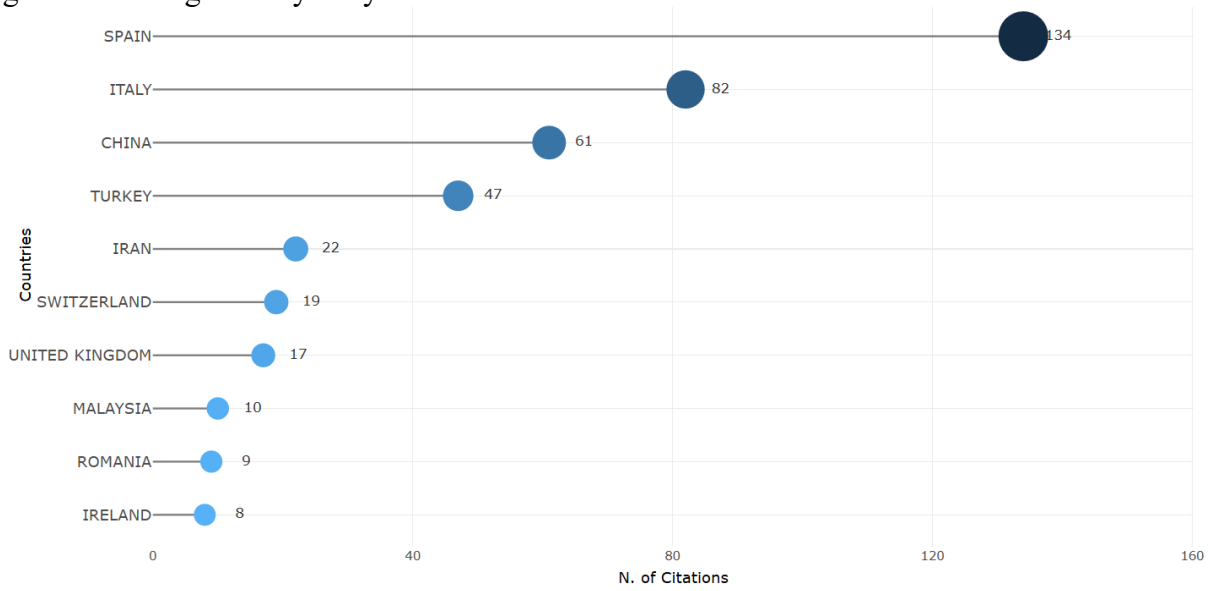
Şekil 11. Kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik

Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren Şekil 12'de ki grafik incelendiğinde, Çin'in 2023 sonrası dönemde yayın üretiminde hızlı bir yükseliş göstermesi, yapay zekâ destekli kültürel miras çalışmalarında Asya merkezli akademik etkinin güçlendiğini ortaya koyarken, İtalya ve İspanya'nın düzenli üretimi Avrupa'nın alandaki öncü konumunu sürdürdüğünü göstermektedir.



Şekil 12. Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren grafik

En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren Şekil 13'te verilen grafik incelendiğinde, İspanya'nın 134 atıf ile en yüksek akademik etkiye sahip ülke olarak öne çıkması, Avrupa merkezli araştırmaların literatürde güçlü bir görünürlüğe ulaştığını gösterirken, Çin ve Türkiye'nin yükselen atıf değerleri Asya ülkelerinin de alandaki etkisini giderek artırdığını ortaya koymaktadır.



Şekil 13. En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren grafik

Şekil 14'te verilen yazarlara göre kelime bulutunu gösteren grafik, Kelime bulutunda "machine learning", "artificial intelligence" ve "cultural heritage" kavramlarının baskın şekilde öne çıkması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ destekli dijital koruma ve kültürel miras çalışmalarına odaklandığını göstermektedir.



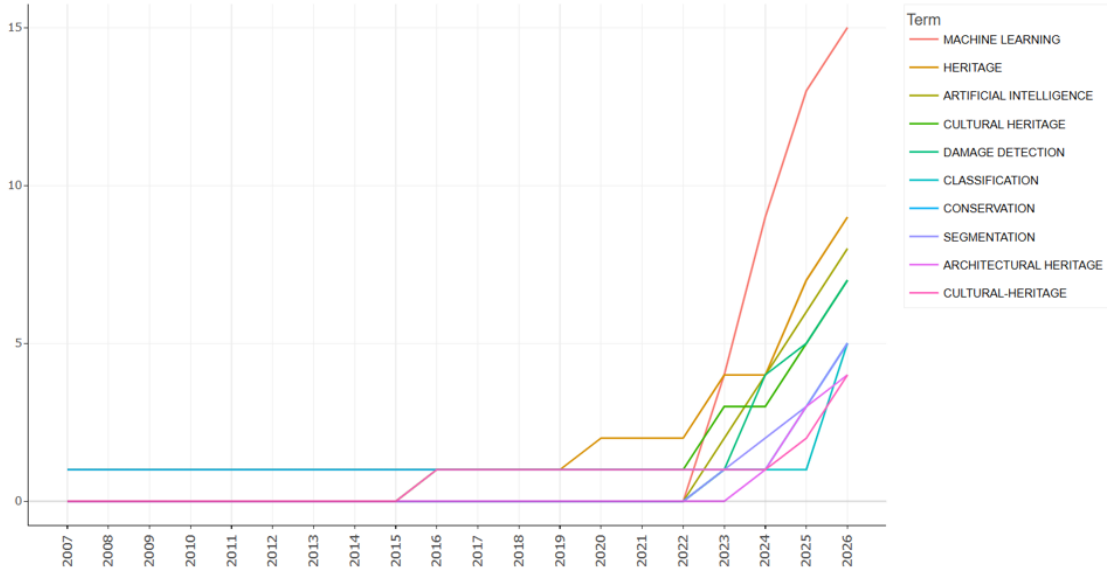
Şekil 14. Yazarların seçimine göre kelime bulutunu gösteren grafik

Şekil 15'de gösterilen "tree map" grafiği, incelendiğinde, Machine learning" kavramının %9 oran ve 15 kullanım ile en baskın terim olması, araştırmaların ağırlıklı olarak yapay zekâ ve veri odaklı teknolojiler etrafında şekillendiğini gösterirken, "heritage" ve "artificial intelligence" kavramlarının yoğun kullanımı kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik çalışmaların literatürde merkezi bir konuma ulaştığını ortaya koymaktadır.



Şekil 15. Kelime kullanım yoğunluğunu gösteren "tree map" grafiği

Şekil 16'da verilen sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik, Machine learning" kavramının 2023–2026 döneminde keskin bir artış göstermesi, yapay zekâ tabanlı yöntemlerin literatürde baskın araştırma alanı hâline geldiğini ortaya koyarken, "heritage" ve "cultural heritage" kavramlarının yükselişi kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik akademik ilginin giderek arttığını göstermektedir.



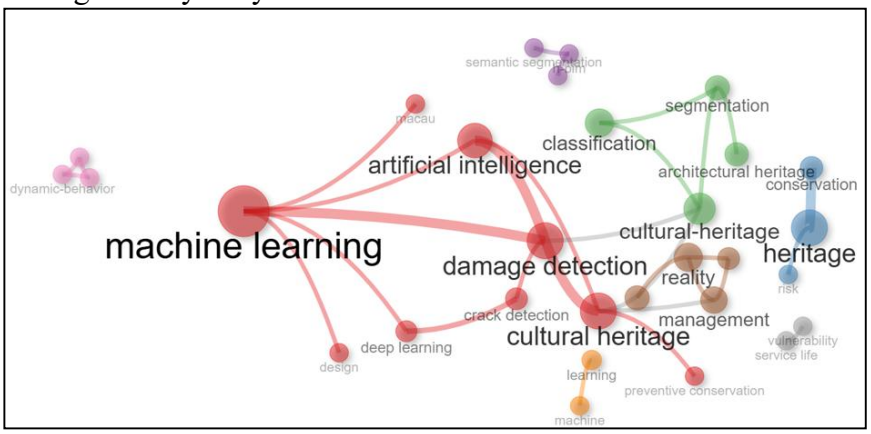
Şekil 16. Sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik

Şekil 17'de verilen "trend topic" grafiğinde yer alan veriler, Makine öğrenimi", "yapay zekâ" ve "cultural heritage" kavramlarının 2024–2026 döneminde öne çıkması, literatürün yapay zekâ destekli kültürel miras uygulamalarına yöneldiğini gösterirken, "hasar tespiti" ve "koruma" gibi alt temaların da giderek önem kazandığını ortaya koymaktadır.

Terim	Sıklık	Yıl (1. Çeyrek)	Yıl (Ortanca)	Yıl (3. Çeyrek)
Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...
makine öğrenimi	15	2024	2024	2025
yapay zeka	8	2024	2024	2025
hasar tespiti	7	2024	2024	2026
miras	9	2023	2025	2025
kültürel miras	7	2023	2025	2026
koruma	5	2025	2025	2026
sınıflandırma	5	2026	2026	2026

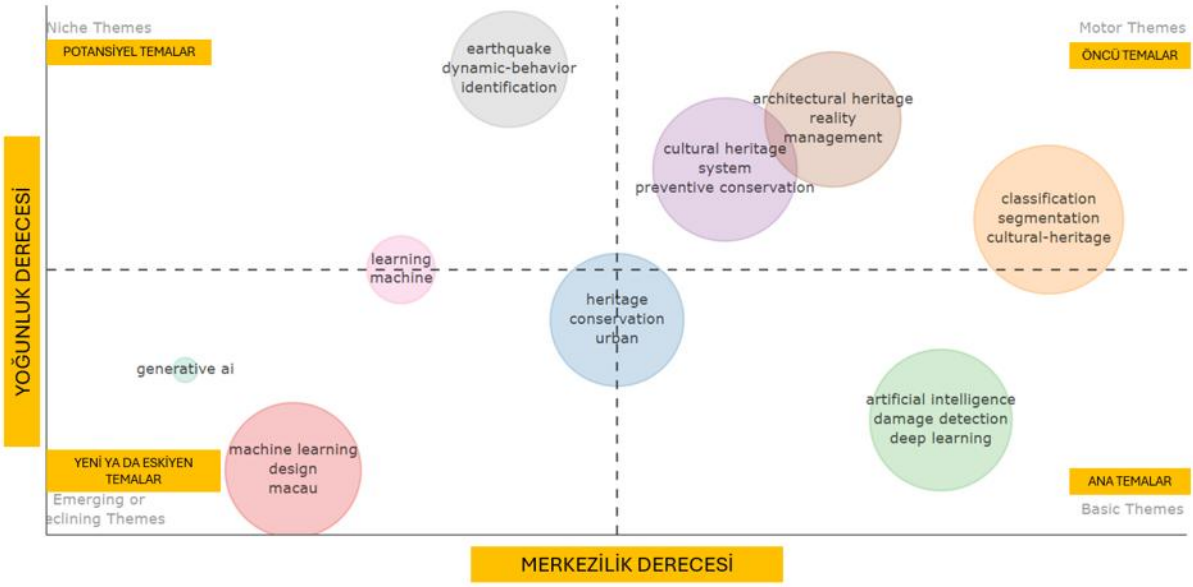
Şekil 17. Literatürde yer alan konuların kullanım sıklığını ve yıllar içindeki dağılımı

Şekil 18'de verilen grafik, Machine learning" ve "artificial intelligence" kavramlarının merkezî konumda yer alması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ tabanlı yöntemler etrafında şekillendiğini gösterirken, "damage detection" ve "cultural heritage" kavramlarıyla kurulan güçlü ilişkiler teknolojik uygulamaların kültürel mirasın korunması ve analizinde yoğun biçimde kullanıldığını ortaya koymaktadır.



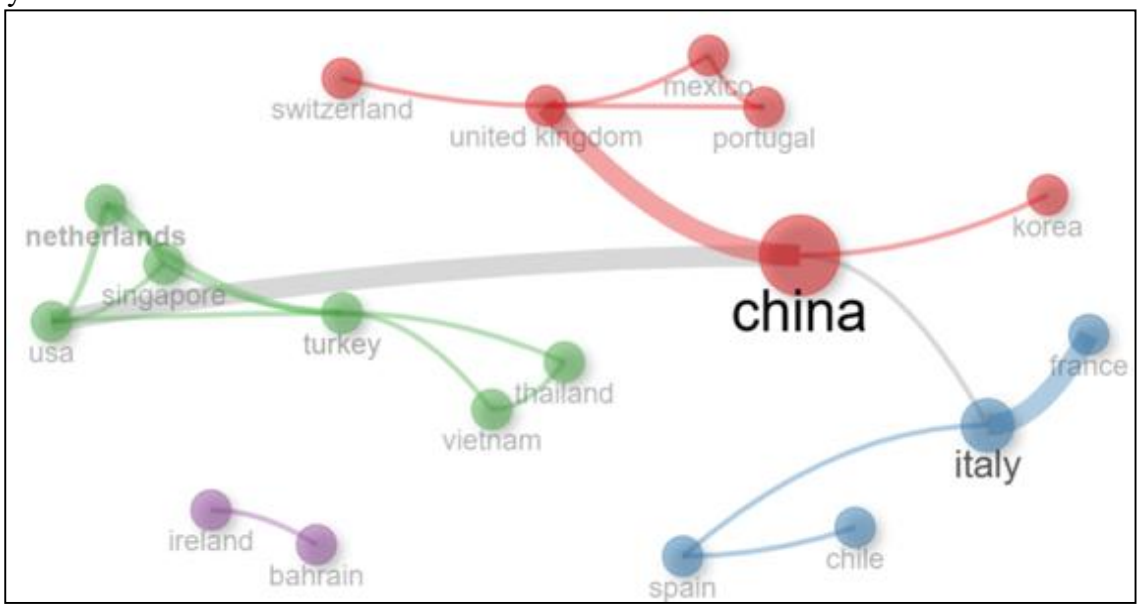
Şekil 18. Literatürdeki anahtar kavramlar arasındaki birlikte oluşum ağını grafik

Şekil 19'da yer alan tematik harita, "Classification", "segmentation" ve "cultural-heritage" kavramlarının yüksek merkezilik ve yoğunluk göstermesi, bu temaların literatürdeki temel araştırma odaklarını oluşturduğunu ortaya koyarken, "generative AI" ve "machine learning design" gibi kavramların gelişmekte olan yeni araştırma alanları olarak öne çıktığını göstermektedir.



Şekil 19. Tematik harita grafiği

Şekil 20'de verilen grafik, Çin'in ülkeler arası işbirliği ağında en merkezi konumda yer alması, yapay zekâ destekli kültürel miras çalışmalarında küresel akademik etkileşimin büyük ölçüde Çin merkezli geliştiğini gösterirken, İtalya, İspanya ve Türkiye gibi ülkelerin oluşturduğu bağlantılar araştırma alanının uluslararası ve disiplinlerarası bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır.



Şekil 17. Ülkeler arası işbirliği ağı grafiği

4. SONUÇ

.Bu bibliyometrik analiz, mimarlık tarihinde kaybolan kültürel mirasın yapay zekâ ile belgelenmesi alanındaki literatürün yapısını, trendlerini ve işbirliği dinamiklerini ortaya koymaktadır. Analizler, 2007–2026 döneminde literatürün hızlı bir gelişim gösterdiğini ve 2023–2025 yıllarında bireysel yayın üretiminin zirveye ulaştığını göstermektedir. Anahtar kelime analizleri ve ağaç haritalar, literatürde "machine learning", "artificial intelligence" ve "heritage" gibi teknolojik ve kültürel kavramların baskın olduğunu ortaya koyarken, "cultural heritage", "damage detection" ve "conservation" gibi alt temalar, metodolojik çeşitliliği ve uygulamaya yönelik yönleri temsil etmektedir. Kelime kullanımının yıllar içindeki değişimi, teknolojik yaklaşımların ve kültürel miras odaklı çalışmaların özellikle son dönemde artan bir ilgi gördüğünü göstermektedir.

Bununla birlikte, literatür taramasında özellikle beklenen bir kavram olan "digital documentation" WOS sonuçlarında görünmemiştir. Bu durum, çalışmaların terminoloji farklılıkları nedeniyle taramaya dahil olamaması veya literatürde bu terimin henüz yeterince kullanılmaması ile açıklanabilir; böylece araştırma alanında belirli bir terminolojik boşluğun veya kavramsal farklılığın varlığı ortaya çıkmaktadır.

Tematik harita ve birlikte oluşum analizleri, ana ve öncü temaların belirginleştiğini, kavramlar arasındaki ilişkileri ve literatürdeki kavramsal kümelenmeleri göstermektedir. Ülkeler arası işbirliği ağı ise Çin'in merkezi rol oynadığını, Avrupa ve Asya ülkelerinin bölgesel işbirlikleri oluşturduğunu ve araştırmaların giderek uluslararası ve disiplinlerarası bir karakter kazandığını ortaya koymaktadır. Genel olarak, çalışma literatürdeki teknolojik uygulamaların kültürel miras belgelenmesinde baskınlığını, alt temaların metodolojik çeşitliliğini ve küresel işbirliği eğilimlerini net bir şekilde ortaya koymakta ve alanın güncel trendleri ile öncelikli araştırma konuları hakkında yol gösterici bir değerlendirme sunmaktadır.

REFERANSLAR

Alias, N. F., Latip, N., Ismail, N., & Elrawi, O. (2025). Mapping the digital frontier: A bibliometric exploration of heritage preservation technologies. J. Inf. Syst. Technol. Manag, 10, 1-21.

Alihan, N., & İbrahimgil, A. (2024, June). Tarihi Binalarda Derin Öğrenme Yöntemi ile Cephe Elemanı Tespiti ve Yaş Tahmini: 2. TBMM Binası, Büyük Postane Binası ve Ankara Palas Örneği. In SETSCI-Conference Proceedings (Vol. 18, pp. 69-73). SETSCI-Conference Proceedings

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of informetrics, 11(4), 959-975.

ALTUN, C. Y. (2025). Geçmişi Geleceğe Aktarmak: Kültürel Miras Alanında Dijital İkiz Oluşturma. Turkish Studies, 20(4), 2947.

Ararat, M. B. (2023). Tarihi Yapılarda Yapay Zeka Destekli Hasar Tespiti Için Bir Model Önerisi, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Hasan Kalyoncu University Institutional Repository.

Arzomand, K.,Rustell, M. and Kalganova, T. (2024) 'From ruins to reconstruction: Harnessing text-to-image AI for restoring historical architectures', Challenge Journal of Structural Mechanics, 10 (2), pp. 69 - 85.

Bozkurt, H. G. (2025). Somut Olmayan Kültürel Miras Alanında Yapay Zeka, Veri Analitiği ve Makine Öğrenmenin Potansiyeli: Yenilikçi Yöntemler ve Uygulamalar. Dünya İnsan Bilimleri Dergisi, 2025(2), 305-322.

Büyüktaş, Ö. (2025). Dijital Koruma ve Yapay Zekâ: Literatür Üzerine Bir İnceleme (pp. 63–72).
Erkut, B. (2025). Uluslararası Müzelerde Yapay Zekâ Uygulamaları: Ziyaretçi Deneyimi ve Koleksiyon Yönetimi Üzerine Bir Derleme. UNIMUSEUM, 8(1), 18-37.
Ghaith, K., & Hutson, J. (2024). A qualitative study on the integration of artificial intelligence in cultural heritage conservation. *Metaverse*, *5*(2).
Gîrbacia, F. (2024). An Analysis of Research Trends for Using Artificial Intelligence in Cultural Heritage. Electronics, 13(18), 3738.
Karadag, I. (2023). Machine learning for conservation of architectural heritage. *Open House International*, *48*(1), 23-37.
Koutsoupias, N., Bitzenis, A., & Nosios, M. (2026). A Comprehensive Study of Artificial Intelligence in Preserving and Advancing Asia Minor's Heritage. *Digital*, *6*(1), 21.
Kutlu, İ. (2025). Scientific mapping of artificial intelligence (AI) assisted applications in historical building conservation. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 25(2), 1258–1278.
Li, B., Lim, Y. L., & Li, W. (2026). Systematic review: a bibliometric analysis of building technology and its potential applications to artificial intelligence in the field of cultural heritage conservation from 2013 to 2023. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 25(2), 1021–1043.
Li, W., Xie, Q., Ao, J., Lin, H., Ji, S., Yang, M., & Sun, J. (2025). Systematic review: a scientometric analysis of the status, trends and challenges in the application of digital technology to cultural heritage conservation (2019–2024). *npj Heritage Science*, *13*(1), 90.
Li, X., Chiabrando, F., & Sammartano, G. (2026). Machine Learning and Deep Learning for Cultural Heritage Conservation: A Bibliometric and Task-Oriented Review. Remote Sensing, 18(4), 628.
Lucchi, E. (2023). Digital twins for the automation of the heritage construction sector. *Automation in Construction*, *156*, 105073.
Mazzetto, S. (2024). Integrating Emerging Technologies with Digital Twins for Heritage Building Conservation: An Interdisciplinary Approach with Expert Insights and Bibliometric Analysis. Heritage, 7(11), 6432-6479.
Muhtar, M., Tuhumury, J. J., & Rukoyah, R. (2024). Bibliometric Perspectives on Digital Technologies in Cultural Heritage Analyzing Research Trends and Innovations. The Eastasouth Journal of Social Science and Humanities, 2(01), 75-88.
Özkuyumcu, S. A., & Önaç, A. K. (2025). Performance Analysis Of Artificial Intelligence Tools In Digitization Of Lost Cultural Heritage: Saray-I Amire. Turkish Journal of Forest Science, 9(1), 12-24.
Prados-Peña MB, Pavlidis G, García-López A (2025), "New technologies for the conservation and preservation of cultural heritage through a bibliometric analysis". Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Vol. 15 No. 3 pp. 664–686.
Zhao, M., Wu, X., Liao, H. T., & Liu, Y. (2020, April). Exploring research fronts and topics of Big Data and Artificial Intelligence application for cultural heritage and museum research. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 806, No. 1, p. 012036). IOP Publishing.

MİMARLIK TARİHİNDE 3D MODELLEME VE AR/VR UYGULAMALARINA İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Öğr. Gör. Dr. Osman Ziyaettin YAĞCI
Karabuk University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 78600 Safranbolu, Karabük
ORCID ID: 0000-0002-7129-1891

ÖZET
Bu çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve artırılmış/sanal gerçeklik (AR/VR) uygulamalarının kullanımını inceleyen bibliyometrik bir analiz sunmaktadır. Araştırma kapsamında, Web of Science veri tabanında "architectural history", "3D modeling", "augmented reality", "virtual reality" ve ilgili anahtar kelimeler kullanılarak literatür taraması yapılmıştır. Elde edilen veriler, Biblioshiny yazılımı ile analiz edilerek yayın sayıları, yazar işbirlikleri, ülkeler arası dağılım ve anahtar kelime trendleri görselleştirilmiştir. Analiz sonuçları, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin, mimarlık tarihine ilişkin eğitim, belgeleme ve sanal rekonstrüksiyon çalışmalarında artan bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışma, literatürdeki mevcut eğilimleri ortaya koyarken, gelecekteki araştırmalar için potansiyel boşlukları ve öncelikli konuları belirlemeye katkı sağlamayı hedeflemektedir.
Anahtar kelimeler: Mimarlık tarihi, 3D modelleme, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, dijital rekonstrüksiyon, bibliyometrik analiz

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF 3D MODELING AND AR/VR APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL HISTORY

ABSTRACT
This study presents a bibliometric analysis examining the use of 3D modeling and augmented/virtual reality (AR/VR) applications in architectural history. The research involved a literature search in the Web of Science database using keywords such as "architectural history," "3D modeling," "augmented reality," "virtual reality," and related terms. The collected data were analyzed using Biblioshiny software to visualize publication counts, author collaborations, international distributions, and keyword trends. The analysis results indicate that 3D modeling and AR/VR technologies are playing an increasingly significant role in education, documentation, and virtual reconstruction within architectural history. The study aims to highlight current trends in the literature while contributing to the identification of potential gaps and priority topics for future research.
Keywords: Architectural history, 3d modeling, augmented reality, virtual reality, digital reconstruction, bibliometric analysis

1. GİRİŞ
Günümüzde dijital teknolojiler, mimari mirası koruma ve belgelemenin ötesine geçerek, geçmişin mekânsal ve kültürel dokusunu yeniden canlandırmakta, mimari değişimi zaman ekseninde inceleme ve tarihsel anlatıları interaktif bir ortamda deneyimleme imkânı sunarak mimarlık tarihi disiplinini bütünüyle dönüştürmektedir.
Özellikle sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, arkeolojik alanlardaki eksik mimari elemanların tamamlanarak harap olmuş yapıların yeniden inşasında kritik bir simülasyon aracı olarak işlev görmektedir (Tektaş & Öztürk, 2024). Bunun yanı sıra fotogrametri tekniği, tarihi yapıların restorasyon süreçlerinde detaylı 3D modeller oluşturarak, cephe yüzeylerinin ve iç

mekanların en hassas şekilde belgelenmesine olanak sağlamaktadır (Büyükkuru, 2023). Söz konusu dijital yöntemler, yalnızca yapısal verilerin korunmasını değil, aynı zamanda kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasında erişilebilirliği artırarak mimarinin toplumsal ve sosyal boyutuna katkı sağlamaktadır (Tektaş, 2024).

Bu bağlamda, sanal gerçeklik uygulamaları koruma uzmanlarına herhangi bir fiziksel müdahale öncesinde restorasyon süreçlerini planlama ve analiz etme konusunda stratejik bir çalışma ortamı sunmaktadır (Ertürk & Değirmenci, 2023). Ayrıca bu teknolojiler, seçilen dijital yöntemlerin iş akışıyla uyum içerisinde olması sayesinde yapılı çevrenin çok katmanlı yorumlanmasını ve tarihsel süreçlerin daha derinlemesine anlaşılmasını mümkün kılmaktadır (Başdemir, 2025).

Bu bağlamda geliştirilen interaktif görselleştirme yazılımları, arkeolojik kazı sahalarındaki verilerin bütüncül bir yapıda temsil edilmesine olanak tanıyarak bilimsel araştırma süreçlerine metodolojik bir derinlik kazandırmaktadır (Aş, 2019; Ergin, 2023). Bununla birlikte, dijital ortamda gerçekleştirilen bu modelleme ve görselleştirme çalışmaları, tarih bilincinin oluşturulmasında ve kültürel mirasın toplumun her kesimine ulaşabilir kılınmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Köse, 2023; Tektaş & Öztürk, 2024).

Mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte artan mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları, kullanıcıların tarihi eserlerle olan etkileşimini güçlendirerek kültürel mirasın sanal platformlarda daha dinamik bir şekilde deneyimlenmesine imkân tanımaktadır (Yiğit & Uysal, 2021). Ayrıca LiDAR, yer altı radarı ve 3D lazer tarama gibi ileri ölçüm teknikleri ile elde edilen hassas veriler, geçmişin mimari dinamiklerini ortaya koyan zenginleştirilmiş arşivlerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır (Kajita vd., 2023).

Bu teknolojik entegrasyon, yapısal deformasyonların ve malzeme bozulmalarının yüksek doğrulukla analiz edilmesini mümkün kılarak, koruma çalışmalarında verimliliği artıran dijital bir altyapı teşkil etmektedir (Yakar & Yilmaz, 2025). Özellikle dijital ikiz teknolojisinin entegrasyonu, tarihsel yapılardaki çevresel etkilerin ve doğal afetlerin simüle edilmesine olanak tanıyarak, proaktif koruma stratejilerinin geliştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır (Altun, 2025). Bu kapsamda elde edilen veriler sayesinde fiziksel alanların ziyaretçi yoğunluğu azaltılarak eserlerin maruz kaldığı fiziksel tahribatın önüne geçilmesi hedeflenmekte ve kültürel varlıkların sürdürülebilirliği sağlanmaktadır (Uzunel & Özdemir, 2022). Ayrıca bu saran teknolojiler, tarihi mekanların geçmişteki görkemli hallerini zaman ve mekân kısıtlaması olmaksızın sunarak, kullanıcılara kültürel mirasla duygusal bir bağ kurma ve mirası gerçek önemine uygun şekilde kavrama fırsatı sunmaktadır (Ergen, 2020).

Bu bütünleşik ve disiplinler arası yaklaşımlar, kültürel mirasa yönelik koruma ve yönetim süreçlerinde dijital verilerin sürekliliğini ve tutarlılığını sağlamak amacıyla standartlaştırılmış veri protokollerinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır (Altun, 2025).

Ayrıca, bu verilerin yapı bilgi modelleme ile dijital ikizler üzerinden entegre edilmesi, tarihi yapıların uzun dönemli korunması adına daha az invaziv ve önleyici stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Mazzetto, 2024). Bununla birlikte, HBIM ile nesnelerin interneti arasındaki kesintisiz veri akışı, büyük ölçekli ham verilerin yönetimi konusunda zorluklar yaratsa da, bu sistemler kültürel mirasın tahribatına karşı öngörücü yapısal analizlerin önünü açmaktadır (Barhoumi & Hajji, 2024).

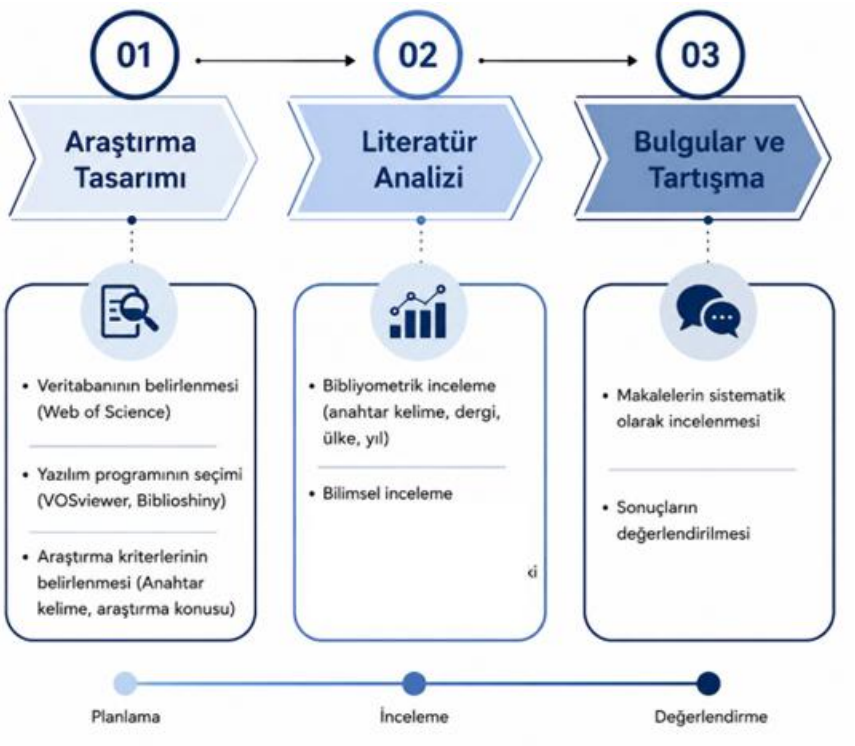
Tarihi yapılara uygulanan bu dijital yaklaşımlar, geometrik ve çevresel verilerin semantik modelleme ile birleştirilmesi sayesinde, koruma stratejilerinin değer odaklı bir anlayışla yeniden kurgulanmasına imkân vermektedir (Colace vd., 2026). Böylece, koruma uzmanları ve tarihçiler, geçmişin mimari dinamiklerini daha şeffaf bir veri seti üzerinden yorumlayarak, yapılı çevrenin özgün dokusunu gelecek nesillere daha sadık bir şekilde aktarmanın yolunu açmaktadır.Bununla birlikte, dijital ikizlerin inşaat sektörü üzerindeki etkisi, bibliyometrik ve

bilimsel analizlerle desteklenen sistematik literatür çalışmaları sayesinde her geçen gün daha geniş bir araştırma perspektifi kazanmaktadır. Bu akademik yoğunluk, teorik bilgi birikimini pratik koruma uygulamalarıyla buluşturarak, kültürel mirasın dijitalleşme sürecindeki metodolojik boşlukların giderilmesine ve disiplinler arası iş birliklerinin güçlendirilmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Altun, 2025; Mazzetto, 2024).

Bu doğrultuda çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin kullanımına ilişkin literatürü bibliyometrik analiz yöntemiyle inceleyerek, araştırma eğilimlerini, kavramsal odakları ve alandaki gelişim dinamiklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

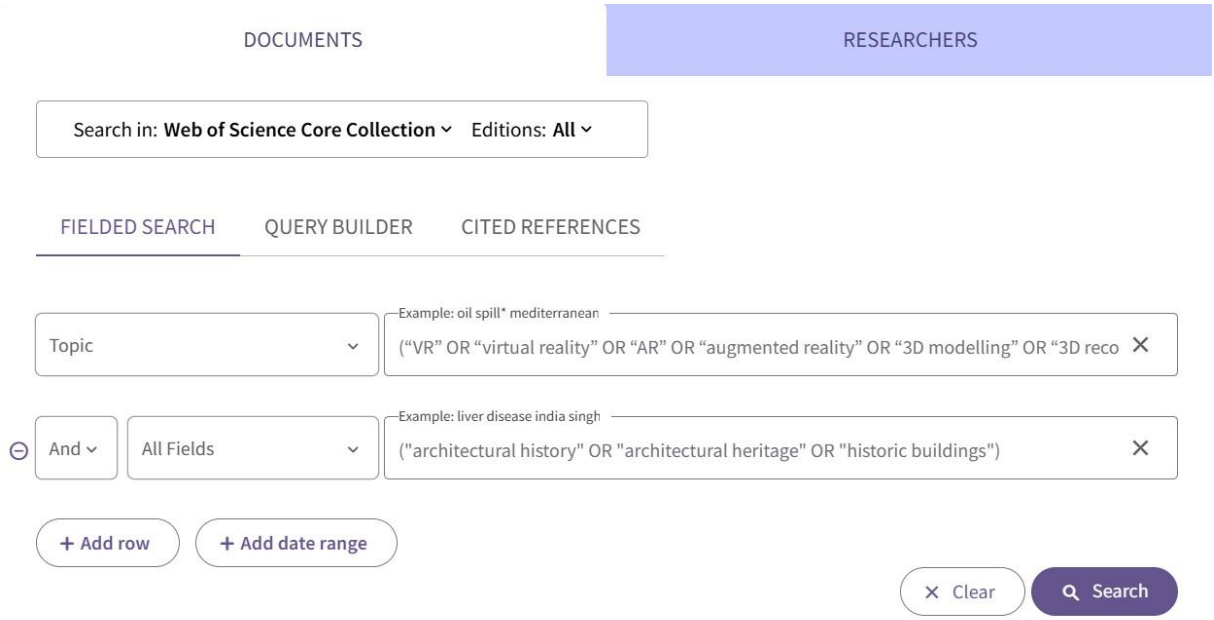
2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve artırılmış/sanal gerçeklik (AR/VR) uygulamalarının kullanımını incelemek amacıyla bibliyometrik analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Literatür taraması için Web of Science Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Arama sürecinde iki temel terim grubu uygulanmıştır: birinci grup, "3D modeling", "3D reconstruction", "augmented reality" ve "virtual reality" terimleri ile dijital modelleme ve AR/VR teknolojilerini; ikinci grup ise "architectural history", "architectural heritage" ve "historic buildings" terimleri ile mimarlık tarihi ve kültürel miras bağlamını kapsamaktadır. İkinci grup, birinci grup ile AND operatörü aracılığıyla birleştirilmiş ve tarama All Fields kapsamında gerçekleştirilmiştir. (Şekil 2).



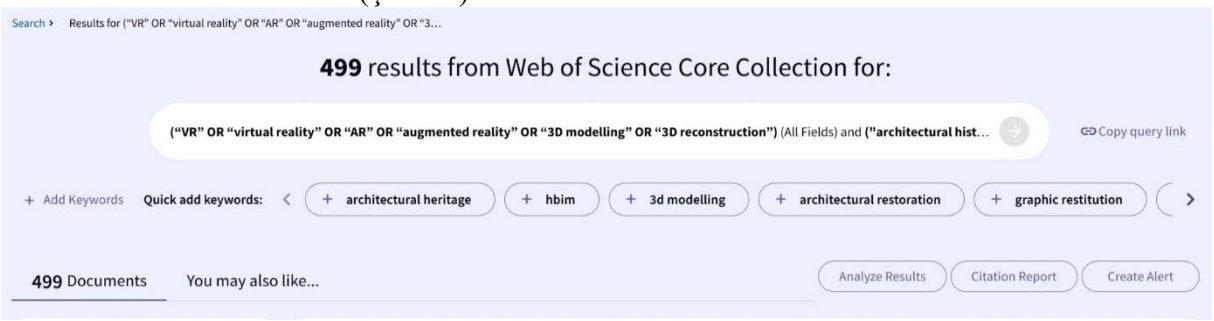
Şekil 1. Araştırma sürecinin iş akış şeması

Elde edilen veriler yalnızca Article (Makale) türündeki yayınlar seçilerek sınırlanmıştır; bu, literatür taramasının özgün araştırma odaklı çalışmalarla sınırlı olmasını ve bulguların güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Konferans bildirileri, derleme makaleleri veya editoryal içerikler analiz dışında bırakılmıştır.



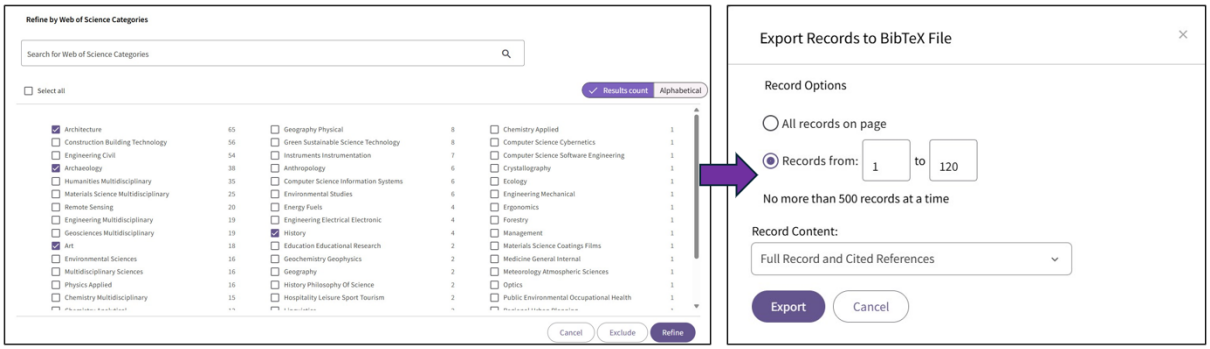
Şekil 2. Araştırma sürecinde kullanılan terim grupları

İlk tarama, "VR" OR "virtual reality" OR "AR" OR "augmented reality" OR "3D modelling" OR "3D reconstruction" ve ("architectural history" OR "architectural heritage" OR "historic buildings" terimleri ile tüm alanlarda yapılmış ve toplam 499 yayın elde edilmiştir. Bu işlemden sonra yalnızca makale (article) türündeki çalışmalar seçilerek 273 adet çalışma listelenmiştir (Şekil 3). Sonraki aşamada, yayınlar Web of Science kategorileri üzerinden filtrelenmiş ve yalnızca architecture (mimarlık), art (sanat), history (tarih) ve archeology (arkeoloji) kategorisindeki çalışmalar seçilmiştir. Bu filtreleme sonucunda toplam yayın sayısı 120'ye düşmüştür, bu da mimarlık tarihi ve dijital teknolojiler konusuna odaklanılmış literatürü temsil etmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. WOS taraması sonucu konuyla ilgili ortaya çıkan dökümanların sayısal veri görünümü

Bu veri seti, bibliyometrik analiz için kullanılmış; yayın sayıları, anahtar kelime ağları, yazar işbirlikleri ve trendler Biblioshiny ve VOSviewer ile görselleştirilmiştir. Bu yaklaşım, hem literatürdeki güncel eğilimleri hem de araştırma boşluklarını belirlemeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 4. WOS kategorileri üzerinden "architecture" sekmesinin seçilmesi ve BibTex uzantılı olarak dışa aktarılma aşaması

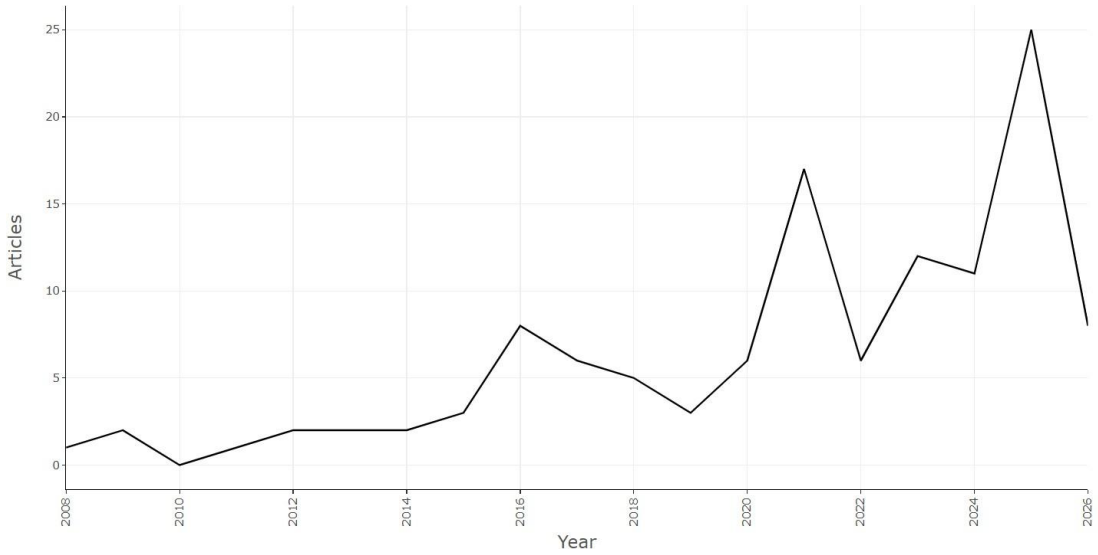
3. BULGULAR

2008–2026 yılları arasındaki veriler, mimarlık tarihi, 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik literatürün düzenli bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Toplam 120 belgenin 35 farklı kaynakta yayımlanması alanın akademik yaygınlığını gösterirken, 362 yazar, belge başına düşen 3,13 ortak yazar ve %21,67 uluslararası işbirliği oranı araştırmaların disiplinlerarası ve işbirlikçi yapısını yansıtmaktadır. Ayrıca 519 anahtar kelime ve %12,25 yıllık büyüme oranı, alanın kavramsal çeşitliliğe sahip ve giderek daha fazla ilgi gören bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir. (Şekil 5).



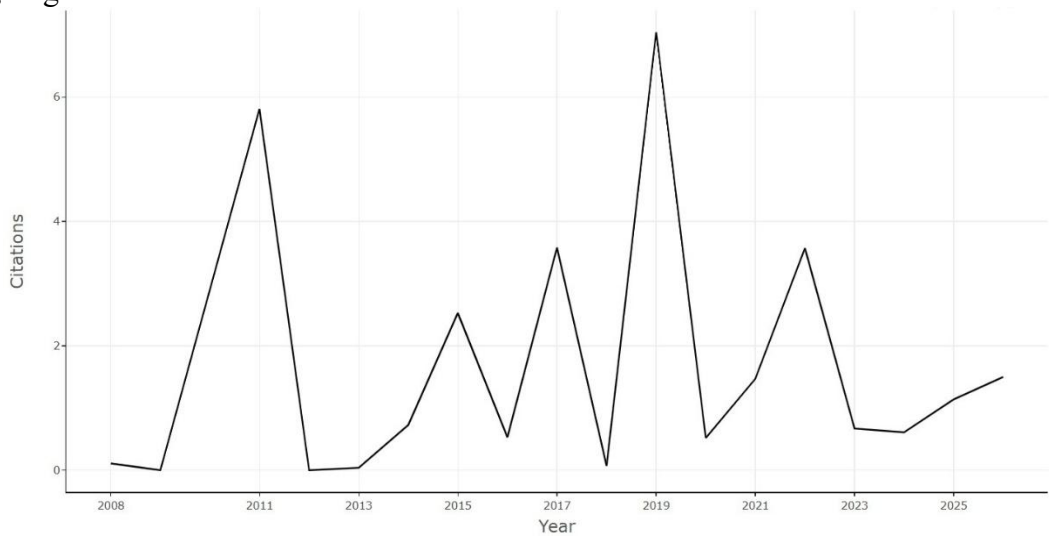
Şekil 5. Ana bilgiler, "Main İnformation" grafiği

Şekil 6'da yer alan çizgi grafik, incelendiğinde, 2016 sonrası yayın sayılarında görülen hızlı artış ve 2025 yılında yaklaşık 25 makale ile ulaşılan zirve, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında son yıllarda yoğun akademik ilgi gören güncel bir araştırma konusu hâline geldiğini göstermektedir.



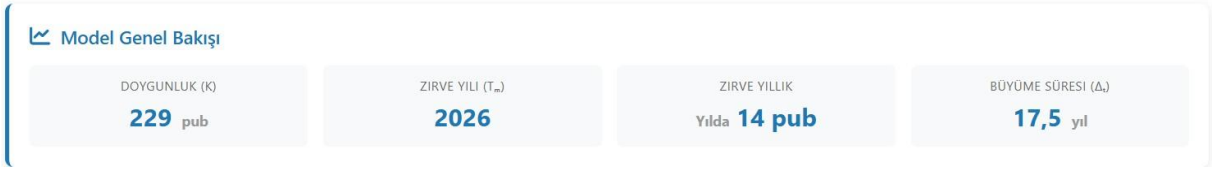
Şekil 6. Yıllık bireysel yayın oranlarını gösteren grafik

Şekil 7'de verilen grafik incelendiğinde, 2011 ve özellikle 2019 yıllarında ortalama atıf sayılarında görülen zirveler, 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik bazı çalışmaların literatürde yüksek akademik etki yarattığını ve alanın görünürlüğünün giderek arttığını göstermektedir.



Şekil 7. Yıllara göre yayınların yıllık ortalama atıf sayısını gösteren grafik

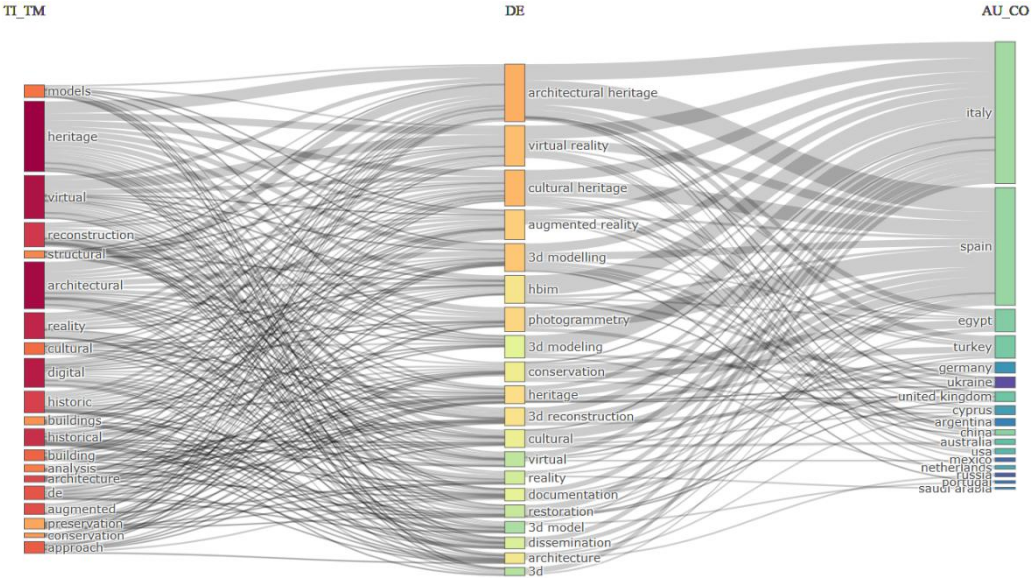
Şekil 8'deki grafikte, 2026 yılının yayın üretiminde zirve yıl olarak öngörülmesi ve büyüme süresinin 17,5 yıl olması, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında uzun vadeli gelişim potansiyeline sahip, yükselen bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. Bireysel üretim yaşam döngüsünü gösteren grafik

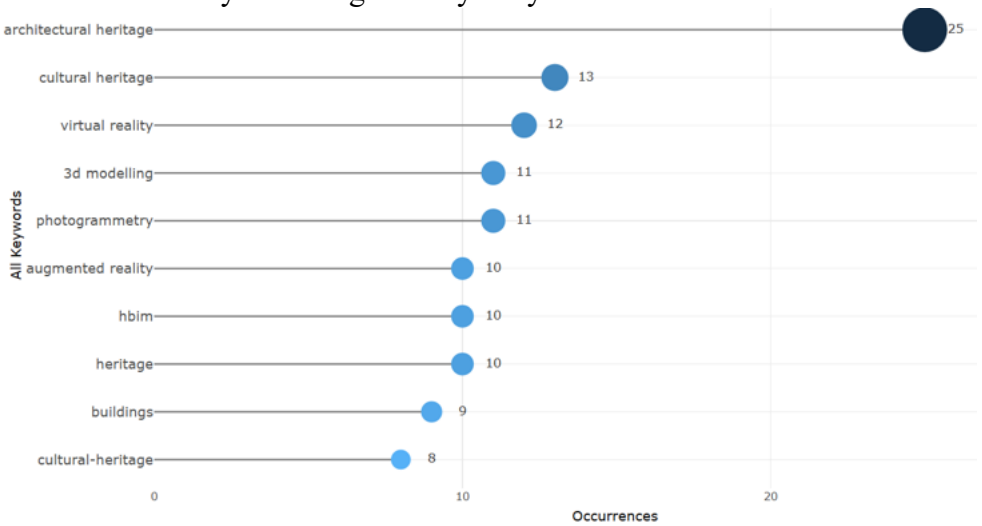
Şekil 9'da görülen üç alanlı grafik incelendiğinde, "Heritage", "virtual" ve "architectural" kavramlarının özellikle "virtual reality", "HBIM" ve "3D reconstruction" ile güçlü ilişkiler kurması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın dijital korunması ve sanal

rekonstrüksiyonu üzerine yoğunlaştığını gösterirken, İtalya ve İspanya'nın öne çıkması Avrupa merkezli akademik etkinin belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.



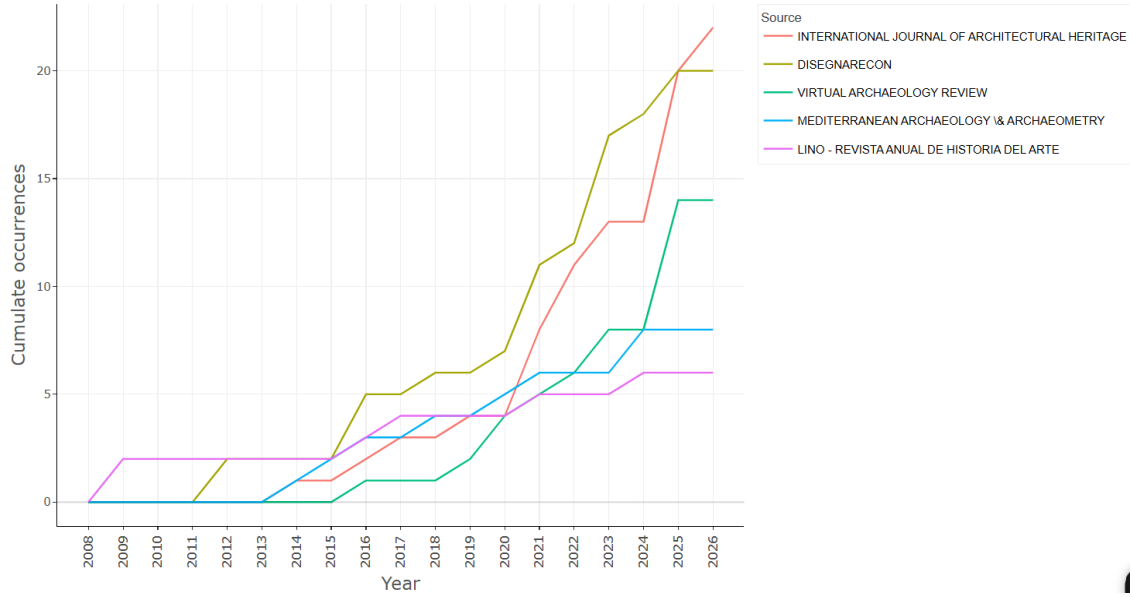
Şekil 9. Anahtar kelime, başlık ve ülkeleri gösteren üç alanlı grafik

En sık kullanılan kelimeleri gösteren Şekil 10'da yer alan grafikte yer alan veriler incelendiğinde, "Architectural heritage" kavramının 25 kullanım ile en baskın anahtar kelime olması, literatürün ağırlıklı olarak mimari mirasın korunması ve dijital belgelenmesine odaklandığını gösterirken, "virtual reality", "photogrammetry", "augmented reality" ve "HBIM" kavramlarının yoğun kullanımı dijital rekonstrüksiyon teknolojilerinin araştırmalarda önemli bir yer edindiğini ortaya koymaktadır.



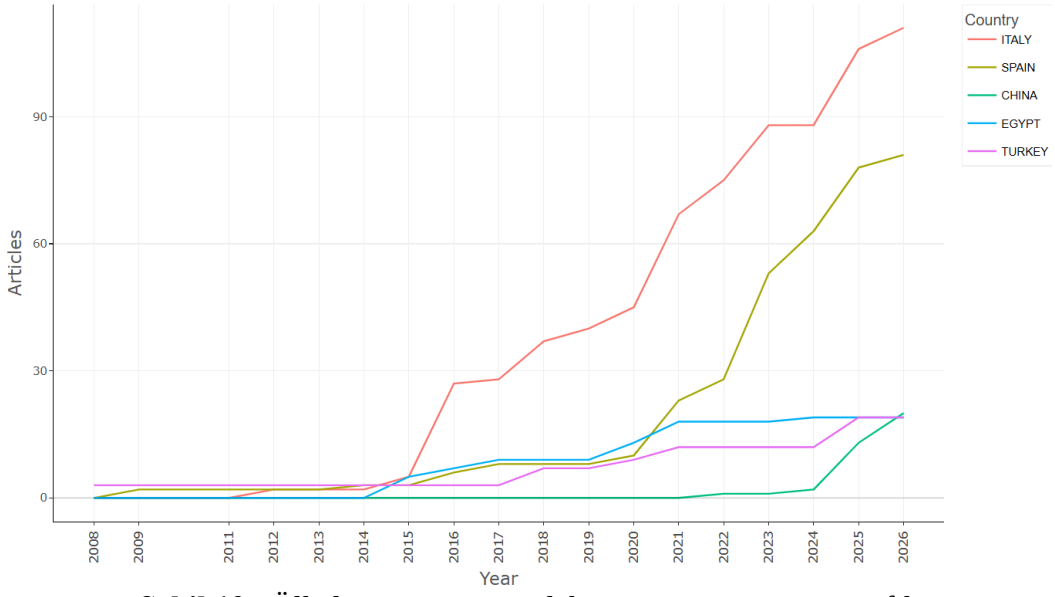
Şekil 10. En sık kullanılan kelimeleri gösteren grafik

Şekil 11'de kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik verilmiştir. Grafik incelendiğinde, International Journal of Architectural Heritage, Disegnarecon ve Virtual Archaeology Review dergilerindeki yayın artışı, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerine yönelik araştırmaların son yıllarda özellikle dijital miras ve sanal rekonstrüksiyon odaklı uzmanlaşmış akademik dergilerde yoğunlaştığını göstermektedir.



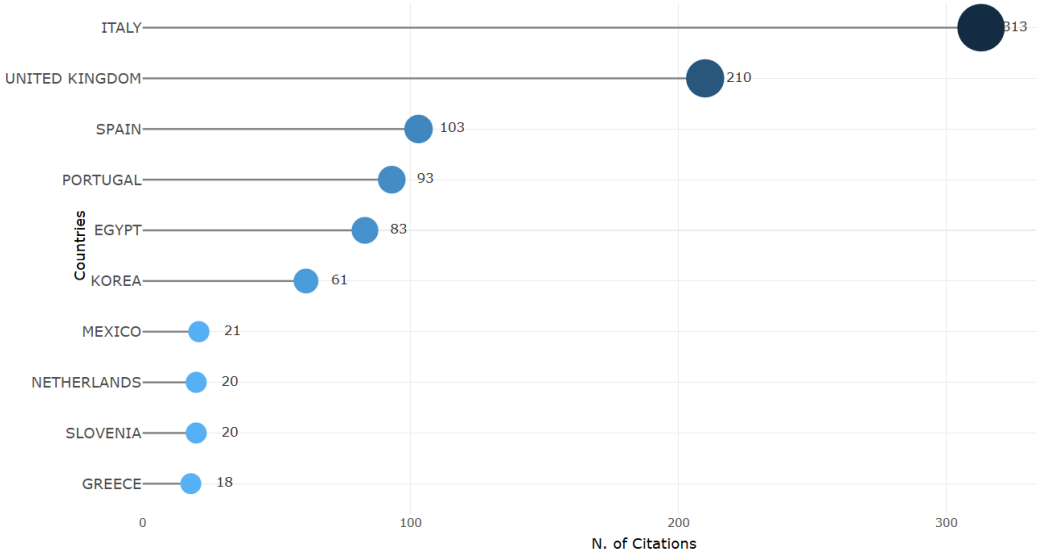
Şekil 11. Kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik

Şekil 12'de ki ülkelerin zaman içindeki üretimi gösterimi incelendiğinde, İtalya ve İspanya'nın yayın üretiminde belirgin biçimde öne çıkması, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerine yönelik mimari miras çalışmalarının büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, Çin, Mısır ve Türkiye'nin son yıllardaki yükselişi alanın küresel ölçekte yaygınlaşmaya başladığını ortaya koymaktadır.



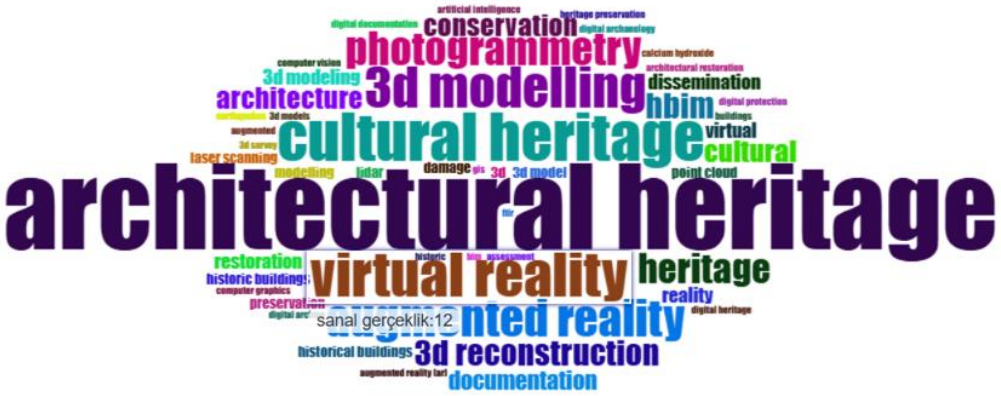
Şekil 12. Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren grafik

En fazla alıntı yapılan ülkelerin verildiği Şekil 13'te ki grafiğe göre; İtalya'nın 313 atıf ile literatürde açık ara en yüksek akademik etkiye sahip ülke olması, mimari mirasın dijital belgelenmesi ve AR/VR uygulamalarına yönelik çalışmaların büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, Birleşik Krallık, İspanya ve Portekiz'in yüksek atıf değerleri bu etkinin Avrupa genelinde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.



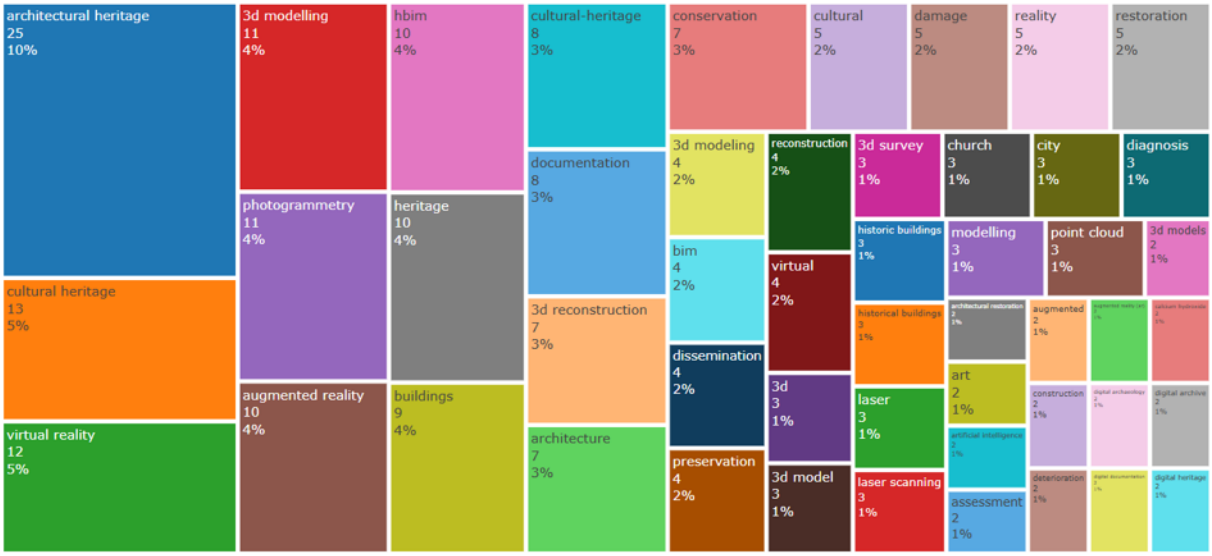
Şekil 13. En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren grafik

Şekil 14'de verilen yazarlara göre kelime bulutunu gösteren grafik, incelendiğinde, "Architectural heritage" kavramının en baskın terim olarak öne çıkması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın dijital belgelenmesi ve korunmasına odaklandığını gösterirken, "virtual reality", "3d modelling" ve "augmented reality" kavramlarının yoğun kullanımı sanal rekonstrüksiyon teknolojilerinin araştırmalarda önemli bir yer edindiğini ortaya koymaktadır.



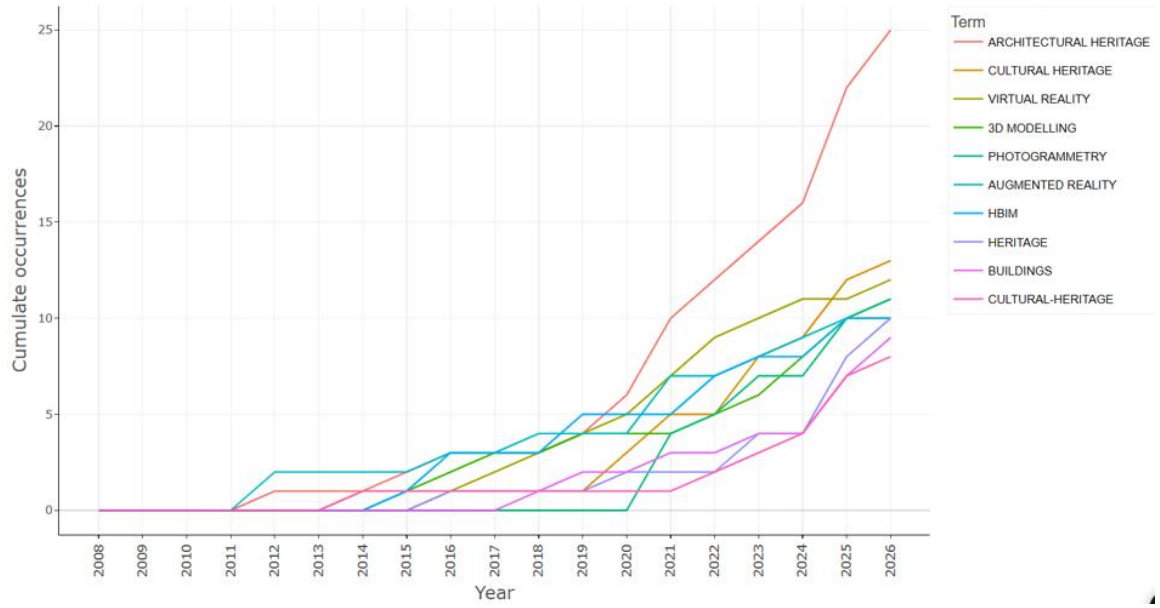
Şekil 14. Yazarların seçimine göre kelime bulutunu gösteren grafik

Şekil 15'te gösterilen "tree map" grafiği, incelendiğinde, Ağaç haritası incelendiğinde, literatürde en baskın kavramın "architectural heritage" (%10, 25 kullanım) olduğu görülmektedir. Bunu "cultural heritage" ve "virtual reality" (%5) ile "3d modelling", "photogrammetry", "HBIM" ve "heritage" (%4) kavramları takip etmektedir. Bu durum, araştırmaların büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal gerçeklik uygulamaları ve 3D modelleme teknolojileri üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.



Şekil 15. Kelime kullanım yoğunluğunu gösteren "tree map" grafiği

Şekil 16'da verilen sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik, "Architectural heritage" kavramının 2020 sonrası dönemde hızla yükselmesi ve "virtual reality", "3D modelling" ile "photogrammetry" terimlerinin belirgin artış göstermesi, literatürün giderek dijital modelleme ve sanal teknolojiler odaklı geliştiğini ortaya koymaktadır.



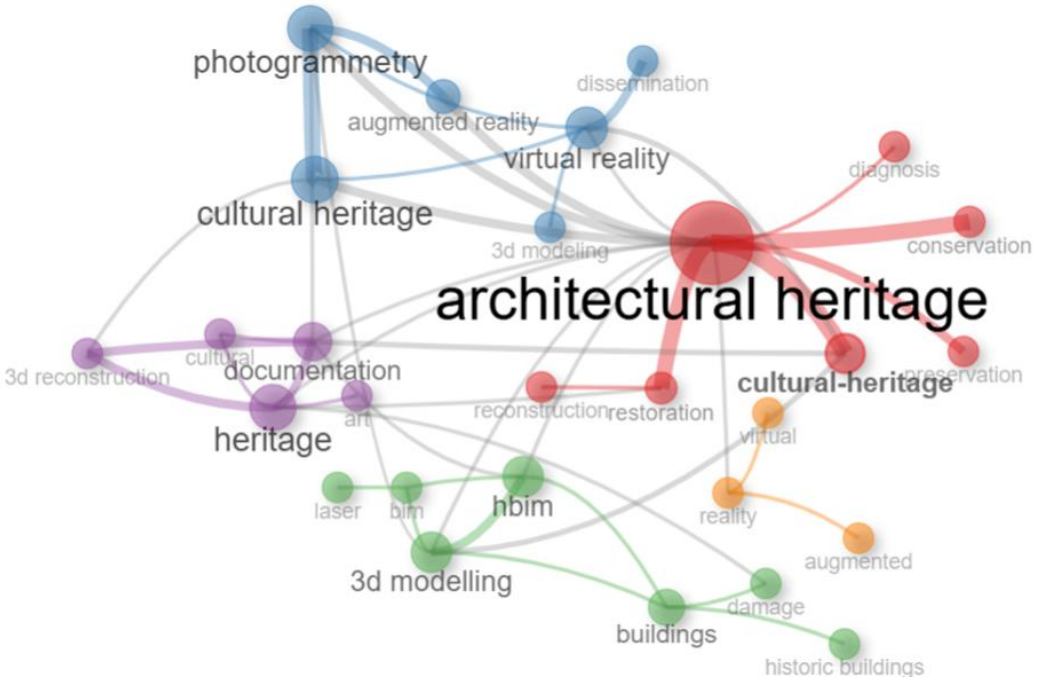
Şekil 16. Sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik

Şekil 17'de verilen "trend topic" grafiğinde yer alan veriler, "Mimari miras" kavramının 25 kullanım ile en yüksek sıklığa sahip olması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın korunması ve dijital belgelenmesine odaklandığını gösterirken, "sanal gerçeklik", "3 boyutlu modelleme" ve "HBIM" kavramlarının yükselişi araştırmaların sanal rekonstrüksiyon ve dijital koruma teknolojileri etrafında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Terim	Sıklık	Yıl (1. Çeyrek)	Yıl (Ortanca)	Yıl (3. Çeyrek)
Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...
hbim	10	2017	2020	2023
sanal gerçeklik	12	2019	2021	2022
artırılmış gerçeklik	10	2016	2021	2022
mimari	7	2018	2021	2024
mimari miras	25	2021	2023	2025
kültürel miras	13	2021	2023	2025
3 boyutlu modelleme	11	2018	2023	2024
kültürel miras	8	2023	2024	2025
miras	10	2023	2025	2025
binalar	9	2021	2025	2025

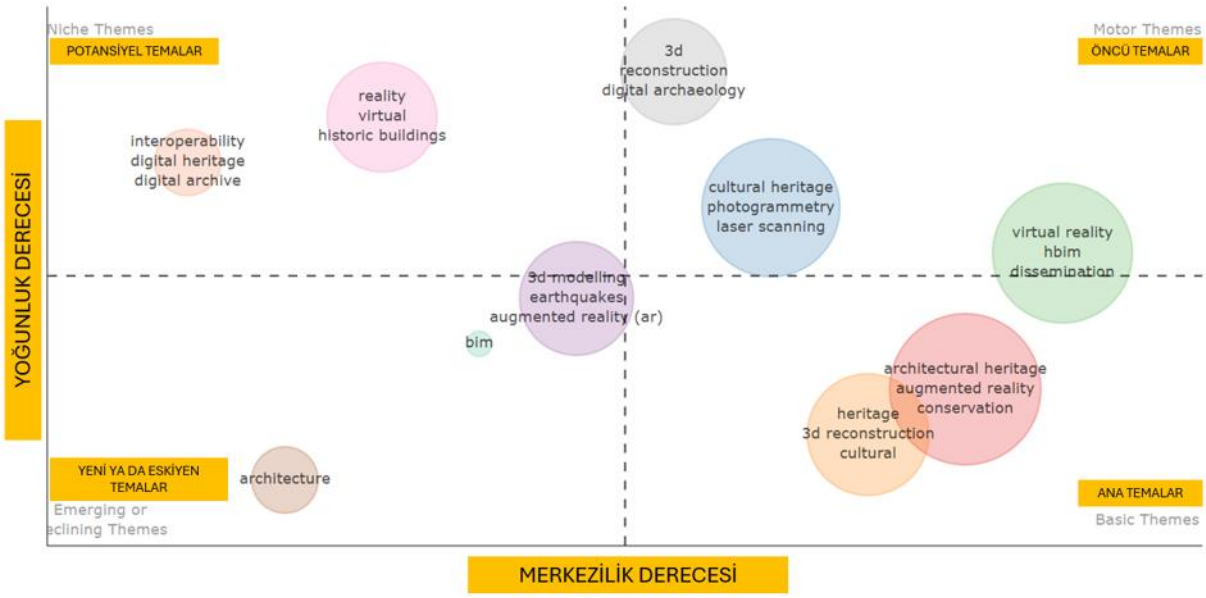
Şekil 17. Literatürde yer alan konuların kullanım sıklığını ve yıllar içindeki dağılımı

Şekil 18'de verilen grafik, "Architectural heritage" kavramının ağın merkezinde yer aldığını ve "virtual reality", "photogrammetry", "3d modelling" ile güçlü ilişkiler kurduğunu, literatürün büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal rekonstrüksiyonu ve koruma süreçleri üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.



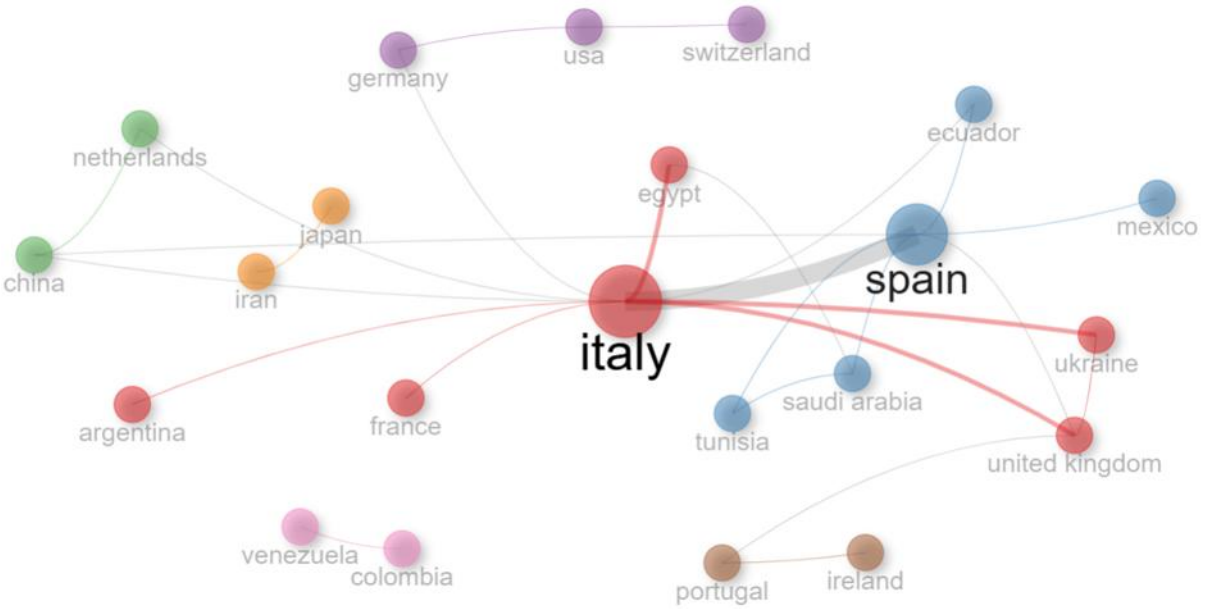
Şekil 18. Literatürdeki anahtar kavramlar arasındaki birlikte oluşum ağını grafik

Şekil 19'da yer alan tematik haritada, "Virtual reality", "HBIM" ve "3d reconstruction" kavramlarının öncü ve merkezi temalar olarak öne çıkması, literatürün büyük ölçüde dijital koruma, sanal rekonstrüksiyon ve etkileşimli miras teknolojileri üzerine yoğunlaştığını gösterirken, "digital archive" ve "interoperability" gibi kavramların daha sınırlı çalışılması bu alanlarda gelişime açık araştırma boşlukları bulunduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 19. Tematik harita grafiği

Şekil 20'de verilen grafik, literatürdeki ülkeler arası işbirliği ağını göstermektedir. İtalya ve İspanya'nın ülkeler arası işbirliği ağında merkezî konumda yer alması, mimari mirasın dijital belgelenmesi ve AR/VR uygulamalarına yönelik araştırmaların büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, farklı kıtalara yayılan bağlantılar alanın giderek uluslararası ve disiplinlerarası bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır.



Şekil 20. Ülkeler arası işbirliği ağı grafiği

4. SONUÇ

Bu bibliyometrik analiz, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik literatürün son yıllarda belirgin bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle 2020 sonrası dönemde yayın üretimindeki hızlı artış, dijital teknolojilerin kültürel miras çalışmalarında giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Yıllık üretim grafikleri ve büyüme oranları, alanın hâlen gelişim sürecinde olduğunu ve akademik ilginin artarak devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelime analizleri, literatürde en baskın kavramların “architectural heritage”, “cultural heritage”, “virtual reality”, “3D modelling” ve “augmented reality” olduğunu göstermektedir. Bu durum, araştırmaların büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal rekonstrüksiyonu ve etkileşimli teknolojiler aracılığıyla yeniden deneyimlenmesi üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Ayrıca HBIM, fotogrametri ve 3D rekonstrüksiyon gibi kavramların öne çıkması, dijital koruma yöntemlerinin literatürde güçlü bir yer edindiğini göstermektedir.

Tematik harita ve birlikte oluşum ağı analizleri, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve dijital rekonstrüksiyon teknolojilerinin literatürde merkezi araştırma alanları hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte dijital arşivleme, birlikte çalışabilirlik ve bazı teknik kavramların daha sınırlı yoğunluğa sahip olması, bu alanlarda gelişime açık araştırma boşluklarının bulunduğunu göstermektedir.

Ülkeler arası işbirliği ve atıf analizleri ise İtalya ve İspanya’nın literatürde hem üretim hem de akademik etki açısından öncü ülkeler olduğunu göstermektedir. Avrupa merkezli bu yoğunlaşma, kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik çalışmaların özellikle Avrupa’da güçlü bir akademik altyapı kazandığını ortaya koymaktadır. Genel olarak çalışma, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında yalnızca bir görselleştirme aracı olmaktan çıkarak, kültürel mirasın belgelenmesi, korunması ve yeniden yorumlanması süreçlerinde temel bir araştırma alanına dönüştüğünü göstermektedir.

REFERANSLAR

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of informetrics, 11(4), 959-975.

ALTUN, C. Y. (2025). Geçmişi Geleceğe Aktarmak: Kültürel Miras Alanında Dijital İkiz Oluşturma. Turkish Studies, 20(4), 2947.

Aş, H. (2019). Saran Mimari Yazilim Ve Teknolojilerinin Kültürel Mirasi Koruma Çalişmalarinda Kullanimi. Tasarım Enformatiği, 1(2), 92-106.

El Barhoumi, N., & Hajji, R. (2024). HBIM and extended reality for cultural mediation of historical heritage: A review. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, 125-132.

Başdemir, H. (2025). İHA, Fotogrametri, Sanal ve Artırılmış Gerçeklik Entegrasyonuyla Mimari Mirasın Korunması ve Tanıtılması: Bir Örnek Çalışma. Geomatik, 11(1), 97-109.

Büyükkuru, M. (2023). Kültürel Mirasin Aktariminda Dijital Teknolojilerin Kullanimi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, 13(İhtisaslaşma), 134-150.

Colace, F., Limongiello, M., Lorusso, A., Pellegrino, M., Santaniello, D., & Santoriello, A. (2026). Digital Twin for Cultural Heritage: A Computational Approach to Predictive Conservation. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, e00519.

Ergen, F. D. (2020). A literature review on the applicability of augmented and virtual reality technologies in cultural heritage areas of Isparta province. Journal of Tourism Theory and Research, 6(1), 62.

Ergin, İ. D. A. (2023). Digital approach in conservation of heritage: 3D virtual reconstruction applications in ancient cities. Journal of Architectural Sciences and Applications, 8(2), 969-987.

Birinci Ertürk, N., & Değirmenci, F. N. (2023). Sanal Gerçeklik (Vr) Teknolojilerinin Mimarlik Sektöründeki Yeri. Karesi Journal of Architecture, 2(2), 24-36.

Kajita, H. S., & Boys, J. (2023). Activating Social Housing Archives: (Meeting Minutes). I D. van den Heuvel, F. Tanış, & W. van de Sande (red.), Architecture Archives of the Future: Tenth Annual Conference: Proccedings (s. 247-253). TU Delft.
Köse, S. (2023). Dijital Arkeoloji Uygulamaları: Ayanis Örneği. Külliye, 4(1), 256-281.
Mazzetto, S. (2024). Integrating emerging technologies with digital twins for heritage building conservation: an interdisciplinary approach with expert insights and bibliometric analysis. Heritage, 7(11), 6432-6479.
Atıcı Tektaş, E. (2024). Kent Belleğini Twinmotion İle Geleceğe Aktarma: Eskişehir Hamamyolu Çarşi Örneği. Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 9(18), 51-68.
Tektaş, E. A., & Öztürk, A. Ç. Kent Belleğini Twinmotion İle Geleceğe Aktarma: Eskişehir Hamamyolu Çarşi Örneği. Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 9(19), 183-200.
Tektaş, E. A., & Öztürk, A. Ç. (2024). Kolektif Belleğin Dijital Ortama Aktarilmasi Sürecine Bir Yaklaşim. Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi, 8(4), 504-519.
Uzunel, Ö., & Özdemir, B. Ş. (2022). Somut Kollektif Hafizanin Kayit Altina Alinmasinda Çağdaş Teknolojilerin Kullanimi: Lazer Tarayicilar. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, 12(Dijitalleşme), 270-286.
Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2025). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Modern Teknolojilerin Rolü. Kültürel Miras Araştırmaları, 6(2), 94-110.
Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2021). Tarihi eserlerin 3B modellenmesi ve artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 1032-1043.

MODELLİNG DIFFÜZ GÜNEŞ RADYASYONU VE PV SİSTEM PERFORMANSI, HARTUM, SUDAN

Doç.Dr. CEYDA AKSOY TIRMIKÇI
Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 54187 Serdivan, Sakarya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0354-4022
Ahed Eisa Bushra Mohamed
Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 54187 Serdivan, Sakarya, Türkiye
ORCID ID: 0009-0005-4433-5675

ÖZET
Bu çalışma, Sudan'ın başkenti Hartum için diffüz güneş radyasyonu ve çatı tipi fotovoltaik performansına yönelik bir model geliştirmektedir. Çalışmada ABD'deki Berkeley ofis binası verileri kullanılmaktadır; çünkü bu veri seti iyi dokümante edilmiş ve doğrulanmış enerji tüketim profilleri sunmakta olup, yerel bina davranışını doğrudan kopyalamak yerine modelleme çerçevesini test etmek için bir benchmark vaka olarak kullanılmaktadır. Global yatay ışınım, Angström–Prescott modeli kullanılarak güneşlenme süresinden tahmin edilmiştir ve diffüz radyasyon, yatay ve eğimli ışınımı hesaplamak için ampirik bir korelasyon ile ayrıştırılmıştır. %22 verimliliğe sahip N-tipi monokristal bir PV sistemi (panel başına 2.58 m²) 484 MWh/yıl ofis binası yükünü karşılamak üzere boyutlandırılmıştır. Model, eğimli düzlemde yıllık toplam yaklaşık 2700 kWh/m² ışınım değeri vermekte olup bu sonuç Sudan'ın yüksek güneş enerjisi potansiyeli ile uyumludur. Toplamda 422 panel gereklidir ve bu paneller yaklaşık 1086 m² alan kaplamaktadır; sera gazı geri ödeme süresi (GPBT) Sudan şebeke koşulları altında yaklaşık 2.7 yıldır. Duyarlılık analizi, panel verimliliği, performans oranı, şebeke karbon faktörü ve sistem bileşen emisyonlarındaki makul değişimlere rağmen GPBT'nin 5 yılın altında kaldığını göstermektedir. Model sonuçları ile referans veri setleri arasında yaklaşık %5–10'luk bir uyum gözlenmiş olup bu durum önerilen yaklaşımın geçerliliğini desteklemektedir. Geliştirilen model, Sudan gibi yüksek güneşlenme potansiyeline sahip bölgelerde fotovoltaik sistem boyutlandırma ve performans değerlendirmesi için nicel bir çerçeve sunmakta ve benzer iklim koşullarına sahip ofis ölçekli binalar için ön tasarım aşamasında kullanılabilmektedir.
Anahtar kelimeler: çatı fotovoltaik sistemleri, diffüz güneş radyasyonu, Hartum, karbon geri ödeme süresi, fotovoltaik modelleme, Sudan, uydu verisi, duyarlılık analizi

MODELING DIFFUSE SOLAR RADIATION AND PV SYSTEM PERFORMANCE IN KHARTOUM, SUDAN

ABSTRACT
This study develops a model of diffuse solar radiation and rooftop photovoltaic performance for Khartoum, the capital of Sudan, using Berkeley office building data from the USA, because it provides well-documented and validated energy consumption profiles and is used as a benchmark case to test the modelling framework, instead of directly replicating local building behaviour. Global horizontal irradiance is estimated from sunshine duration using the Angström–Prescott model, and the diffuse radiation is separated using an empirical correlation to compute horizontal and tilted irradiance. A 22% efficiency N-type monocrystalline PV system (2.58 m² per panel) is sized to meet a 484 MWh/yr office building

load. The model gives a total annual tilted-plane irradiation of about 2700 kWh/m², which agrees with Sudan's high solar resource potential. A total of 422 panels is required, covering about 1086 m², and the greenhouse gas payback time (GPBT) is about 2.7 years under Sudan's grid conditions. Sensitivity analysis shows that GPBT remains below 5 years for reasonable changes in panel efficiency, performance ratio, grid carbon factor, and balance-of-system emissions. The results of this model and reference datasets are within approximately 5–10%, which supports the validity of the proposed approach. The developed model provides a quantitative framework for photovoltaic sizing and performance assessment in high-irradiance regions such as Sudan and can assist in preliminary system design for office-scale buildings under similar climatic conditions.
Keywords: diffuse solar radiation, greenhouse payback, Khartoum, photovoltaic modeling, rooftop PV, satellite data, Sudan, sensitivity analysis

1. INTRODUCTION

Sudan, a country with abundant solar resources, faces significant energy challenges. More than 50% of its electricity generation depends on hydropower (IEA 2021), making the system vulnerable to seasonal rainfall variations. As a result, power outages remain a critical issue, especially during dry periods. Khartoum (latitude 15.6°N) benefits from high solar irradiation levels, with global horizontal radiation reaching around 6.8 kWh/m^2/day in some periods (Younis et al 2023). Accurate estimation of diffuse solar radiation is essential for reliable PV system design. Empirical correlations for estimating the diffuse fraction of solar radiation based on sunshine duration have been widely developed for different climatic conditions, including Turkey (Bakirci 2021). In addition, PV simulation studies have shown that widely used models such as Reindl and Hoffman are effective for estimating diffuse and tilted solar radiation components (Tırmıkçı et al 2025). In this study, Bakirci Model 17 is applied to estimate the diffuse radiation component under the climatic conditions of Khartoum. The performance of the PV system is evaluated using a detailed computational model based on solar geometry and diffuse radiation separation. Furthermore, system sizing is performed for a real building demand of 484,000 kWh/year. In addition, N-type monocrystalline photovoltaic technology is selected because its high efficiency and suitability for hot climates.

2. RELATED WORK

Accurate estimation of diffuse solar radiation is an important step in photovoltaic system design. In one study, they developed empirical models for estimating diffuse radiation based on sunshine duration and clearness index using data from Turkish climatic conditions (Bakirci 2021) . The study focuses on separating global solar radiation into beam and diffuse components using statistical relationships, which are important for PV system simulation. Similarly, in another study, they analyzed PV simulation tools and evaluated models used in software such as PVSOL (Tırmıkçı et al 2025) . Their results show that models like Reindl for tilted surface radiation and Hoffman for diffuse radiation are commonly used in PV performance simulations. The study highlights the importance of selecting proper radiation models to improve PV simulation accuracy. In addition, in another study, they studied photovoltaic system behavior in Khartoum using local data (Younis et al 2023) . Their work estimated solar performance parameters and confirmed that Khartoum has strong solar potential suitable for PV systems. However, the study mainly focused on performance estimation without detailed modeling of diffuse radiation components. International reports also highlight the importance of solar energy. The IEA reports strong global growth in photovoltaic supply chains and technology development (IEA 2022) . NREL shows that photovoltaic systems have low greenhouse gas emissions over their lifetime (Heath et al 2022)

. IRENA reports continuous reduction in PV system costs, making solar energy more competitive (IRENA 2021) . The World Bank also confirms large-scale global PV deployment due to cost reduction trends (World Bank 2020) . In Sudan, electricity generation is mainly dependent on hydropower, which is affected by seasonal rainfall variations (IEA 2021) . This creates a need for more reliable renewable energy sources such as solar photovoltaic systems. In another study, researchers evaluated different diffuse radiation decomposition models under various climatic regions and compared their prediction accuracy using measured solar radiation datasets (Rajagukguk and Lee 2023). Their results showed that empirical correlations based on clearness index remain practical tools for locations where high-resolution solar measurements are not available. Similarly, another study investigated tilted surface solar radiation estimation methods and confirmed that transposition models such as Reindl and Hay–Davies provide reliable results for photovoltaic energy simulations (Gueymard 2021). The study emphasized that accurate tilted irradiance estimation directly influences PV energy yield calculations. Furthermore, in another study, they analyzed photovoltaic system performance under hot desert climate conditions similar to Sudan and demonstrated that temperature effects and diffuse radiation fractions significantly influence module efficiency and system output (Kazem et al 2023). Their findings confirm the importance of including climatic correction factors when designing PV systems in arid regions. In addition, another study evaluated life-cycle greenhouse gas emissions of photovoltaic technologies and reported that PV systems achieve rapid environmental payback compared to conventional fossil-fuel electricity generation **(**Müller et al 2021**)**. The study supports the environmental benefit of solar deployment in developing countries. Recent research also investigated long-term photovoltaic energy assessment using satellite-derived solar radiation data combined with empirical radiation models (Yang et al. 2022**)**. The results show that hybrid modeling approaches improve solar resource assessment in regions lacking ground measurement stations. Moreover, another study examined techno-economic optimization of rooftop PV systems and showed that proper sizing of panel numbers and system efficiency parameters is essential for maximizing annual energy production and minimizing environmental impact (garg et al. 2022**)**.These studies collectively demonstrate the importance of integrating accurate radiation modeling, system sizing, and environmental evaluation into photovoltaic system design. However, there is still limited work that applies detailed diffuse radiation models such as Bakirci Model 17 to Sudanese climatic conditions. Therefore, this study focuses on applying these models to Khartoum and integrating them into a complete PV sytem design and evaluation.

3. METHODS

3.1. Data and Location

We use monthly averages for Khartoum: global horizontal irradiance H (kWh/m^2/day), sunshine hours (n), and days per month, from climatological sources (NASA Langley Research Center, 2026). Table 1 lists this input data.

Table 1. Monthly Climatological Input Data for Khartoum

Month	H	n	Days	Tilt
Jan	6.8	11.0	31	30
Feb	7.2	11.2	28	25
Mar	7.6	11.5	31	15
Apr	7.8	11.8	30	7
May	7.5	11.4	31	3

Jun	7.1	10.8	30	0
Jul	6.5	9.5	31	3
Aug	6.3	9.2	31	7
Sep	6.9	10.2	30	15
Oct	7.1	10.9	31	20
Nov	6.9	11.1	30	25
Dec	6.6	10.8	31	30

3.2. Solar Geometry and Diffuse Fraction

The diffuse fraction *k* is given by Model 17 (Bakirci, 2021), derived from:

$$k = -1.339 + 9.922\,r - 17.123\,r^2 + 9.079\,r^3, \quad r = n/N \quad (1)$$

where *n* represents the hours of sunshine, and the day length *N* (hours) is derived from:

$$N = (2/15°)\cos^{-1}(-\tan(\varphi)\tan(\delta)) \quad (2)$$

The latitude ϕ = 15.6◦ for Khartoum and solar declination derived from :

$$\delta = 23.45° \sin\left(\left(\frac{360}{365}\right)(284 + n_{day})\right) \quad (3)$$

where n_{day} is the midpoint day of the month.

3.3. Tilted Irradiance (PVSOL Model)

For fixed-tilt panels (latitude tilt β from Table 2), we compute the total irradiance on the panel surface using the Reindl isotropic model derived from:

$$H_T = H_b R_B + H_d R_D + H\frac{\rho_g(1 - \cos\beta)}{2} \quad (4)$$

$$R_B = \frac{\cos(\phi - \beta)\cos\delta\sin\omega_s' + \omega_s'\sin(\phi - \beta)\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \omega_s\sin\phi\sin\delta} \quad (5)$$

$$R_D = \left(\frac{H_B}{H_0}\right)R_B + \left(1 - \frac{H_B}{H_0}\right) \quad (6)$$

where ω_s is the sunset hour angle, ω'_s its tilted-surface equivalent, and $\rho_g = 0.20$ is ground reflectivity. The term $H_b R_B$ is the beam component on the tilt, $H_d R_D$ is the diffuse (isotropic) component, and $H\rho_g (1 - \cos\beta)/2$ is ground-reflected radiation (Tırmıkcı et al., 2025).

3.4. Greenhouse Gas Payback Time (GPBT)

The environmental sustainability of the system is evaluated using the Greenhouse Gas Payback Time (GPBT). This metric defines the period required for the PV system to mitigate the emissions generated during its lifecycle. The GPBT is calculated using:

$$GPBT = \frac{Embedded\ Emissions}{Annual\ Emissions\ Avoided} \quad (7)$$

3.4.1. Embedded Emissions

The total embedded emissions comprise the manufacturing impact of the modules and the Balance of System (BOS) components:

$$Embedded\ Emissions = (PV_{factor} + BOS_{factor}) \times S_{total} \quad (8)$$

Where PV factor is the emission factor for the module (210 kg CO2-eq/m2), BOS_{factor} is the BOS emission factor (65 kg CO2-eq/m2) and S_{total} is the total installation area,
derived from:

$$S_{total} = Area_1 panel \times N_{panels} \quad (9)$$

3.4.2. Annual Emissions Avoided

The annual emissions avoided depend on the total energy yield and the grid emission factor:

$$Annual\ Emissions\ Avoided = E \times Grid\ Factor \quad (10)$$

The annual energy yield E utilizes the tilted irradiance H_T calculated in equation (4):

$$E = H_T \times \eta \times Area \quad (11)$$

where η represents the system efficiency and area is the active surface area of the PV panels. The overall workflow of the proposed photovoltaic system performance model is summarized in Algorithm 1.

Algorithm 1 PV System Performance Model

Require: Monthly global radiation H, sunshine hours n, panel efficiency η, tilt angle β, system parameters
Ensure: Annual energy yield E, required number of panels N , greenhouse gas payback time (GPBT)
1: Initialize parameters
2: **for** each month i **do**
3: Compute clearness index ri
4: Compute diffuse fraction ki using Bakirci Model (17)
5: Compute diffuse component Hd,i = ki · Hi
6: Compute beam component Hb,i = Hi − Hd,i
7: Compute tilted irradiance H_T,i using Reindl model
8: **end for**
9: Compute annual irradiance H_{total}
10: Compute energy per panel E_{panel}
11: Compute required number of panels N
12: Compute total system energy E
13: Compute embedded emissions EE
14: Compute avoided emissions AE
15: Compute greenhouse gas payback time GPBT
16: **return** E, N, GPBT

4. RESULTS

Table 2 shows monthly totals of global irradiation (H), diffuse irradiation (H_d), and monthly total solar radiation (H_T) (kWh/m2). The yearly sum is 2700.4 kWh/m2 on the tilted roof. Figure 1 demonstrates that tilted surfaces receive higher annual irradiation than horizontal planes, validating the selected tilt configuration for maximizing PV energy yield.

Figure 1. Comparison between global horizontal irradiance (H) and tilted irradiance (H_T)

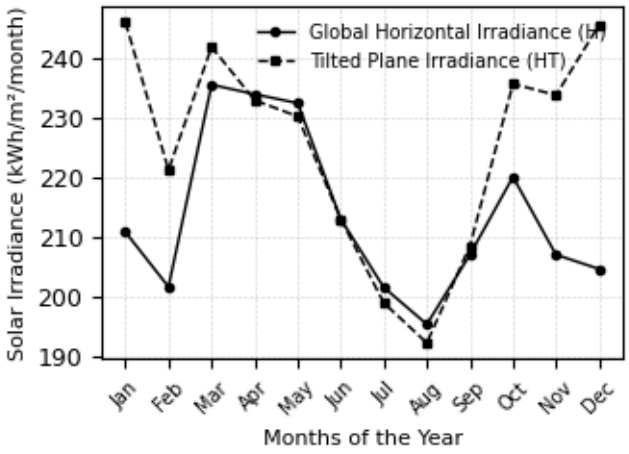


Table 2. Monthly Solar Radiation and Tilted Surface Results for Khartoum

Month			
	H · days	H_d · days	H_T · days
Jan	210.8	104.86	246.1
Feb	201.6	95.41	221.26
Mar	235.6	106.10	241.96
Apr	234	100.13	233
May	232.5	77.87	230.26
Jun	213	62.46	213
Jul	201.5	61.68	198.9
Aug	195.3	60.42	192.16
Sep	207	61.08	208.49
Oct	220.1	85.1	235.75
Nov	207	101.6	233.84
Dec	204.6	96.2	245.66

Figure 2 shows that global irradiance remains consistently higher than diffuse irradiance throughout the year, indicating strong direct solar availability under Khartoum climatic conditions.

Figure 2. Monthly variation of global horizontal irradiance (H) and diffuse horizontal irradiance (H_d)

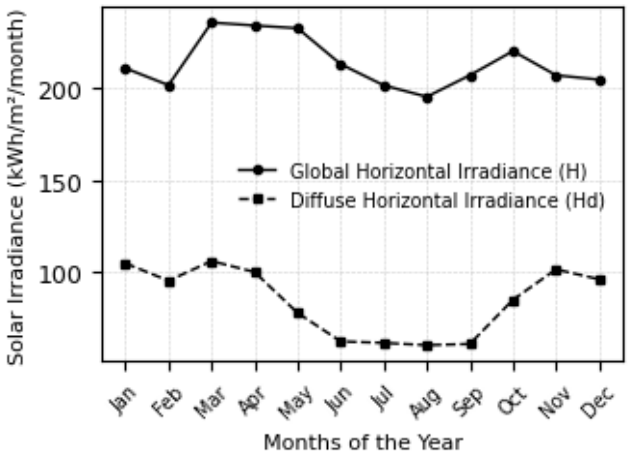
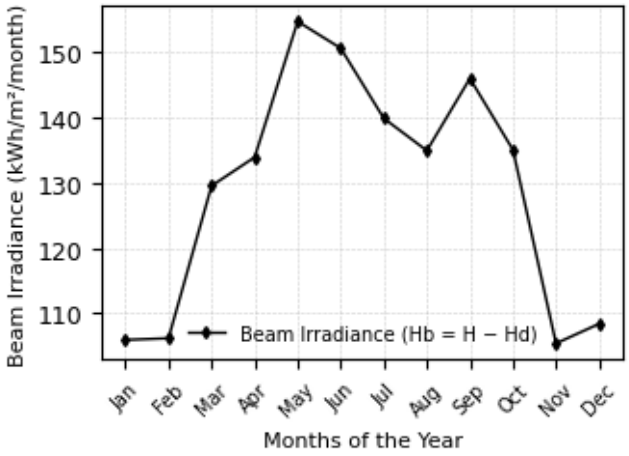


Figure 3 illustrates the beam irradiance component derived from global and diffuse radiation. The dominance of beam radiation confirms the suitability of the location for photovoltaic deployment.

Figure 3. Monthly beam irradiance (Hb = H - Hd)



Using the yearly H_T , we size the PV system. A single N-type module (567.6 W, 2.58 m^2, 22% efficiency) with PR = 0.75 yields and E_{panel} = 1149.6 kWh/yr of a building's 484,000 kWh/yr demand, N = 422 panels are needed. Table 3 summarizes panel sizing and system area.

Table 3. PV system sizing for 484,000 kWh/yr consumption

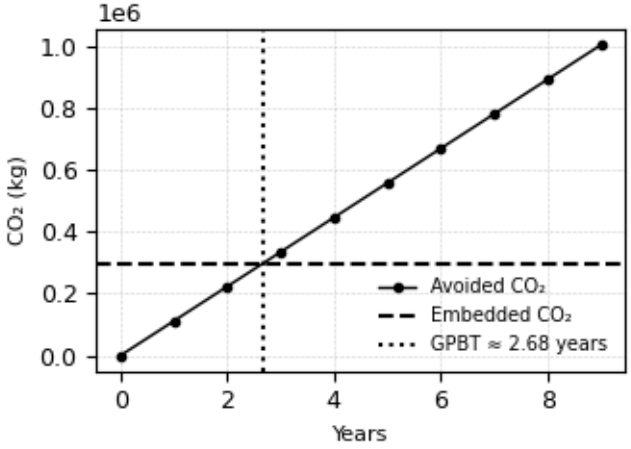
Parameter	Value
One-panel annual energy	1149.6 kWh
Panels required	422
Total array area	1086 m^2
Annual production	4.84×105 kWh

4.1. Greenhouse Gas Payback Time

We compute the embedded carbon as the system area (1086 m^2) multiplied by the emission factor, giving approximately 298,650 $kgCO_2$. Using a grid emission factor of 0.23 $kgCO_2$/kWh, the avoided CO_2 is = 111,320 kg/year. Therefore, the greenhouse gas payback time (GPBT) is approximately 2.68 years.

Figure 4 shows the cumulative avoided carbon emissions compared with embedded lifecycle emissions. The intersection indicates a greenhouse gas payback time of approximately 2.68 years.

Figure 4. Greenhouse gas payback time (GPBT) of the photovoltaic system.



5. DISCUSSION

The obtained results show that N-type monocrystalline PV modules provide high energy production under Khartoum climate conditions. Economically, these modules have a higher initial investment compared with P-type panels; however, Their higher efficiency (22%) increases annual electricity generation and reduces the levelized cost of energy over the system lifetime. Because each panel produces more power, the number of required modules and balance-of-system (BOS) components decrease, improving overall economic scaling. From an environmental perspective, manufacturing and transportation contributes to embodied carbon emissions, since most panels are produced abroad. Nevertheless, the system achieves a greenhouse gas payback time of about 2.68 years, indicating rapid environmental recovery despite Sudan's relatively low grid emission factor. Socially, large PV installations improve electricity reliability, reduce dependence on hydropower variability, and support local employment opportunities in installation and maintenance. Therefore, the study demonstrates a clear trade-off between higher upfront cost and long-term economic, environmental, and social benefits.

5.1. Data Validation

We have developed a detailed, equations-based model for Khartoum's solar resource and PV performance, integrating literature models and real data. To validate the results, the calculated monthly values of H are compared with satellite based climatological data. In Sudan, the global horizontal irradiance (GHI) ranges between 200–235 kWh/m2 per month (Reindl et al., 1990). Long-term datasets from NASA POWER and PVGIS show similar magnitudes, with average values of approximately around 160–210 kWh/month. The results in Table 2 are showing to be in this range.

6. CONCLUSIONS

The results show that Sudan's capital Khartoum can generate 2700 kWh/m^2-yr on tilted roofs, while PVGIS reports an annual GHI of about 2500 kWh/m2 for Khartoum on a horizontal surface, which makes it reasonable. Although ground-based meteorological measurements are limited, previous studies confirm the high solar resource availability in the region. The results between this model and reference datasets is within approximately 5–10% off, which supports the validity of the proposed approach. A high-efficiency PV array can meet large building loads with only approximately about 2.7 year carbon payback. These findings provide a robust basis for designing solar projects. Future work could include validating against local irradiance measurements and exploring off-grid applications.

REFERENCES

Bakirci K. (2021). Prediction of diffuse radiation in solar energy applications: Turkey case study and comparison with satellite data. Energy 237, 1210–1223.

Tırmıkçı CA, Yavuz C, Özkurt C, Yavuz BY. (2025). Machine learning-assisted evaluation of PVSOL software using a real-time rooftop PV system: a case study in Kocaeli, Turkey, with a focus on diffuse solar radiation. International Journal of Low-Carbon Technologies.

Younis A, Abdeljalil A, Omer A. (2023). Determination of panel generation factor using peaks over threshold method and short-term data for an off-grid photovoltaic system in Sudan: A case of Khartoum city. Solar Energy 249, 242 249.doi:10.1016/j.solener.2022.11.039.

International Energy Agency (IEA). (2022). Solar PV Global Supply Chains. Paris, France. Garg R, Jain S, Agrawal V. (2022). Techno-economic optimization and sizing of rooftop photovoltaic systems for maximizing annual energy production. Energy Conversion and Management 251, 115024. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115024

Gueymard CA. (2021). From solar radiation to solar energy: Performance evaluation of transposition and architectural models on inclined surfaces. Solar Energy 215, 316–334. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.12.046

Kazem HA, Al-Badi HA, Al-Badi AH, Al-Asadi MT. (2023). Performance evaluation of monocrystalline photovoltaic modules under hot arid desert climatic conditions. Renewable Energy 204, 344–355. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.012

Müller A, Brand L, Frischknecht R. (2021). Life cycle greenhouse gas emissions and environmental payback times of modern silicon photovoltaic systems. Progress in Photovoltaics: Research and Applications 29(9), 1012–1028. https://doi.org/10.1002/pip.3426

Yang D, Wang W, Gueymard CA. (2022). Long-term photovoltaic energy assessment using satellite-derived solar radiation data combined with empirical radiation models. Solar Energy 231, 882–898. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.12.031

Heath GA, Burkhardt JJ, Keyser D, Dahlke S, O'Donoughue P, Warner E, Inman D. (2022). Comprehensive life cycle assessment of modern utility-scale solar photovoltaic systems. National Renewable Energy Laboratory (NREL) Technical Report NREL/TP-6A20-81045. https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81045.pdf

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). Renewable Power Generation Costs in 2020. Abu Dhabi, UAE.

World Bank. (2020). Solar Energy: Global Review of Cost Reduction and Deployment. Washington DC.

International Energy Agency (IEA). (2021). Hydropower Special Market Report. Paris, France.

Reindl D, Beckman W, Duffie J. (1990). Diffuse fraction correlations. Solar Energy 45(1), 1–7.

NASA Langley Research Center. POWER Data Access Viewer. https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

6 ŞUBAT DEPREMLERİ SONRASI ZORUNLU GÖÇ VE AİLE ROLLERİNİN YENİDEN YAPILANMASI: FAAR MODELİ BAĞLAMINDA BİR ANALİZ

Selim USLUOĞLU
Gaziantep Üniversitesi, Göç Çalışmaları Yüksek Lisans Öğrencisi
Prof. Dr. Sevilay ŞAHİN
Gaziantep Üniversitesi, Öğretim Üyesi
ORCID: 0000-0002-7140-821X

Öz
Bu çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında Hatay ilinden diğer şehirlere zorunlu göç etmek durumunda kalan evli çiftlerin aile rollerindeki dönüşümü *Aile Uyarlama ve Tepki Modeli* (Family Adjustment and Adaptation Response — FAAR Modeli) çerçevesinde kavramsal olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Afet ve zorunlu göç, aile sisteminde eş zamanlı stresör yığılmasına (*pile-up*) yol açarak geleneksel rol dağılımını, iletişim kalıplarını ve eş ilişkisini derinden sarsmaktadır. FAAR Modeli'nin üç temel bileşeni — talepler (ekonomik yoksunluk, barınma güçlüğü, sosyal izolasyon ve mekânsal-kimliksel kayıp), kapasiteler (eşler arası dayanışma, sosyal destek ağları ve başa çıkma stratejileri) ve anlamlandırma süreci (deneyimin yıkım ya da yeniden başlangıç olarak çerçevelenmesi) — Hatay bağlamına özgü verilerle sistematik biçimde ele alınmaktadır. Sistematik literatür taramasından elde edilen bulgular, geleneksel erkek kimliğinin sarsılmasının ve kadınların üstlendiği artan iş yükünün eş ilişkisinde yeni gerilim ve müzakere alanları yarattığını ortaya koymaktadır. Olumlu anlamlandırma geliştiren çiftlerin uyum düzeyinin (*bonadaptation*) görece yüksek seyrettiği; olumsuz anlamlandırma geliştirenlerde ise ilişkisel kopuş riskinin belirgin biçimde arttığı değerlendirilmektedir. Çalışma, afet sonrası psikososyal müdahalelerde aile merkezli ve toplumsal cinsiyete duyarlı bir yaklaşımın kuramsal zeminini oluşturmakta; ileride yürütülecek ampirik araştırmalar için bütüncül bir kavramsal çerçeve sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: zorunlu göç, aile rolleri, FAAR Modeli, 6 Şubat depremleri, Hatay, aile uyumu, toplumsal cinsiyet, solastalji

FORCED MIGRATION AND THE RESTRUCTURING OF FAMILY ROLES AFTER THE FEBRUARY 6 EARTHQUAKES: AN ANALYSIS WITHIN THE CONTEXT OF THE FAAR MODEL

Abstract
This study aims to examine, within the framework of the Family Adjustment and Adaptation Response (FAAR) Model, the transformation of family roles among married couples compelled to migrate from Hatay province to metropolitan cities following the February 6, 2023 Kahramanmaraş-centered earthquakes. Disasters and forced migration generate a simultaneous pile-up of stressors in the family system, profoundly disrupting traditional role distributions, communication patterns, and spousal relationships. The three core components of the FAAR Model — demands (economic deprivation, housing difficulties, social isolation, and spatial-identity loss), capacities (inter-spousal solidarity, social support networks, and coping strategies), and the appraisal process (framing the experience as destruction or new beginning) — are systematically examined using data specific to the Hatay context. Findings derived from a systematic literature review indicate that the destabilization of traditional male

identity and the increased workload assumed by women create new areas of tension and negotiation within the marital relationship. Couples who develop positive appraisals demonstrate relatively higher levels of bonadaptation, whereas the risk of relational dissolution increases markedly among those with negative appraisals. The study provides a theoretical foundation for family-centered and gender-sensitive approaches in post-disaster psychosocial interventions, and offers a comprehensive conceptual framework for future empirical research.
Keywords: forced migration, family roles, FAAR Model, February 6 earthquakes, Hatay, family adjustment, gender, solastalgia

Giriş

Afet kavramı, farklı disiplinlerce çeşitli perspektiflerden ele alınmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2022) afeti normal yaşam koşullarını bozan ve toplumun uyum sağlama kapasitesini aşarak ciddi acılara neden olan olaylar olarak tanımlarken; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD, 2014) bu kavramı fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara yol açan, yerel imkânlarla baş edilemeyen olaylar bütünü şeklinde ifade etmektedir. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki depremler ile 20 Şubat 2023'te Hatay'da meydana gelen 6.4 büyüklüğündeki sarsıntılar, bu tanımların ötesinde geniş ölçekli yıkımlara neden olmuştur (Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023).

Yaşanan bu yıkım, bölgede ciddi bir nüfus hareketliliğini tetiklemiştir. Zorunlu afet göçü, bireylerin kendi istekleri veya planları dışında aniden gelişen yıkıcı olaylar nedeniyle yer değiştirmek zorunda kalmalarını ifade etmektedir (Karazincir, 2024). Toplum Çalışmaları Enstitüsü'nün (2026) raporuna göre, 2023 yılı içerisinde afet bölgesindeki 11 ilden toplam 739.485 kişi göç etmiştir. Kendi nüfusuna oranla en yüksek göç verme oranına sahip iller sırasıyla Malatya (%12,6), Hatay (%9,7) ve Adıyaman (%7,6) olmuştur. TÜİK verileri de bu durumu destekler niteliktedir; 2023 yılında bölgeden gerçekleşen net göç, önceki yıllardaki yıllık ortalamanın 5,2 katına ulaşmıştır (Evrensel, 2026).

Hatay'ın nispeten hasar almayan kırsal ilçelerinde (Altınözü, Reyhanlı, Yayladağı vb.) kiraların deprem öncesindeki 2.000-3.000 TL seviyelerinden 10.000-15.000 TL gibi rakamlara fırlaması, insanları kendi memleketlerinde kalmak yerine şehir dışına göç etmeye mecbur bırakmıştır. İnsanlar göç edecekleri illeri seçerken de kira fiyatlarını temel bir kriter olarak ele almış; örneğin Mersin ve Adana gibi yakın illerdeki kiraların çok yüksek olması nedeniyle birçok afetzede barınmanın nispeten daha ucuz olduğu Eskişehir'i tercih etmiştir (Eraslan, 2024).

Bu denli köklü değişimler, toplumun en temel yapı taşı olan aile kurumunu doğrudan etkileyerek bireylerin psikososyal dengesini sarsmaktadır. Özellikle güçlü toplulukçu bağlara ve mekânsal kimliğe sahip Hatay'da, deprem sonrası zorunlu göç süreci aile sistemleri için karmaşık ve çok boyutlu bir stresör yığılması oluşturmuştur. Bu bağlamda çalışma, ailelerin stresörler karşısındaki talepleri, kapasiteleri ve uyum süreçlerini ele alan Aile Uyarlama ve Tepki Modeli (FAAR) çerçevesinde kurgulanmıştır (Patterson, 1988; Patterson & Garwick, 1994). Söz konusu model, afet sonrası aile dinamiklerini hem sistem düzeyinde hem de bireysel anlam düzeyinde kavramlaştırmaya olanak tanıyan bütüncül yapısıyla bu çalışma için uygun bir kuramsal zemin oluşturmaktadır.

Araştırmanın Amacı ve Problem Durumu

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 depremlerinin ardından Hatay'dan başka illere zorunlu göç etmek durumunda kalan evli çiftlerdeki aile rolü dönüşümünü, Aile Uyumu ve Adaptasyonu (FAAR) Modeli bağlamında analiz etmeyi amaçlamaktadır. Kültürel bağların güçlü olduğu ve

toplulukçu bir yapının hâkim olduğu Hatay'da yaşanan depremler, aile sistemlerinin rutinlerini ve başa çıkma mekanizmalarını kökten değiştirmiştir. Söz konusu yıkım, hem fiziksel hem de mekânsal-kimliksel boyutlarıyla aile içindeki rol dağılımında ve eşler arasındaki ilişkilerde derin bir dönüşümü kaçınılmaz kılmıştır.

Zorunlu göç süreci, aile sistemlerinde çok katmanlı bir rol değişimini tetiklemektedir. Alandaki nitel çalışmalar, göç eden ailelerde ekonomik yoksunluğun ve psikolojik baskıların, aile içi ilişkileri dönüştüren en önemli unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır (Sevim, 2024).

Bu temel problem durumundan hareketle çalışma aşağıdaki araştırma sorularını ele almaktadır:

1. Zorunlu göç süreci, Hatay'dan göç eden evli çiftlerin aile rollerini FAAR Modeli bağlamında nasıl dönüştürmektedir?
2. Anlamlandırma süreci (olumlu/olumsuz çerçeveleme), çiftlerin bonadaptasyon düzeyi üzerinde nasıl bir rol oynamaktadır?
3. Toplumsal cinsiyet rolleri, afet sonrası aile uyum sürecinde hangi gerilim ve müzakere alanlarını üretmektedir?

Yöntem

Bu çalışma, sistematik literatür taramasına dayanan kavramsal-analitik bir araştırma niteliği taşımaktadır. Birincil ampirik veri toplanmamış; 6 Şubat 2023 depremleri ve Türkiye'deki zorunlu göç süreçlerini konu alan ulusal ve uluslararası akademik yayınlar, yüksek lisans tezleri, resmi kurumsal raporlar ile karşılaştırmalı vaka bulguları FAAR Modeli çerçevesinde sistematik biçimde sentezlenmiştir.

Literatür taraması; Web of Science, Scopus, ULAKBİM ve Google Scholar veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taramada kullanılan anahtar kelimeler şunlardır: "zorunlu göç", "aile rolleri", "FAAR Modeli", "afet psikolojisi", "toplumsal cinsiyet", "Kahramanmaraş depremi", "Hatay", "solastalji" ve bunların İngilizce karşılıkları. Analize dahil edilen çalışmaların 2016-2026 yılları arasında yayımlanmış olması, Türkiye bağlamına veya benzer zorunlu göç deneyimlerine ilişkin bulgu içermesi esas alınmıştır. Tekrarlayan ve doğrudan konu dışı kalan çalışmalar dışlama kriteri olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular FAAR Modeli'nin üç bileşeni — talepler, kapasiteler ve anlamlandırma — ekseninde düzenlenmiş ve araştırma sorularıyla ilişkilendirilmiştir. Bu analitik çerçeve, feminist afet çalışmaları perspektifi ve yer kimliği (place identity) kuramıyla bütünleştirilmiştir.

Kavramsal Çerçeve

Aile Sistemlerinde Stres ve Dayanıklılık: Çift ABC-X Modelinden FAAR'a

Ailelerin krizlere nasıl tepki verdiğini açıklayan kuramsal temel, Hill'in (1949) ABC-X modeline dayanmaktadır. Bu modelde A stresörü, B aile kaynaklarını, C ailenin algı ve anlamlandırmasını, X ise kriz sonucunu temsil etmektedir. McCubbin ve Patterson (1983), bu modeli zaman boyutunu ve stresör birikimini kapsayacak biçimde geliştirerek Çift ABC-X Modelini ortaya koymuştur. Bu modeldeki "aA" (stresör birikimi — pile-up), "bB" (birleşik kaynaklar), "cC" (algı ve anlamlandırma) ve "xX" (bonadaptasyon/maladaptasyon) değişkenleri, biriken stresin aile işlevselliğini nasıl dönüştürdüğünü sistematik biçimde açıklamaktadır.

6 Şubat depremleri bağlamında stresör yığılması (pile-up), tek bir yıkıcı olayın değil; konut kaybı, yas süreci, ekonomik çöküş ve zorunlu göçün birbirine eklemlenmesiyle olağanüstü bir boyut kazanmıştır. Aile stresi; ekonomik zorluklar, iş kaybı, yas, doğal afetler ve zorunlu göç gibi faktörlerin zamanla birikmesiyle oluşmakta ve aileyi işlevsel açıdan yıpratmaktadır (Brik & Wang, 2025; Valencia Londoño vd., 2025).

Aile dayanıklılığı ise bu zorlu koşulları olumlu bir dönüşüme çevirebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Valencia Londoño vd., 2025). Walsh (2006), aile dayanıklılığını bireysel dayanıklılığın salt toplamı olarak değil, aile sisteminin bütününe özgü etkileşim örüntülerinin ürünü olarak kavramsallaştırmıştır. Sistemik aile teorisi çerçevesinde aileler, dışarıdan gelen baskılara karşı kendi iç dengesini korumaya çalışan homeostatis mekanizmalarıyla donatılmış açık sistemler olarak değerlendirilmektedir; ancak aşırı stres koşullarında bu mekanizmalar işlevsizleşebilmektedir.

Travmatik olaylar, toplumsal güveni ve kişilerarası bağları sarsarak aile sisteminin iyileşme mekanizmalarını sekteye uğratabilmektedir (Usluoğlu & Alpay, 2026).

FAAR Modeli: Bileşenler ve İşleyiş Mekanizması

Ailelerin afetler, zorunlu göç ve yıkımlar karşısında verdikleri tepkileri anlamada Aile Uyarlama ve Tepki Modeli (FAAR) temel bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Patterson (1988), ailelerin stresörlerle başa çıkma sürecini talepler, kapasiteler ve anlamlandırma olmak üzere üç temel bileşen üzerinden açıklamaktadır. Model, aileyi dışsal talepler ile içsel kapasiteler arasında denge kurmaya çalışan dinamik bir sistem olarak ele alırken, patoloji odaklı yaklaşımlardan farklı olarak "güç odaklı" bir perspektif sunmasıyla öne çıkmaktadır (Patterson & Garwick, 1994).

Talepler Bileşeni

FAAR Modeli'nde talepler, aile sisteminin dengesini zorlayan normatif ve normatif olmayan stresörler, gerilim birikimleri ve günlük yaşam yüklerini içermektedir (Patterson & Garwick, 1994). 6 Şubat depremleri bağlamında talep boyutu çok katmanlı bir yığılma sergilemektedir. Bu yığılma normatif olmayan (afet, zorunlu göç, ani kayıp) ve normatif (ekonomik baskı, yeniden yerleşme, sosyal uyum) stresörlerin eş zamanlı birikmesinden oluşmaktadır. Aile sisteminde talep boyutunu aşıran bu baskı, kapasite boyutunun yetersiz kalmasıyla birleştiğinde kriz kaçınılmaz hale gelmektedir (Daneshpour, 2017).

Hatay özelinde talep boyutu dört alt stresör kümesiyle özetlenebilir: (1) Ekonomik stresörler — konut kaybı, istihdam yitirilmesi ve yeniden yerleşme maliyetleri; (2) Psikososyal stresörler — kayıp yasları, travma belirtileri ve sosyal ağların çözülmesi; (3) Mekânsal-kimliksel stresörler — yer bağı ve aidiyet kaybı, solastalji; (4) İlişkisel stresörler — rol belirsizliği, iletişim örüntülerinin bozulması ve eş ilişkisindeki gerilimler. Bu dört stresör kümesinin eş zamanlı ve birbirine eklemlenerek birikmesi, zorunlu göç yaşayan ailelerde olağanüstü bir talep yığılması oluşturmaktadır.

Kapasiteler Bileşeni

Kapasiteler, ailenin maddi, sosyal ve psikolojik kaynakları ile bunları kullanmaya yönelik başa çıkma davranışlarını kapsamaktadır (Patterson & Garwick, 1994). Kapasite boyutu iki düzeyde işlemektedir: (1) Bireysel ve aile düzeyinde kapasite — psikolojik esneklik, çift uyumu, iletişim becerileri ve kişisel başa çıkma stratejileri; (2) Sistemik ve toplumsal kapasite — akrabalık ağları, hemşehri toplulukları ve kurumsal hizmetlere erişim.

Zorunlu göç sürecinde aileler arasındaki en belirleyici kapasite farkı; akrabalık ağlarının gücü ve kurumsal hizmetlere erişim düzeyi olup bu faktörler uyum süreçlerini doğrudan şekillendirmektedir (Karazincir, 2024). Hatay'ın toplulukçu aile yapısı, bu ağların göç öncesinde önemli bir kapasite kaynağı oluşturduğunu göstermektedir; ancak göç sonrasında bu ağların çözülmesi, kapasite boyutunda kritik bir kırılma noktası oluşturmaktadır.

Drummond Johansen ve diğerleri (2025), sığınma merkezlerinin kısıtlı bağlamının mülteci ebeveynlerin başa çıkma kapasiteleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, sosyal destek kaybı ve bağlanma sisteminin parçalanmasının (attachment system fragmentation) ailenin kendi kapasitesini kullanarak dış baskılarla baş etme yetisini önemli ölçüde zayıflattığını ortaya koymaktadır.

Anlamlandırma Bileşeni

Anlamlandırma süreci, FAAR Modeli'nin en özgün ve belirleyici bileşenidir; ailenin deneyimi yorumlama biçimini ifade eder (Patterson & Garwick, 1994). Patterson ve Garwick (1994) anlam inşasını üç katmanda ele almaktadır: (1) Durumsal anlam — mevcut kriz koşullarının yorumlanması; (2) Kimliksel anlam — aile kimliğinin bu deneyim çerçevesinde yeniden tanımlanması; (3) Dünya görüşü düzeyinde anlam — temel inanç ve değerlerin sorgulanması veya pekiştirilmesi.

Zorunlu göç yaşayan ailelerin bu üç anlam katmanı eş zamanlı sarsılmaktadır: Mevcut koşullar anlamsız ve kontrol dışı görünebilmekte (durumsal anlam); aile kimliği — özellikle Hatay kimliğine sıkı sıkıya bağlı kolektivist yapılarda — tehdit altına girebilmekte; dünyaya ilişkin temel güven ve adalet inançları sorgulanabilmektedir. Daneshpour'un (2017) vurguladığı üzere, stres anlarında ailenin paylaşılan inanç sistemleri ön plana çıkar; ailenin yaşadığı durumu "büyüme fırsatı" olarak tanımlaması adaptasyon kapasitesini artırırken, olumsuz tanımlamalar krizin derinleşmesine neden olabilir. Tüm bu süreçlerin sonunda aile, işlevselliğin korunduğu "bonadaptasyon" durumuna veya işlevsellik kaybının yaşandığı "maladaptasyon" durumuna ulaşmaktadır (Patterson, 1988; Yuan vd., 2025).

Toplumsal Cinsiyet ve Aile Rolleri: Feminist Afet Çalışmaları Perspektifi

FAAR Modeli'nin kavramsal gücü, toplumsal cinsiyet perspektifiyle birleştirildiğinde önemli ölçüde derinleşmektedir. Feminist afet çalışmaları, afetlerin toplumsal eşitsizlikleri "ortaya çıkaran" değil; var olan eşitsizlikleri daha da pekiştiren ve görünür kılan süreçler olduğunu savunmaktadır (Tosun, 2024; Chen, 2025). Bu perspektife göre afet sonrası aile dinamikleri, nötr bir stres-uyum sürecinden ziyade; önceden var olan güç asimetrisi, ataerkil normlar ve kurumsal pratikler tarafından şekillendirilen toplumsal cinsiyete duyarlı bir süreçtir.

Connell'in (1995) geliştirdiği "hegemonik erkeklik" kavramı, afet sonrası erkek kimliğinin neden bu denli kırılganlık yaşadığını açıklamak için analitik bir araç sunmaktadır. Ekonomik sağlayıcı, koruyucu ve karar alıcı rollerine dayanan hegemonik erkeklik kurgusu, tam da bu rollerin işlevsizleştiği afet koşullarında derin bir kimlik krizine zemin hazırlamaktadır. Bu kriz erkeklerde geri çekilme, agresif tepkiler veya depresif belirtiler biçiminde dışavurulabilmekte ve aile sisteminin iletişim kalıplarını olumsuz etkileyerek FAAR Modeli'ndeki kapasite boyutunu zayıflatmaktadır (Özkan & Kutun, 2021; Usluoğlu, 2025). Kadınlar için ise afet sonrası dönem çelişkili bir deneyim sunmaktadır: Bir yanda artan bakım yükü ve ataerkil kısıtlamalar, öte yanda yeni sorumlulukların beraberinde gelen sınırlı fakat gerçek bir eylem alanı (Chen, 2025). Bu paradoks, FAAR Modeli çerçevesinde "kapasite" kavramının toplumsal cinsiyet boyutunu göz önünde bulundurmadan ele alınmasının yetersiz kalacağını ortaya koymaktadır.

Yer Kimliği, Solastalji ve Aidiyet Kaybı

Zorunlu göçün aile sistemleri üzerindeki etkisini kavramlaştırmada mekânsal-kimliksel boyut, FAAR Modeli'nin talep ve anlamlandırma bileşenlerine önemli bir teorik katkı sunmaktadır. Altman ve Low (1992) tarafından derinlemesine ele alınan yer bağı (place attachment) kavramı, bireylerin ve ailelerin belirli mekânlarla duygusal, bilişsel ve davranışsal bağlar kurduğunu; bu mekânların kimliğin ayrılmaz bir parçası haline geldiğini ortaya koymaktadır. Hatay-Antakya özelinde bu bağ, yalnızca bireysel düzeyde değil; ortak hafıza, kültürel pratikler ve kuşaklar arası aktarım üzerine inşa edilmiş topluluk düzeyinde de işlemektedir.

Albrecht ve diğerleri (2007) tarafından kavramsallaştırılan solastalji (solastalgia), kişinin bağ kurduğu yaşam alanının olumsuz dönüşümünden kaynaklanan varoluşsal acı ve yabancılaşma hissidir. Göç olgusundaki geleneksel "ev özlemi"nden (nostalji) farklı olarak solastalji, kişi hâlâ orada yaşarken ya da bulunduğu yerin yıkıldığını öğrendiğinde deneyimlenen yer duygusu yitimidir. Usluoğlu ve diğerleri (2026), bu kavramı 6 Şubat depremleri bağlamında

Türkiye'ye uyarlamış; mekânsal kimlik kaybının toplumsal hafızayı, sosyal ilişkileri ve kent kimliğini barındıran mekânların yitirilmesini kapsadığını vurgulamıştır (Öcal vd., 2025; Alkan & Özgen, 2025).

Bu teorik genişleme çerçevesinde FAAR Modeli, 6 Şubat depremleri ve Hatay'dan zorunlu göç bağlamında şu şekilde işlevselleştirilmektedir: Talepler boyutunda ekonomik, fiziksel ve mekânsal-kimliksel stresörler; kapasiteler boyutunda toplumsal cinsiyet, sınıf ve ağ erişimine göre farklılaşan kaynaklar; anlamlandırma boyutunda ise solastalji, travma ve kolektif anlam inşası birbiriyle etkileşim içinde aile uyumunu şekillendirmektedir.

Bulgular

6 Şubat 2023 depremleri ve ardından yaşanan zorunlu göç süreci, aile sistemlerinde köklü bir dönüşümü tetiklemiştir. Bu bölümde, literatür taramasından elde edilen bulgular, FAAR (Aile Uyumu ve Adaptasyonu) Modeli'nin üç bileşeni ve araştırma sorularıyla uyumlu biçimde sunulmaktadır.

Araştırma Sorusu 1: Aile Rollerinin Dönüşümü — Talepler ve Kapasiteler

Talep Yığılması: Çok Katmanlı Stresörlerin Etkileşimi

FAAR Modeli'nin talep boyutu açısından değerlendirildiğinde, depremler ve zorunlu göç süreci aile sisteminde birden fazla stresörün birikmesine yol açmıştır. Afetler, mevcut toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini derinleştirmektedir (Tosun, 2024). Ekonomik düzeyde konut ve istihdam kaybı birincil stresörleri oluştururken; fiziksel yıkım göçü tetikleyen temel güç olmuştur (Fırat, 2022; Gökalp Yılmaz & Şikar Turan, 2023). Psikososyal boyutta ise kayıp yasları, travma belirtileri ve sosyal ağların çözülmesi ön plandadır (Arslan, 2025; Taşdelen-Karçkay vd., 2023).

Ailelerin kriz karşısındaki uyumunu belirleyen en kritik unsur "anlamlandırma süreci"dir. Hataylı göç eden depremzedelerin "geçicilik ile kalıcılık" arasında yaşadıkları belirsizlik, sosyokültürel bir yıkım yaratmaktadır (Eraslan, 2024). Bu durum, ailenin kimliğini ve geleceğini nasıl kurguladığıyla ilişkili psikososyal bir süreçtir (Eraslan, 2024).

Erkek Kimliğinin Dönüşümü Geleneksel "ekmek kazanan" erkek rolünün sarsılması, aile sistemlerinde iletişim açığına ve kimlik krizine neden olmaktadır (Özkan & Kutun, 2021; Usluoğlu, 2025; Suna, 2025). Eraslan (2024), erkeklerin çoğunlukla ekonomik gerekçelerle bölgede kalmayı tercih ederek bakım yükünü kadınlara devrettiğini, bazı durumlarda ise bu sürecin aile sorumluluklarından bir "kaçış" zeminine dönüştüğünü belirtmektedir. Bu mekânsal ayrılık, eşler arasında şiddetli çatışmalara ve sosyal kopuşa yol açmıştır.

Bakım Emeği ve Kadınların Üzerine Yığılan Yük Kriz dönemlerinde bakım emeği yükü orantısız biçimde kadınların üzerine yığılmaktadır (Koldaş Mir, 2024; Tosun, 2024). Şener (2024), Ankara'ya göç eden kadınların güvenlik endişeleri ile bakım yüklerinin arttığını vurgulamıştır. Özellikle yüksek kiralar ve yaşlı bakımı nedeniyle geçilen geniş aile düzeni, kadınların üzerindeki yükü katlamıştır (Eraslan, 2024). Ayrıca, Yelda Sevim'in (2024) çalışmasına göre, barınma krizi nedeniyle akraba yanına sığınan ailelerde 9-10 kişiye ulaşan kalabalık yaşam düzeni, mahremiyet kaybına ve ciddi psikolojik yıpranmalara neden olmuştur.

Araştırma Sorusu 2: Anlamlandırma Sürecinin Bonadaptasyon Üzerindeki Rolü

Deneyimi ortak bir sınav olarak çerçeveleyen çiftlerde bonadaptasyon düzeyi yüksekken, durumu salt mağduriyet olarak kodlayan ailelerde ilişkisel kopuş ve psikopatoloji riskleri artmaktadır (Usluoğlu, 2025; Usluoğlu & Alpay, 2026). Özellikle solastalji kavramı bağlamında, bireylerin yer duygusu kaybı sonrası yaşadığı yabancılaşma ile aidiyet arasındaki paradoksal gerilim, ailelerin uyum çabalarını derinden etkilemektedir (Usluoğlu vd., 2026).

Araştırma Sorusu 3: Toplumsal Cinsiyet Rolleri, Gerilim ve Müzakere Alanları

Yelda Sevim'in (2024) sosyolojik araştırması, zorunlu göçün aile içi gerilim ve çatışma noktalarını şu şekilde netleştirmektedir:

- **Aile İçi Çatışma ve Şiddet Dinamikleri:** Zorunlu göç süreci; ekonomik sıkıntılar, yeni düzene uyum sağlama çabası ve "iki arada kalmışlık" hissiyle aile içi çatışmaları tetiklemekte, bu gerilimler boşanma vakalarını artırmaktadır. Sevim'in (2024) bulgularına göre, fiziksel şiddet vakalarından ziyade; eşler arasındaki mekânsal ayrılık, geniş aile üyelerinin (kayınvalide/görümce) müdahaleleri ve sadakatsizlik gibi çatışma nedenleri öne çıkmaktadır.
- **Ekonomik ve Sosyal Kısıtlamalar:** Mal varlığını kaybeden afetzedeler, vasıfsız işlerde çalışmaya mecbur kalmış; kırsal bölgelere göç eden gençlerin eğitim, ulaşım ve sosyalleşme olanakları kısıtlanmıştır. Yeni yerleşimin muhafazakâr yapısı, gençlerin giyim kuşam ve çevreye uyum süreçlerinde dirençle karşılaşmalarına yol açmıştır.
- **Güvenlik ve Kaynaklara Erişim:** Finansal yardımların "aile reisi" üzerinden aktarılması kadınların kaynaklara erişimini kısıtlarken (Paksoy Erbaydar vd., 2025), geçici barınma koşullarındaki mahremiyet eksikliği kadınları ve kız çocuklarını erken yaş evlilikleri gibi riskli başa çıkma stratejilerine itmektedir (Orhan vd., 2023; Polat, 2023).

Tartışma

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 depremleri sonrası Hatay'dan göç eden evli çiftlerin deneyimlerini FAAR Modeli ile kavramsal düzeyde analiz etmiş ve üç araştırma sorusuna yanıt aranmıştır. Bulgular, modelin açıklama gücünü ve müdahale pratiğine yönelik çıkarımları gündeme taşıyan üç temel tema çerçevesinde tartışılmaktadır.

Aile Rollerinin Dönüşümü: Yapısal ve Sistemik Boyutlar

Çalışmanın birinci temel bulgusu, aile rollerinin dönüşümünün çok boyutlu ve toplumsal cinsiyete duyarlı bir perspektifle ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ataerkil yapının görece güçlü olduğu Hatay bağlamında, erkeğin ekonomik sağlayıcı rolünün sekteye uğraması, kadının artan iş yüküyle birleşerek çift ilişkisinde yeni gerilim noktaları üretmektedir. FAAR Modeli çerçevesinde bu durum, hem talep boyutundaki yığılmayı hem de kapasite boyutundaki dengesizliği yansıtmaktadır: Talep boyutunda toplumsal cinsiyet normlarından kaynaklanan yapısal baskılar ekonomik ve psikolojik stresörlere eklenmekte; kapasite boyutunda ise mevcut kaynaklar cinsiyet körü bir dağıtım mantığıyla aktarıldığından aile içindeki fiili kapasite uçurumu büyümektedir.

Bu bulgu, feminist afet çalışmalarıyla güçlü bir şekilde örtüşmektedir. Chen (2025), afetlerin mevcut toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini derinleştirdiğini ve kadınların bakım emeği yüklerini artırdığını belgelemiştir. Benzer süreçler karşılaştırmalı afet literatüründe de belgelenmiş; toplumsal cinsiyet rollerinin afet sonrası dönemde hem pekişip hem de dönüştüğü görülmüştür (Valencia Londoño vd., 2025). Türkiye'ye özgü bir bulgu ise "aile reisi" merkezli yardım dağıtım mekanizmalarının kapasite eşitsizliğini kurumsal düzeyde yeniden ürettiğine işaret etmektedir (Paksoy Erbaydar vd., 2025). Bu bulgu, afet müdahalelerinde toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin yeniden üretilmesini önlemeye yönelik yapısal düzenlemelerin hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Erkek kimliğindeki kriz boyutu da ayrıca ele alınması gereken kritik bir alandır. Connell'in (1995) hegemonik erkeklik kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, ekonomik sağlayıcı rolünün kaybı erkekleri derin bir kimlik krizine sürüklemekte ve bu kriz aile sistemi içinde sessiz bir iletişim çöküşüne zemin hazırlamaktadır (Özkan & Kutun, 2021). Bu dinamik, FAAR Modeli'ndeki anlamlandırma bileşeniyle de doğrudan ilişkilidir: Rolünü kaybeden

erkeğin deneyimi "geçici bir çöküş" olarak mı yoksa "kalıcı bir yenilgi" olarak mı çerçevelediği, aile sisteminin uyum kapasitesini belirleyen kritik bir değişken olmaktadır.

Anlamlandırmanın Belirleyici Rolü ve Solastalji

Çalışmanın ikinci temel bulgusu, anlamlandırmanın uyum sürecindeki anahtar rolüne ilişkindir. Kaynaklar ve başa çıkma stratejileri görece güçlü olsa dahi, deneyimin olumsuz biçimde anlamlandırılması bonadaptasyonu engelleyebilmektedir (Patterson, 1988). Bu bulgu, mevcut literatürle uyumludur: Brik ve Wang (2025), aile kaynaklarının uyum üzerindeki etkisinin anlamlandırma süreciyle arabuluculuk (mediation) ilişkisi içinde olduğunu göstermiştir.

Patterson ve Garwick'in (1994) üç katmanlı anlam çerçevesi — durumsal, kimliksel ve dünya görüşü düzeyinde anlam — Hatay bağlamında özellikle belirleyicidir. Güçlü kolektivist ve mekânsal kimlik yapısına sahip bu toplulukta yaşanan mekânsal kimlik kaybı, çiftlerin anlam üretme kapasitesini birden fazla düzeyde eş zamanlı sarsmaktadır. Bu noktada solastalji kavramı kritik bir analitik araç işlevi görmektedir. Usluoğlu ve diğerlerinin (2026) Türkçe uyarlamasıyla kavramsallaştırılan solastalji, sıradan bir ev özleminin ötesine geçerek varoluşsal bir kimlik krizine dönüşmektedir. Bu bulgu, çalışmanın özgün katkılarından birini oluşturmaktadır: FAAR Modeli'nin standart talep boyutunu, mekânsal-kimliksel kayıp boyutuyla genişletmek, Türkiye bağlamındaki zorunlu göç araştırmalarına kavramsal bir derinlik katmaktadır.

Bu bulgu, ruh sağlığı müdahalelerinde bireysel semptom yönetiminin ötesinde, çiftlerin ortak anlam sistemlerini güçlendirmeyi hedefleyen bilişsel ve anlatısal (narrative) müdahalelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. İleride yürütülecek ampirik çalışmaların, anlamlandırma ve bonadaptasyon arasındaki bu ilişkiyi Türkiye örnekleminde sınaması alana önemli bir katkı sağlayacaktır.

Sosyal Destek Ağlarındaki Eşitsizlik ve Kapasite Kırılganlığı

Çalışmanın üçüncü temel bulgusu, sosyal destek ağlarına erişimdeki eşitsizliğin kapasite boyutunu belirleyici biçimde şekillendirdiğine işaret etmektedir. FAAR Modeli'nde kapasite, aile sisteminin stresörlere karşı koyabilme gücünü temsil etmektedir. Akrabalık ağları, hemşehri toplulukları ve devlet hizmetlerine ulaşım düzeyi, aile kapasiteleri arasındaki en belirleyici farklılık olarak öne çıkmaktadır (Brik & Wang, 2025; Karazincir, 2024).

Hatay'ın geniş aile ve akrabalık ağlarına dayalı kolektivist yapısı, bu ağların göç sürecinde kısmen çözülmesiyle birlikte önemli bir kapasite kaynağını yitirmiştir. Bu kayıp yalnızca maddi destek boyutunda değil; psikolojik dayanışma, ortak anlam üretimi ve pratik başa çıkma stratejileri açısından da kendini göstermektedir. Drummond Johansen ve diğerlerinin (2025) mülteci ebeveynler üzerinde yürüttüğü çalışma, sosyal destek kaybının aile sisteminin homeostatis mekanizmalarını ne ölçüde zayıflattığını belgelemekte ve bu çalışmanın bulgularıyla doğrudan örtüşmektedir.

Solastalji kavramı bu bağlamda değerlendirildiğinde, psikososyal müdahalelerin yalnızca bireyleri değil; toplumsal ağları ve yer bağını da kapsayacak şekilde genişletilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır (Alkan & Özgen, 2025; Öcal vd., 2025; Usluoğlu vd., 2026). Yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının entegrasyon programlarını "topluluk temelli" ve "ağ güçlendirmeyi" merkeze alan bir anlayışla kurgulaması bu doğrultuda kritik bir önem taşımaktadır.

Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar için Öneriler

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Her şeyden önce, kavramsal-analitik bir desen benimsendiğinden bulgular doğrudan ampirik veriye dayanmamaktadır. Ayrıca Hatay özeline odaklanılması, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Bununla birlikte kavramsal

çalışmalar, ampirik araştırmalar için zemin hazırlama işleviyle bilimsel bilgi üretimine özgün katkılar sunmaktadır.
Gelecekteki çalışmaların nitel ve karma yöntemlerle Hatay'dan göç eden çiftlerle doğrudan görüşmeler gerçekleştirmesi; bu kavramsal çerçeveyi ampirik bulgularla sınaması ve farklı bölgelerden gelen ailelerle karşılaştırmalı analizler yürütmesi önerilmektedir. Özellikle anlamlandırma süreci ile bonadaptasyon arasındaki ilişkinin nicel ölçümlerle sınanması; toplumsal cinsiyet, sınıf ve etnisite gibi kesişen eşitsizlik eksenlerini kapsayan kesişimsel (intersectional) bir analiz çerçevesinin geliştirilmesi alan için değerli katkılar sunacaktır.

Sonuç

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 depremleri sonrası Hatay'dan büyük şehirlere zorunlu göç etmek durumunda kalan evli çiftlerin aile rolü dönüşümünü FAAR Modeli'nin üç bileşeni — talepler, kapasiteler ve anlamlandırma — çerçevesinde kavramsal düzeyde analiz etmiştir.
Birinci araştırma sorusu bağlamında: Zorunlu göç, aile sisteminde talep yığılması (ekonomik, psikososyal ve mekânsal-kimliksel) ile kapasite aşınmasının (sosyal ağ çözülmesi, kurumsal destek yetersizliği) eş zamanlı yaşandığı karmaşık bir rol dönüşümü sürecini tetiklemektedir. Geleneksel toplumsal cinsiyet rolleri bu süreçte hem baskı kaynağı hem de kırılganlık faktörü olarak işlev görmektedir.
İkinci araştırma sorusu bağlamında: Anlamlandırma süreci — özellikle mekânsal kimlik kaybı ve solastalji ekseninde — bonadaptasyon ya da maladaptasyona gidişi belirleyen kritik bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Deneyimi ortak bir sınav olarak çerçeveleyen aileler görece bonadaptasyona yaklaşırken; salt kayıp ve mağduriyet perspektifinden değerlendirenlerde maladaptasyon riski belirgin biçimde artmaktadır.
Üçüncü araştırma sorusu bağlamında: Toplumsal cinsiyet rolleri ekonomik kimlik, bakım emeği ve güvenlik eksenlerinde üç temel gerilim ve müzakere alanı üretmektedir. Bu alanlar aile sisteminin kapasite dengesi üzerinde doğrudan belirleyici olmakta; cinsiyet körü müdahale yaklaşımları bu eşitsizlikleri derinleştirme riskini barındırmaktadır.
Afet sonrası destek politikaları, yalnızca fiziksel yeniden yapılanmayı değil; eş ilişkisi ve aile rollerinin dönüşümünü de kapsayan psikososyal boyutları gözetmek durumundadır. Bu doğrultuda önerilen müdahaleler üç eksende şekillenebilir:

4. **Kapasite güçlendirme:** Kadınların bakım yükünü hafifleten pratik desteklerin yaygınlaştırılması, finansal yardımların cinsiyete duyarlı mekanizmalarla aktarılması ve akrabalık ağlarının çözüldüğü göç ortamlarında topluluk temelli destek ağlarının kurulması.
5. **Anlam odaklı müdahale:** Geleneksel erkek kimliğinin dönüşümünü olumlu biçimde kolaylaştıran psikososyal programların geliştirilmesi, çift ve aile düzeyinde bilişsel-anlatısal müdahalelerin hayata geçirilmesi ve solastaljiyle başetmeyi destekleyen kültürel bellek ve topluluk kimliği pratiklerinin güçlendirilmesi.
6. **Yapısal eşitsizlikle mücadele:** Karar alma mekanizmalarına kadınların eşit katılımını güvence altına alan politikaların benimsenmesi ve geçici barınma koşullarında cinsiyet temelli şiddeti önleyici önlemlerin sistematik biçimde uygulanması.

FAAR Modeli, bu bütüncül yaklaşım için sağlam bir teorik zemin sunmaktadır. Feminist afet çalışmaları ve yer kimliği teorisiyle zenginleştirildiğinde model, Türkiye bağlamındaki afet araştırmalarına özgün bir kavramsal katkı sunmakta; ileride gerçekleştirilecek nitel ve karma yöntemli araştırmalar için kapsamlı bir rehber işlevi görmektedir.

Kaynakça

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2014). *Afet yönetimi terimleri sözlüğü*. AFAD Yayınları.

Akyıldız, N. A., & Sığın, A. (2024). 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinde Türk aile yapısı: Geleneksel kodların yükselişi. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi, 12*(39), 117–134. https://doi.org/10.33692/avrasyad.1416663

Alkan, S., & Özgen, N. (2025). Deprem alanlarının yeniden inşasında yer duygusunun etkisi: 6 Şubat 2023 depremleri örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25*(1), 103–130. https://doi.org/10.18037/ausbd.1549515

ARSLAN, F. S. (2025). *6 Şubat depremlerinin uzun dönemli psikopatolojik görünümü* (Tez No. 943376) [Doktora tezi, ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Babat, S., & Baran, G. (2026). Depremin ailede yarattığı psikososyal ve yapısal değişimler: Hatay örneği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 16*(3), 69–91.

Brik, A. B., & Wang, Y. (2025). Family resources, resilience beliefs, and parental adaptation: A moderated mediation analysis. *Family Process, 64*(1), e13067. https://doi.org/10.1111/famp.13067

Canbulut, T., & Eraslan, Y. (2025). Sonrasında göç deprem tercihleri ile mekân ve kültür yardımları: Hatay örneğinde göç edenler, geri dönenler ve kalanlar. *Alternatif Politika, 17*(3), 455–480.

Chen, R. (2025). Gendered vulnerabilities and capacities in disaster response and recovery: A case study of the 2015 Nepal earthquake. *Journal of International Economics and Global Governance, 2*(2), 22–37. https://doi.org/10.12414/jiegg.250450

Connell, R. W. (1995). *Masculinities*. University of California Press.

COŞKUN, H. A. (2024). *6 Şubat 2023 Hatay-Antakya depremlerinin psikososyal yansımaları* (Tez No. 904880) [Yüksek lisans tezi, VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri raporu*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Daneshpour, M. (2017). Examining family stress: Theory and research. *Quarterly of Clinical Psychology Studies, 7*(28), 1–7.

Drummond Johansen, J., Varvin, S., & Sagbakken, M. (2025). Family life under strain: The impact of forced migration on refugee parenting in reception centers. *Frontiers in Psychology, 16*, Article 1554692. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1554692

Eraslan, A. (2024). Geçicilik ve kalıcılık arasında: 6 ve 20 Şubat 2023 depremlerinden sonra Hatay sakinlerinin zorunlu göç deneyimi. *Folklor / Edebiyat, 30*(4/1), 120–145. https://doi.org/10.22559/folklor.3821

Evrensel. (2026, 6 Şubat). Toplum Çalışmaları Enstitüsü paylaştı: 6 Şubat sonrası göç 5 kat arttı. *Evrensel*. https://www.evrensel.net/haber/5969324

Fırat, M. (2022). [LÜTFEN TAMAMLAYINIZ: Başlık, dergi adı, cilt, sayı ve sayfa bilgilerini ekleyiniz].

Gökalp Yılmaz, G., & Şikar Turan, A. (2023). Afetlerin etkilerinin zorunlu göç bağlamında incelenmesi: 2023 Kahramanmaraş depremi. *Afet ve Risk Dergisi, 6*(4), 1247–1268. https://doi.org/10.35341/afet.1290767

Karazincir, S. E. (2024). Deprem ve göç ilişkisi. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15*(1), 366–383.

KİPALEV TAN, H. İ. (2025). *6-20 Şubat 2023 depremleri sonrası Antakya'dan zorunlu göç ve mekân-kimlik ilişkisinin incelenmesi* (Tez No. 962182) [Yüksek lisans tezi, HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Koldaş Mir, S. (2024). Afetlerde kadın sağlığı ve sosyal destek. İçinde *Afetlerde kadın ve çocuk sağlığı* (ss. 171–190). Özgür Yayınları. https://doi.org/10.58830/ozgur.pub784.c3289
McCubbin, H. I., & Patterson, J. M. (1983). The family stress process: The Double ABCX Model of adjustment and adaptation. *Marriage and Family Review, 6*(1–2), 7–37. https://doi.org/10.1300/J002v06n01_02
Öcal, A., Armağan, V., & Yüce, S. (2025). 6 Şubat depremine solastalji kavramı üzerinden bakmak: Kahramanmaraş ili örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 48*, 377–400. https://doi.org/10.18092/ulikidince.1686631
Orhan, İ., Ünal, E., & Ağralı, C. (2023). Afetlerde kadına yönelik şiddet ve hemşirelik yaklaşımları. İçinde N. Ulutaşdemir & M. K. Aykut (Ed.), *Afetlerde kadın ve çocuk sağlığı* (ss. 29–50). Iksad Publishing House.
Ökten Sipahioğlu, [İsim]. (2024). [LÜTFEN TAMAMLAYINIZ: Yazar adı, başlık ve yayın bilgilerini ekleyiniz].
Özkan, B., & Kutun, F. Ç. (2021). Afet psikolojisi. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 8*(3), 249–256.
Paksoy Erbaydar, N., Ar Mutlu, N. D., İnal Önal, E., & Yalçın, G. (2025). *Afet yönetimi ve toplumsal cinsiyet eşitliği: Haritalama ve izleme çalışması*. CEİD Yayınları.
Patterson, J. M. (1988). Families experiencing stress: The Family Adjustment and Adaptation Response Model. *Family Systems Medicine*, *6*(2), 202–237.
Patterson, J. M., & Garwick, A. W. (1994). Levels of meaning in family stress theory. *Family Process, 33*(3), 287–304.
Polat, F. (2023). Afetlerde cinsel sağlık ve üreme sağlığı. İçinde N. Ulutaşdemir & M. K. Aykut (Ed.), *Afetlerde kadın ve çocuk sağlığı* (ss. 65–88). Iksad Publishing House.
Sevim, Y. (2024). Deprem nedeniyle zorunlu göçe maruz kalan bölgelerin üzerine yapılan bir araştırma. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi, 12*(40), 297–330. https://doi.org/10.33692/avrasyad.1492561
SUNA, S. (2024). *Doğal afet kaynaklı göçlerin sosyo-ekonomik etkisi: 6 Şubat depremleri örneği* (Tez No. 922069) [Yüksek lisans tezi, KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.
ŞENER, Z. (2024). *6 Şubat depremleri sonrası Ankara'ya göç eden kadınların toplumsal cinsiyet bağlamında deneyim ve ihtiyaçları* (Tez No. 895383) [Yüksek lisans tezi, HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.
.
Taşdelen-Karçkay, A., Alkan, D., & Toprak, B. (2023). Doğal afet bağlamında aile sistemi: Aile ilişkileri, risk ve koruyucu faktörler, aile psikolojik danışmanlığı. *Aile Psikolojik Danışmanlığı Dergisi, 6*(2), 75–96. https://doi.org/10.58434/apdad.1298057
Tekin, B. Z., & Gökçe, A. (2024). 6 Şubat deprem afetinin aile ve sosyal ilişkilere etkisi üzerine nitel bir analiz. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi, 8*(3), 789–813.Toplum Çalışmaları Enstitüsü. (2026). *6 Şubat depremlerinin nüfus üzerindeki etkisi ve göç hareketleri* [İnfografik]. https://www.toplumdernegi.org
Tosun, M. (2024). Afetler ve toplumsal cinsiyet sorunu: Kadınların afetlerdeki rolü ve eşitsizlikler. *KADEM Kadın Araştırmaları Dergisi, 10*(2), 581–614.
Usluoğlu, F. (2025). Relationships between executive function, mentalization and earthquake-related stress reactions in adults. *BMC Psychology, 13*(1), Article 1050.
Usluoğlu, F., & Alpay, E. H. (2026). Correlates of post-traumatic growth after the 2023 Türkiye earthquake: The role of posttraumatic stress symptoms, prolonged grief, and world assumptions. *Clinical Psychologist*, 1–12.

Usluoglu, F., & Atılgan, G. (2025). Experiences of Amputees Living in Containers Following the February 6 Kahramanmaraş-Centered Earthquake. Journal of Loss and Trauma, 1-24.
Usluoğlu, F., Şimşek, M., & Cokluk, G. F. (2026). Validity and reliability of the Turkish version of the Solastalgia Scale (SOS). *EcoHealth*. https://doi.org/10.1007/s10393-026-01774-w
Valencia Londoño, P. A., Trujillo Orrego, S. P., Duque Monsalve, L. F., & Giraldo Cardona, L. S. (2025). Factor structure and reliability of the Family Resilience Scale (FRAS): Adaptation with Colombian families exposed to stressful events. *Frontiers in Psychology, 16*, Article 1568139. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1568139
Varol, N., & Gültekin, T. (2016). Etkin bir göç faktörü: Afetler. *Antropoloji Dergisi*, (32), 43–51.Varışlı,
B., & Kurdoğlu, İ. (2025). Aile bağları, din ve sosyal sermaye: Asrın afeti belgeseli üzerinden 6 Şubat depremlerine dair bir değerlendirme. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 25*(68), 869–912. https://doi.org/10.21560/spcd.vi163304778
Walsh, F. (2006). *Strengthening family resilience* (2. baskı). Guilford Press.World Health Organization. (2022). *Health emergency and disaster risk management framework*.
Yuan, L., Du, Y., Gao, Y., Wang, W., Wang, J., Wang, Y., Yang, J., Wang, X., & Li, H. (2025). The role of parenting stress and perceived social support in affecting family function among families of patients with cleft lip and/or palate: A path analysis based on the family adjustment and adaptation response model. *BMC Oral Health, 25*(1), Article 454. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05846-1

ODYOLOJİ TEMELLİ DUYU BÜTÜNLEME YAKLAŞIMLARINDA YAPAY ZEKA DANIŞMANLIĞI: CHATGPT YANITLARININ KLİNİK DOĞRULUK VE TUTARLILIK ANALİZİ

Doç. Dr. Banu BAŞ
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye
,**ORCID:** 0000-0002-2521-4545
Emine Nur ATEŞ
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Bölümü, Ankara**,** Türkiye
ORCID: 0009-0002-8613-6306

ÖZET
İşitsel algı ve duyu bütünleme süreçleri, bireyin çevresel uyaranları anlamlandırması ve organize etmesi açısından nörobiyolojik temelli kritik mekanizmalardır. Günümüzde yapay zekâ tabanlı bilgi sistemlerinin sağlık bilimleri alanında yaygınlaşmasıyla birlikte özellikle odyoloji temelli duyu bütünleme ve işitsel rehabilitasyon alanlarında sunulan bilgilerin doğruluğu ve klinik uygulanabilirliği önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu bağlamda çalışma, ChatGPT'nin bu süreçlere ilişkin temel ve klinik içerikli sorulara verdiği yanıtların bilimsel geçerliliğini ve iç tutarlılığını analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında; kuramsal bilgi, klinik değerlendirme ve müdahale yaklaşımlarını içeren 10 spesifik soru ChatGPT'ye yöneltilmiş; zamansal tutarlılığı analiz etmek amacıyla aynı sorular 48 saat arayla tekrarlanmıştır. Sistemin ürettiği yanıtlar, alanında uzman iki odyolog tarafından bilimsel doğruluk, klinik geçerlilik, kapsam derinliği ve tutarlılık kriterleri üzerinden 5'li Likert ölçeği ile bağımsız olarak değerlendirilmiş; uzmanlar arası uyum ise Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda ChatGPT'nin genel performans ortalaması 3,34±0,58 olarak saptanmış; en yüksek puan bilimsel doğruluk (3,75±0,58) parametresinde görülürken, en düşük puan tutarlılık (3,05±0,55) parametresinde kaydedilmiştir. Modelin temel kavramsal tanımlamalarda yüksek ve istikrarlı performans sergilediği, ancak derinlemesine sentez gerektiren kompleks sorularda uzman değerlendirmelerinin daha değişken bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Uzmanlar arası uyum katsayılarının 0,51 ile 0,82 ($p < 0,05$) arasında değişmesi, değerlendirmeler arasında orta ve iyi düzeyde bir görüş birliği olduğunu kanıtlamıştır. Sonuç olarak ChatGPT'nin, özellikle multisensoriyel entegrasyon ve duyusal modülasyon gibi alanlarda bilimsel açıdan kabul edilebilir ve kavramsal bütünlüğü yüksek yanıtlar üretebildiği; odyoloji temelli eğitim ve teorik bilgi sunumu süreçlerinde destekleyici bir araç olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: ChatGPT, Yapay zekâ, Odyoloji, İşitsel algı, İşitsel işlemleme, Duyu bütünleme, Yanıt doğruluğu, Tekrarlanabilirlik

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADVISORY IN AUDIOLOGY-BASED SENSORY INTEGRATION APPROACHES: CLINICAL ACCURACY AND CONSISTENCY ANALYSIS OF CHATGPT RESPONSES

ABSTRACT

Auditory perception and sensory integration processes are critical neurobiological mechanisms for an individual to interpret and organize environmental stimuli. With the increasing prevalence of artificial intelligence-based information systems in health sciences, the accuracy and clinical applicability of information provided in audiology-based sensory integration and auditory rehabilitation have become significant research topics. In this context, the study aims to analyze the scientific validity and internal consistency of responses provided by ChatGPT, an AI-based language model, to fundamental and clinical questions regarding these processes. Within the scope of the research, 10 specific questions covering theoretical knowledge, clinical assessment processes, and intervention approaches were directed to ChatGPT; the same questions were repeated 48 hours later to analyze temporal consistency. The responses generated by the system were independently evaluated by two expert audiologists using a 5-point Likert scale based on the criteria of scientific accuracy, clinical validity, depth of coverage, and consistency. Inter-rater reliability was analyzed using the Intraclass Correlation Coefficient (ICC). The analysis revealed that ChatGPT's overall performance average was 3.34±0.58. In the parameter-based examination, the highest score was observed in scientific accuracy (3.75±0.58), while the lowest score was recorded in consistency (3.05±0.55). It was determined that the model exhibited high and stable performance in basic conceptual definitions, whereas expert evaluations showed a more variable distribution in complex questions requiring in-depth synthesis. The inter-rater agreement coefficients ranging between 0.51 and 0.82 ($p < 0.05$) proved a moderate to good level of consensus among the evaluators. In conclusion, it is evaluated that ChatGPT can produce scientifically acceptable responses with high conceptual integrity, particularly in areas such as multisensory integration and sensory modulation, and can be utilized as a supportive tool in audiology-based education and theoretical knowledge delivery processes.

Keywords: ChatGPT, Artificial intelligence, Audiology, Auditory perception, Auditory processing, Sensory integration, Response accuracy, Repeatability

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun dış dünyayı anlamlandırmasında en temel kanallardan biri olan işitsel algı, yalnızca sesin fiziksel olarak iletimini değil, bu sinyallerin merkezi sinir sisteminde işlenerek anlamlı birer veriye dönüşmesini kapsayan karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin ayrılmaz bir parçası olan duyu bütünleme ise bireyin çevresinden gelen duyusal uyaranları organize ederek vücudunu çevreye uyumlu bir şekilde kullanabilmesini sağlayan kritik bir nörobiyolojik mekanizmadır (Lane, Mailloux ve Schoen, 2019). İşitsel algı ve duyu bütünleme süreçlerinde karşılaşılan zorluklar, bireyin sosyal etkileşiminden akademik başarısına kadar geniş bir yelpazede kısıtlılıklara yol açabilmekte; bu durum ise kanıta dayalı işitsel müdahale stratejilerinin ve doğru bilgiye erişimin önemini her geçen gün artırmaktadır (Sharma, Purdy ve Kelly, 2009; Drosos ve ark., 2024).

Günümüzde dijitalleşme ve yapay zeka teknolojilerinin sağlık bilimlerine entegrasyonu, bilgiye erişim kanallarını kökten değiştirmektedir. Özellikle OpenAI tarafından geliştirilen yapay zeka tabanlı bir platform olan ChatGPT, sağlık alanında hızlı, erişilebilir ve kapsamlı bir bilgi kaynağı olma potansiyeliyle büyük dikkat çekmektedir (Cascella, Montomoli ve

Bignami, 2023). Karmaşık verileri sentezleme ve kullanıcı dostu bir dille sunma yeteneği, ChatGPT'yi hem uzmanlar hem de hastalar için önemli bir dijital yardımcı haline getirmektedir (Patel, Lam ve Liebrenz, 2023). Ancak, klinik müdahale protokollerinin ve multidisipliner yaklaşımın esas olduğu alanlarda, bu modellerin ürettiği içeriklerin akademik geçerliliği ve klinik protokollerle uyumu halen bilimsel olarak test edilmesi gereken bir alandır.

Literatürde yapılan güncel çalışmalar, ChatGPT'nin tıbbi sorgularda genel bir çerçeve sunma ve karmaşık kavramları basitleştirme konusunda başarılı olduğunu göstermektedir (Kung ve ark., 2023). Bununla birlikte; işitsel algı, duyu bütünleme ve işitsel müdahale süreçleri gibi spesifik uzmanlık, derinlemesine bilgi sentezi ve klinik perspektif gerektiren alanlarda, sistemin sağladığı yanıtların "güncellik" ve "bilimsel tutarlılık" açısından belirli varyasyonlar gösterebildiği bildirilmektedir (Icoz ve Parlak Kocabay, 2025). Yapay zekanın sağladığı bilgilerin bilimsel kanıt düzeyi ile klinik uygulama prensipleri arasındaki uyumun incelenmesi, bu teknolojinin sağlık hizmetlerine güvenli ve etkili bir şekilde entegre edilebilmesi için kritik bir öneme sahiptir (Cornelio, Velasco ve Obrist, 2021; Javaid, Haleem ve Singh, 2023).

Bu çalışma; ChatGPT'nin işitsel algı, duyu bütünleme ve işitsel müdahale stratejileri gibi uzmanlık gerektiren alanlarda ürettiği yanıtların doğruluğunu ve farklı sorgu senaryolarındaki tutarlılığını analiz etmek üzere tasarlanmıştır. Teknolojinin klinik süreçlerdeki rolünün arttığı bu dönemde, dijital danışmanlık araçlarının mevcut kapasitesini ve gelişim alanlarını belirlemek; hem profesyonellere rehberlik etmek hem de rehabilitasyon hizmetlerinin kalitesini artırmak adına stratejik bir değer taşımakta ve bu doğrultuda gelecek vizyonuna katkı sunması hedeflenmektedir (Kaipa ve Danser, 2016; Sallam, 2023).

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Tasarımı ve Etik Beyan

Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı bir dil modelinin verdiği yanıtların değerlendirilmesine yönelik olarak tasarlanmış tanımlayıcı ve metodolojik bir araştırmadır. Çalışmada insan katılımcı veya hasta verisi kullanılmamış olup yalnızca araştırmacılar tarafından oluşturulan sorulara verilen yapay zekâ yanıtları analiz edilmiştir. Bu nedenle çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir. Çalışma sürecinde herhangi bir kişisel veri kullanılmamış ve tüm değerlendirmeler bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2. Veri Setinin (Soru Havuzunun) Yapılandırılması

Çalışma kapsamında, ChatGPT'nin odyolojik bilgi düzeyini ve klinik danışmanlık yetkinliğini ölçmek amacıyla; güncel literatür, uluslararası klinik uygulama kılavuzları ve ulusal odyoloji çekirdek eğitim programları temel alınarak 10 soruluk özgün bir soru seti yapılandırılmıştır. İçerik geçerliliğinin sağlanmasında American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) başta olmak üzere uluslararası otoritelerin önerileri ve disiplinlerarası protokoller dikkate alınmıştır (Alanazi, 2023; Micallef, 2015; Liu ve ark., 2021).

2.3. Veri Toplama Protokolü ve Model Parametreleri

Tüm sorular, GPT-5.3 modeline Mayıs 2026 tarihinde, varsayılan parametreler kullanılarak yöneltilmiştir. Yanıtların kararlılığını ve tekrarlanabilirliğini ölçmek amacıyla, aynı soru seti 48 saat arayla ikinci bir oturumda yeniden sorgulanmış ve her iki oturumdan elde edilen çıktılar dijital olarak kayıt altına alınmıştır (Icoz ve Parlak Kocabay, 2025).

2.4. Ölçme Araçları ve Değerlendirme Metrikleri

ChatGPT tarafından üretilen yanıtlar, literatürdeki güncel klinik kılavuzlar baz alınarak dört temel metrik üzerinden değerlendirilmiştir:

- **Doğruluk:** Bilimsel verilerle uygunluk düzeyi.
- **Kapsam Derinliği:** Konunun derinliği ve eksiksiz ele alınması.
- **Klinik Uygunluk:** Pratikte uygulanabilirlik ve hasta güvenliği.
- **Tutarlılık:** Farklı zamanlarda verilen yanıtlar arası benzerlik. Her bir metrik, 5'li Likert ölçeği (1: Yetersiz, 5: Çok İyi) kullanılarak skorlanmıştır (Ayers, Poliak ve Dredze, 2023).

2.5. Uzman Paneli ve Puanlama Prosedürü

Değerlendirme süreci, odyoloji alanında klinik ve akademik tecrübesi bulunan 2 bağımsız uzman odyolog tarafından yürütülmüştür. İki farklı zaman diliminde alınan yanıtlar, tutarlılık analizi için karşılaştırmalı olarak puanlanmıştır (Konopka ve ark., 2024; Camarata, Miller ve Wallace, 2020).

2.6. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılım durumuna göre tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum-maksimum değerler veya medyan ve çeyrekler arası genişlik) kullanılmıştır. Uzmanlar arası puanlama uyumunu ve verilerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla 'Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı' (Intraclass Correlation Coefficient - ICC) analizi uygulanmıştır. Analiz sürecinde 'Two-Way Mixed Effects' modeli ve 'Absolute Agreement' tanımı kullanılarak her bir parametre için istatistiksel uyum düzeyleri saptanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3.BULGULAR

Çalışma kapsamında elde edilen veriler; genel performans skorları, parametre bazlı analizler, uzman görüşleri ve değerlendiriciler arası uyum düzeyleri çerçevesinde detaylandırılmıştır.

3.1.Tanımlayıcı İstatistikler ve Parametre Analizi

ChatGPT tarafından üretilen yanıtların uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeleri sonucunda, modelin genel performans ortalaması 3,34±0,58 olarak saptanmıştır. Bu skor, modelin odyoloji temelli duyu bütünleme konularında genel olarak "yeterli" seviyede bilgi sunabildiğini göstermektedir. Değerlendirme sürecinde kullanılan ana parametrelere ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 1**'de detaylandırılmıştır.

Tablo1. Değerlendirme parametrelerine ilişkin ortalama puanlar (Ort+-SS)

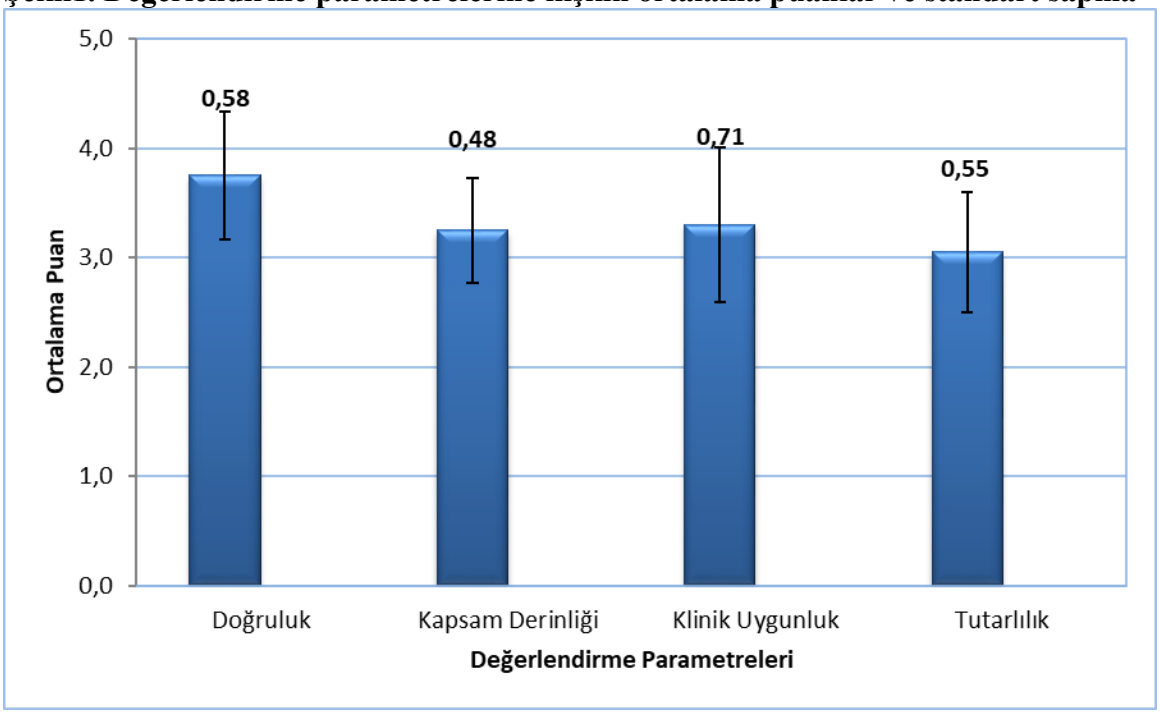
Değerlendirme Parametresi	Ortalama ± SS
Doğruluk	3,75±0,58
Kapsam Derinliği	3,25±0,48
Klinik Uygunluk	3,3±0,71
Tutarlılık	3,05±0,55

Not: Puanlar 1-5 Likert ölçeğine göre değerlendirilmiştir.

Parametrelerin dağılımı incelendiğinde; modelin en güçlü performansını Doğruluk alanında sergilediği, en düşük puanın ise yanıtlar arasındaki varyasyondan kaynaklı olarak Tutarlılık

parametresinde toplandığı görülmektedir. Bu verilerin görsel dağılımı **Şekil1**' de gösterilmiştir.

Şekil1. Değerlendirme parametrelerine ilişkin ortalama puanlar ve standart sapma



3.2. Uzman Görüşleri ve Nitel Gözlemler

Değerlendirme sürecinde uzmanların düşük puan (2 puan) verdiği yanıtlara ilişkin sundukları gerekçeler, modelin temel limitasyonlarını ortaya koymuştur. Bu kapsamda, düşük puanlı değerlendirmelerin arka planındaki nedenler iki ana tema altında yapılandırılmıştır

- **Bağlam Kayması ve Farklı Anlayış:** Bazı sorularda modelin, odyolojik terminolojiyi klinik bağlamından koparark genel sözlük anlamıyla veya farklı disiplinlerin perspektifiyle açıkladığı uzmanlarca not edilmiştir.
- **Bilimsel Hata:** Düşük puan alan kısıtlı sayıdaki yanıtta, doğrudan literatürle çelişen veya güncel klinik rehberlerle örtüşmeyen hatalı eşleşmeler saptanmıştır.

Buna karşın, temel kavramsal tanımlamalar ve doğrudan bilgi aktarımı gerektiren sorularda modelin oldukça yüksek ve istikrarlı bir performans sergilediği; ancak derinlemesine sentez ve çok boyutlu klinik yorumlama gerektiren sorularda uzman puanlamalarının daha değişken bir dağılım gösterdiği saptanmıştır.

3.3. Uzmanlar Arası Uyum Analizi (ICC)

Değerlendiriciler arası puanlama uyumunu ve verilerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla yapılan Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (Intraclass Correlation Coefficient - ICC) analizleri sonucunda, parametre bazlı uyum düzeyleri şu şekilde saptanmıştır:

- **Bilimsel Doğruluk:** Değerlendiriciler arası bilimsel doğruluk düzeyini belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda, Tekil Ölçümler katsayısı 0,64 olarak saptanmıştır (ICC(2,1)=0,64, 95\% CI [0,05–0,90], p=0,020). Elde edilen bu değer,

uzman puanlamaları arasında orta düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır.

- **Kapsam Derinliği:** Kapsam derinliğine ilişkin uzmanlar arası uyum analizi sonucunda Tekil Ölçümler katsayısı 0,51 olarak saptanmıştır (ICC(2,1)=0,51, 95\% CI [-0,16–0,85], p=0,062). Elde edilen bu değer, uzman puanlamaları arasında orta düzeyde bir uyum olduğunu göstermektedir. Ancak bu uyum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).
- **Klinik Uygunluk:** Değerlendiriciler arası uyumu belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda, Tekil Ölçümler (Single Measures) bazında ICC değeri 0,82 olarak hesaplanmıştır (ICC(2,1)=0,82, 95\% CI [0,46–0,95], p=0,001). Elde edilen bu değer, uzmanlar arasında iyi düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır.
- **Tutarlılık:** Değerlendiriciler arası tutarlılık düzeyini belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda, Tekil Ölçümler katsayısı 0,60 olarak saptanmıştır (ICC(2,1)=0,60, 95\% CI [-0,02–0,88], p=0,031). Elde edilen bu değer, uzman puanlamaları arasında orta düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır.
- **Genel Performans (Ortalama):** Tüm parametrelerin genel değerlendirmesi baz alındığında, uzmanlar arası uyum katsayılarının literatürle uyumlu şekilde anlamlı bir dağılım sergilediği görülmüştür (p < 0,05).

4.TARTIŞMA

Bu çalışmada, ChatGPT'nin odyoloji temelli duyu bütünleme alanındaki bilgi üretim kapasitesi; doğruluk, kapsam derinliği, klinik uygunluk ve tutarlılık parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, modelin genel performans ortalamasının 3,34±0,58 olduğunu ve odyoloji temelli duyu bütünleme konularında genel olarak yeterli düzeyde bilgi sunabildiğini göstermiştir. Bu sonuç, yapay zekâ tabanlı dil modellerinin temel kavramsal bilgilerin aktarılması ve teorik açıklamaların sunulmasında etkili araçlar olabileceğini düşündürmektedir (**Javaid ve ark., 2023; Sallam, 2023**).

Çalışmada en yüksek puanın doğruluk parametresinde (3,75±0,58) elde edilmesi, modelin işitsel algı, duyusal modülasyon, multisensoriyel entegrasyon ve merkezi işitsel işlemleme gibi temel kavramlara ilişkin güncel literatürle büyük ölçüde uyumlu açıklamalar üretebildiğini göstermektedir. Bu bulgu, büyük dil modellerinin geniş veri tabanlarından öğrenilmiş bilgileri sentezleyerek kullanıcıya anlaşılır ve yapılandırılmış biçimde sunabildiğini bildiren önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (**Kung ve ark., 2023; Ayers ve ark., 2023**). Özellikle tanımsal ve kavramsal bilgi gerektiren sorularda modelin daha başarılı performans göstermesi, eğitim ve bilgiye erişim süreçlerinde potansiyel bir destek aracı olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır (**Sallam, 2023**).

Buna karşın, en düşük puanın tutarlılık parametresinde (3,05±0,55) elde edilmesi dikkat çekicidir. Aynı soru setinin farklı zamanlarda yeniden yöneltilmesine rağmen bazı yanıtlarda ifade biçimi, içerik derinliği ve vurgu noktalarının değişiklik göstermesi, üretken yapay zekâ sistemlerinin olasılıksal dil üretim mekanizmalarıyla ilişkili olabilir. Bu durum, temel bilgi düzeyinde doğru yanıtlar üretilebilmesine rağmen yanıtların her zaman aynı yapı ve ayrıntı düzeyinde sunulamayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla yapay zekâ tarafından üretilen bilgilerin özellikle akademik ve klinik amaçlarla kullanılması durumunda uzman değerlendirmesiyle desteklenmesi önem taşımaktadır (**Cascella ve ark., 2023; Icoz ve Parlak Kocabay, 2025**).

Kapsam derinliği (3,25±0,48) ve klinik uygunluk (3,30±0,71) puanlarının orta düzeyde bulunması, modelin temel kavramsal açıklamalarda başarılı olmasına rağmen daha karmaşık ve çok boyutlu yorumlama gerektiren konularda sınırlılıklar gösterebildiğini düşündürmektedir. Uzman değerlendirmelerine göre düşük puanların başlıca nedenleri arasında bağlam kayması ve farklı disiplinlere ait kavramların odyolojik çerçeve dışında yorumlanması yer almaktadır. Bunun yanı sıra, bazı yanıtlarda güncel literatür ve klinik rehberlerle tam olarak örtüşmeyen bilimsel hatalar saptanmıştır. Bu bulgular, yapay zekâ sistemleri tarafından üretilen bilgilerin doğrulanmasının önemini ve uzman denetimine duyulan gereksinimi ortaya koymaktadır (Patel ve Lam, 2023; Sallam, 2023).

Değerlendiriciler arası uyum analizleri incelendiğinde, klinik uygunluk parametresinde iyi düzeyde uyum (ICC=0,82), diğer parametrelerde ise orta düzeyde uyum elde edilmiştir. Bu bulgular, uzmanların ChatGPT yanıtlarına ilişkin değerlendirmelerinde genel olarak benzer görüşler sergilediğini ve çalışmada kullanılan değerlendirme yaklaşımının kabul edilebilir düzeyde güvenilir sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Özellikle klinik uygunluk alanında elde edilen yüksek ICC değeri, uzmanların klinik açıdan uygunluk değerlendirmelerinde ortak ölçütler üzerinden karar verdiklerini düşündürmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle değerlendirme yalnızca on soruluk bir soru havuzu üzerinden gerçekleştirilmiş olup, farklı soru tipleri ve daha geniş içerik alanları kullanıldığında farklı sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca çalışma yalnızca tek bir yapay zekâ modeli üzerinden yürütülmüş ve yanıtlar iki uzman tarafından değerlendirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı yapay zekâ sistemlerinin karşılaştırılması, daha geniş uzman gruplarının değerlendirmeye dahil edilmesi ve farklı odyoloji alt alanlarının incelenmesi daha kapsamlı sonuçlar sağlayabilir.

Sonuç olarak elde edilen bulgular, ChatGPT'nin odyoloji temelli duyu bütünleme alanında temel teorik bilgilerin sunulması ve kavramsal açıklamaların yapılmasında yararlı bir araç olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, kapsam derinliği, tutarlılık ve bağlamsal doğruluk açısından gözlenen sınırlılıklar nedeniyle yapay zekâ tarafından üretilen bilgilerin uzman değerlendirmesiyle birlikte kullanılması gerektiği düşünülmektedir (**Javaid ve ark., 2023; Sallam, 2023**).

5.SONUÇ

Bu çalışmanın bulguları; ChatGPT'nin işitsel algı, işitsel işlemleme ve duyu bütünleme alanlarında genel olarak tutarlı, bilimsel açıdan kabul edilebilir ve kavramsal bütünlüğü yüksek yanıtlar üretebildiğini göstermektedir. Modelin özellikle multisensoriyel entegrasyon, duyusal modülasyon ve işitsel sistemin diğer duyusal sistemlerle etkileşimine ilişkin açıklamalarda güçlü performans sergilediği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar; yapay zekâ tabanlı dil modellerinin odyoloji temelli eğitim, teorik bilgi sunumu ve akademik bilgiye erişim süreçlerinde destekleyici bir araç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Ancak; modelin derinlemesine sentez gerektiren kompleks klinik durumlarda bağlam kayması veya nadir de olsa bilimsel hatalar yapabildiği göz önünde bulundurulmalı, sunulan bilgilerin mutlaka uzman denetiminden geçirilerek klinik süreçlere dahil edilmesi önerilmektedir.

5.KAYNAKÇA

Alanazi, A. A. (2023). Understanding auditory processing disorder: A narrative review. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences, 11*(4), 275–282. https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_218_23

American Speech-Language-Hearing Association. (n.d.). *Practice Portal*. (27.04.2026). https://www.asha.org/practice-portal/

Ayers, J. W., Poliak, A., & Dredze, M. (2023). Comparing physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum. *JAMA Internal Medicine, 183*(6), 589-596.

Camarata, S., Miller, L. J., & Wallace, M. T. (2020). Evaluating sensory integration/sensory processing treatment. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 14*, 8. https://doi.org/10.3389/fnint.2020.00008

Cascella, M., Montomoli, J., & Bignami, E. (2023). Evaluating the feasibility of ChatGPT in healthcare: An analysis of multiple clinical scenarios. *Journal of Medical Systems, 47*(1), 33.

Cornelio, P., Velasco, C., & Obrist, M. (2021). Multisensory integration as per technological advances: A review. *Frontiers in Neuroscience, 15*, 652611. https://doi.org/10.3389/fnins.2021.652611

Drosos, K., et al. (2024). Auditory processing and speech-sound disorders. *Brain Sciences, 14*(3), 291. https://doi.org/10.3390/brainsci14030291

Icoz, O., Parlak Kocabay, A. ChatGPT as an information source for cochlear implants: A study on accuracy and reproducibility. *Eur Arch Otorhinolaryngol* **282**, 6161–6168 (2025). https://doi.org/10.1007/s00405-025-09565-9

Javaid, M., Haleem, A., & Singh, R. P. (2023). ChatGPT for healthcare services: An emerging substitute or a complementary tool? *Journal of Industrial Integration and Management*.

Kaipa, R., & Danser, M. L. (2016). Efficacy of auditory-verbal therapy: A systematic review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 86*, 124–134. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.04.033

Konopka, A. K., et al. (2024). Etiology, diagnostic, and rehabilitative methods for children with CAPD. *Audiology Research, 14*(4), 736–746. https://doi.org/10.3390/audiolres14040062

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., et al. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE. *PLOS Digital Health, 2*(2), e0000198. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198

Lane, S. J., Mailloux, Z., & Schoen, S. (2019). Neural foundations of Ayres sensory integration®. *Brain Sciences, 9*(7), 153. https://doi.org/10.3390/brainsci9070153

Liu, P., Zhu, H., Chen, M., et al. (2021). Electrophysiological screening for children with APD: A systematic review. *Frontiers in Neurology, 12*, 692840. https://doi.org/10.3389/fneur.2021.692840

Micallef, L. A. (2015). Auditory processing disorder: Progress in diagnostics. *Journal of International Advanced Otology, 11*(3), 257–261. https://doi.org/10.5152/iao.2015.1009

Patel SB, Lam K, Liebrenz M (2023) ChatGPT: friend or foe. Lancet Digit Health 5(3):e102

Sallam, M. (2023). ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: Systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare, 11*(6), 887.

Sharma, M., Purdy, S. C., & Kelly, A. S. (2009). Comorbidity of auditory processing, language, and reading disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 52*(3), 706–722. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/07-0226)

TARIMSAL GENİŞLEMEDEN DÖVİZ DARBOĞAZINA: 1950'Lİ YILLARDA TÜRKİYE EKONOMİSİNİN POLİTİK İKTİSADI

Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
Balıkesir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, İktisat Tarihi ABD
ORCID ID: 0000-0003-0290-5949

ÖZET
Bu çalışma, 1950–1960 yılları arasında Demokrat Parti iktidarı döneminde uygulanan iktisat politikalarını, dönemin küresel konjonktürü ve Türkiye'nin iç dinamikleri ışığında eleştirel bir perspektifle ele almaktadır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında biçimlenen yeni uluslararası iktisadi düzen, Marshall Planı çerçevesindeki yardımlar ve Bretton Woods kurumlarıyla şekillenen finansal mimari, Türkiye'nin tek parti döneminin devletçi-korumacı modelinden uzaklaşarak liberal söylemli bir büyüme stratejisine yönelmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. Ancak bu yöneliş, söylem düzeyinde piyasacılığı savunurken pratikte devlet müdahalesinin sürdüğü, hatta kimi sektörlerde derinleştiği melez bir politika çerçevesine dönüşmüştür. Çalışmada dönemin üç temel ekseni mercek altına alınmıştır: tarımsal mekanizasyon ile zirai kredi genişlemesi, karayolu odaklı altyapı yatırımları ve dış ticaret ile döviz politikalarının seyri. Marshall yardımları ve hızla artan traktör ithalatıyla desteklenen tarımsal genişleme, 1950–1953 arasında yüksek büyüme oranları sağlamış; ne var ki elverişli iklim koşullarının sona ermesi, Kore Savaşı sonrası tarımsal emtia fiyatlarındaki düşüş ve plansız ithalat genişlemesi, 1954 itibarıyla derinleşen bir döviz darboğazına yol açmıştır. 4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları, IMF güdümlü ilk kapsamlı devalüasyon ve istikrar programı olarak Türkiye iktisat tarihinde önemli bir kırılma noktası oluşturmuştur. Bildiri, ikincil literatürün karşılaştırmalı analizine ve döneme ilişkin makroekonomik verilere dayanmaktadır. Bulgular, 1950'li yılların yalnızca bir "liberalleşme dönemi" olarak değil; popülist genişleme, dış kaynak bağımlılığı ve kurumsal planlama eksikliğinin birlikte ürettiği yapısal kırılganlıkların biriktiği bir geçiş evresi olarak okunması gerektiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Türkiye Ekonomisi, Demokrat Parti, İstikrar Politikaları, Marshall Planı, Döviz Darboğazı.

FROM AGRICULTURAL EXPANSION TO FOREIGN-EXCHANGE BOTTLENECK: THE POLITICAL ECONOMY OF THE TURKISH ECONOMY IN THE 1950S

ABSTRACT
This study critically examines the economic policies implemented during the Democrat Party government between 1950 and 1960, in light of both the global conjuncture of the period and Turkey's internal dynamics. The new international economic order that emerged after the Second World War, shaped by Marshall Plan aid and the financial architecture of the Bretton Woods institutions, played a decisive role in Turkey's departure from the statist-protectionist model of the single-party era and its turn toward a growth strategy framed in liberal rhetoric. However, this reorientation evolved into a hybrid policy framework in which liberalization was championed at the discursive level, while state intervention persisted in practice and even deepened in certain sectors. The study focuses on three principal axes of the period: agricultural mechanization and credit expansion, road-oriented infrastructure investments, and the trajectory of foreign trade and foreign-exchange policies. The agricultural expansion

supported by Marshall aid and tractor imports generated high growth rates between 1950 and 1953; yet the end of favorable climatic conditions, the decline in commodity prices in the aftermath of the Korean War, and the unplanned surge in imports led to a severe foreign-exchange bottleneck by 1954. The 4 August 1958 Stabilization Decisions, in turn, constituted a major turning point in Turkish economic history as the country's first comprehensive IMF-guided devaluation and stabilization program. The findings suggest that the 1950s should be read not merely as a "period of liberalization," but rather as a transitional phase in which structural fragilities accumulated through the combined effects of populist expansion, dependence on external resources, and the absence of institutional planning.
Keywords: Turkish Economy, Democrat Party, Stabilization Policies, Marshall Plan, Foreign-Exchange Bottleneck.

1. GİRİŞ

Türkiye iktisat tarihinde 1950–1960 dönemi, hem siyasal hem de ekonomik açıdan derin bir dönüşümün yaşandığı bir kesit olarak öne çıkar. 14 Mayıs 1950 seçimleri yalnızca tek parti yönetiminin sona erdiği bir siyasal kırılmayı değil, aynı zamanda iktisat politikalarının çerçevesinin yeniden çizildiği bir dönemin de başlangıcını simgeler. Demokrat Parti (DP) iktidarı, kuruluş yıllarının devletçi-korumacı modelinden uzaklaşarak özel girişimi öne çıkaran, dışa açılma vurgusu yapan ve dış yardımı kalkınmanın itici gücü olarak gören bir yaklaşım benimsemiştir. Ne var ki söylem düzeyinde dile getirilen liberalleşme, uygulamada saf bir piyasa programı biçiminde gerçekleşmemiş; tersine, kamu müdahalesinin pek çok alanda korunduğu, hatta tarımsal destekleme ve altyapı yatırımları gibi başlıklarda derinleştiği karma bir görünüm kazanmıştır.

Bu çalışma, söz konusu dönemi tek boyutlu bir liberalleşme anlatısı içinde değerlendiren yaklaşımların ötesine geçmeyi amaçlamaktadır. 1950'li yılların iktisadi seyrini açıklayabilmek için dönemin uluslararası konjonktürünü, özellikle de Marshall Planı çerçevesinde Türkiye'ye akan dış kaynağın niteliğini ve sınırlarını anlamak büyük önem taşımaktadır. Boratav'ın da vurguladığı üzere, 1947'den itibaren başlayan dış yardım sürecinin Türkiye'yi yabancı sermayeye kapılarını açmaya ve uluslararası kapitalizmin üst kurumlarıyla bütünleşmeye yöneltmesi, 1950 sonrası iktisat politikalarının yönünü belirleyen yapısal bir etken olmuştur (Boratav, 2003).

Bildiri üç temel eksen etrafında kurgulanmıştır. Birincisi, Marshall yardımları aracılığıyla hız kazanan tarımsal mekanizasyon ve buna eşlik eden zirai kredi genişlemesidir. İkincisi, dönemin altyapı politikasının demiryolundan karayolu odaklı bir yaklaşıma kaymasıdır. Üçüncüsü ise, dış ticaret ve döviz politikalarının seyri ile bu seyrin 1958 İstikrar Kararları'na uzanan kriz dinamikleridir. Bu üç eksenin birlikte değerlendirilmesi, dönemin sadece yüksek büyüme oranlarına değil, biriken kırılganlıklarına da ışık tutmak açısından gereklidir.

Çalışmanın temel argümanı şudur: 1950–1960 dönemi, basit bir başarı veya başarısızlık öyküsü olarak okunmaya elverişli değildir. Bu yıllar, Türkiye'nin küresel sisteme entegrasyonunun hızlandığı, ancak bu entegrasyonun beraberinde getirdiği bağımlılıkların ve yapısal kırılganlıkların da birikmeye başladığı bir geçiş evresidir. Dolayısıyla dönemin iktisat politikası, bir yandan kısa vadeli popülist kazanımlar üretirken öte yandan ileride telafisi güç sorunlara da zemin hazırlamıştır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Devletçilikten Liberal Söyleme: 1950 Öncesi Mirası ve Konjonktürel Eşik

Demokrat Parti'nin iktidara geldiği 1950 yılı, Türkiye'nin önündeki seçeneklerin uluslararası konjonktür tarafından önemli ölçüde daraltıldığı bir yıldır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında dünya iki kutuplu bir düzene yerleşirken, Türkiye Batı bloğunda konumlanmayı tercih

etmiştir. Bu tercih, sadece güvenlik boyutunda kalmamış; iktisat politikasının çerçevesini de doğrudan etkilemiştir. Truman Doktrini (1947) ve ardından gelen Marshall Planı (1948), Türkiye'nin dış ekonomik ilişkilerini yeniden tanımladığı gibi, içerideki politika seçimlerini de yönlendirmiştir.

Tek parti döneminin son yıllarında uygulanan korumacı-devletçi modelin gevşetilmesi yönündeki ilk adımlar aslında 1946'da atılmıştır. Aynı yıl yapılan devalüasyonla birlikte dolar kuru 1 lira 30 kuruştan 2 lira 80 kuruşa çıkarılmış; Türk lirası yaklaşık yüzde 116 oranında değer kaybetmiştir. Bu, çok partili döneme geçişin arifesinde, hem dış dengesizlikleri gidermeyi hem de Bretton Woods kurumlarının beklentilerine uyum sağlamayı amaçlayan bir adım olarak yorumlanmaktadır. Dolayısıyla 1950'de DP'nin devraldığı miras, salt bir devletçi yapı değil; halihazırda dışa açılma istikametinde tedrici biçimde dönüşmeye başlamış bir ekonomidir.

Boratav'ın "politikaların sürekliliği" olarak tanımladığı bu olgu, 1947 sonrası yabancı sermayeye yönelik kısıtlamaların gevşetilmesinden 1951 Yabancı Sermayeyi Teşvik Kanunu'na ve 1954 Petrol Kanunu'na uzanan bir hat üzerinden de okunabilir (Boratav, 2003). DP'nin söylem düzeyindeki ani liberal kopuş iddiası, uygulamada CHP'nin son yıllarında başlamış olan politika değişikliklerinin sürdürülmesi ve derinleştirilmesi biçiminde tezahür etmiştir. Bu nedenle, 1950 öncesi ve sonrası arasında kesin bir çizgi çekmek yerine, II. Dünya Savaşı sonrası süreci bir bütün olarak ele almak daha açıklayıcıdır.

2.2. Marshall Yardımları, Tarımsal Mekanizasyon ve Kredi Genişlemesi

Dönemin iktisat politikasının en görünür yüzü, kuşkusuz tarımsal alanda yaşanan dönüşümdür. Marshall Planı çerçevesinde Türkiye'ye ulaşan kaynakların önemli bir bölümü tarım sektörüne, özellikle de makineleşmeye yönlendirilmiştir. Plan kapsamında 1948'den 1959 yılı ortasına kadar Türkiye'ye yaklaşık 1,2 milyar dolarlık yardım yapılmıştır. Bu yardımların tarım, madencilik ve karayolu yapımı alanlarında yoğunlaştığı bilinmektedir.

Mekanizasyonun en somut göstergesi traktör sayısındaki artıştır. 1948'de yaklaşık 1.750 olan traktör sayısı, 1952'de 31 bini geçmiş, dönemin ortalarından itibaren ise yüz binli rakamlara doğru yükselmeye devam etmiştir. Bu denli hızlı bir mekanizasyon, geniş tarım arazilerinin üretime açılmasına olanak tanımış; özellikle iç bölgelerde işlenebilir alan miktarı önemli ölçüde genişlemiştir. Buna ek olarak Ziraat Bankası eliyle yürütülen zirai kredi hacmi de dönem boyunca dikkat çekici biçimde artmıştır.

Bu genişlemeci politikanın 1950–1953 döneminde olağanüstü olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Söz konusu yıllarda elverişli iklim koşulları, Kore Savaşı'nın yarattığı tarımsal emtia talebi ve dış kaynakla finanse edilen makineleşme bir araya gelerek tarımsal üretimde rekor düzeylere ulaşılmasını sağlamıştır. Türkiye, bu dönemde dünyanın büyük buğday ihracatçıları arasına girmiştir. Ancak bu olumlu tablonun, büyük ölçüde döngüsel faktörlerin örtüşmesinden beslendiği gerçeği, sonraki yıllarda açıkça görünür hale gelecektir.

Tarımsal genişlemenin altında yatan dinamikler bağlamında dikkat çekici bir nokta da, kalkınma modelinin tarıma dayandırılmasının bir tercihten çok bir zorunluluk olarak şekillenmesidir. Marshall yardımının koşulları çerçevesinde Türkiye'nin Avrupa'nın gıda ve hammadde sağlayıcısı bir rol üstlenmesi beklenmiş, ağır sanayi yatırımlarından uzak durulması ima edilmiştir. Bu çerçevede yardımla gelen traktör ve diğer tarım aletlerinin hangi bölgelerde ve hangi ürünler için kullanılacağı bile büyük ölçüde önceden belirlenmiştir. Örneğin tütün üretimi yapılan vilayetlerde traktör kullanımı sınırlandırılırken, pamuk ve buğday için elverişli alanlarda mekanizasyon teşvik edilmiştir.

Bu durum, dönemin tarımsal politikasını sadece içeride alınmış bir tercih olarak değil, küresel iş bölümünün Türkiye'ye biçtiği konum çerçevesinde okumayı zorunlu kılar. Tarıma yapılan vurgu, kısa vadede yüksek büyüme oranları sağlamış; ancak Türkiye'nin sanayileşme

açısından izlemesi gereken yapısal dönüşümü ertelemiştir. Bu erteleme, dönemin sonraki yıllarında ortaya çıkan döviz darboğazıyla yakından ilişkilidir.

2.3. Karayolu Odaklı Altyapı Politikası

DP döneminin ikinci belirleyici ekseni, ulaştırma politikasında demiryolundan karayoluna belirgin biçimde geçilmesidir. 1950 yılında Şose ve Köprüler Reisliği yeniden yapılandırılarak Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Bu kurumsal yenilenme, yapım tekniklerinde de köklü bir değişimle örtüşmüştür: II. Dünya Savaşı sonrasında iş makinelerindeki gelişmeler, kazma kürekle yapılan yol inşaatından makineli yol yapımına geçilmesini olanaklı kılmış ve yol yapımının hızı ile ölçeği dramatik biçimde artmıştır.

Karayolu odaklı yatırım tercihi, sadece teknik veya iktisadi bir tercih değildi; aynı zamanda Marshall yardımının da yönlendirmesi çerçevesinde biçimlenmiştir. Yardımların önemli bir bölümünün karayolu inşaatına aktarılması, Türkiye'nin Soğuk Savaş'ın stratejik coğrafyasındaki konumu ile ilgili boyutlar taşımakta; aynı zamanda otomotiv sektörüne dayalı bir tüketim ekonomisinin altyapısının hazırlanması açısından da önemliydi. Karayolu ağının genişlemesi, kentleşmeyi, iç göçü ve piyasaların entegrasyonunu hızlandıran etkenlerden biri olmuştur.

Bununla birlikte, karayolu lehine yapılan tercih demiryolu yatırımlarının görece ihmal edilmesi sonucunu doğurmuştur. 1923–1950 döneminde 3 bin 780 kilometrelik yeni demiryolu inşa edilmiş ve toplam hat uzunluğu 7 bin 671 kilometreye çıkarılmışken, 1950 sonrasında demiryolu yatırımlarının ivmesi belirgin biçimde yavaşlamıştır. Bu ihmalin uzun dönemli sonuçları, sadece 1950'li yıllarla sınırlı olmayıp Türkiye'nin ulaştırma altyapısının yapısal özellikleri üzerinde günümüze kadar uzanan izler bırakmıştır.

Altyapı yatırımlarının döneme özgü bir başka boyutu da, finansman açısından büyük ölçüde dış kaynağa ve iç krediye dayanmasıdır. Yatırım hacmi genişledikçe Merkez Bankası kaynaklarına başvurma sıklığı artmış; bu durum, dönem boyunca para arzının hızla genişlemesi ve enflasyonist baskıların yükselmesi anlamına gelmiştir. Tezel'in vurguladığı üzere, altyapı yatırımlarının verimliliği ve dönüş hızı dikkate alındığında, sağlanan finansman yapısının sürdürülebilirliği başlangıçtan itibaren tartışmalı bir nitelik taşımıştır (Tezel, 2015).

2.4. Dış Ticaret, Döviz Darboğazı ve Karaborsanın Yükselişi

DP'nin ilk yıllarında dış ticaret rejimi belirgin bir liberalleşme dalgası yaşamıştır. İthalat kotaları gevşetilmiş, lisans rejimi yumuşatılmış, dış ticaret görece serbestleştirilmiştir. Bu tercihin altında hem dönemin iyimser konjonktürü hem de dış yardımla finanse edilen yüksek büyümenin yarattığı güven duygusu vardır. Ne var ki bu serbestleşme, kalıcı bir dış denge stratejisiyle desteklenmemiş; gevşek bir ithalat rejimi ile genişlemeci iç politikaların birlikteliği kısa süre içinde ciddi bir dış denge sorununa yol açmıştır.

1953'ün sonlarına gelindiğinde, döviz rezervlerinin hızla erimekte olduğu görülmüştür. Kore Savaşı'nın sona ermesiyle birlikte tarımsal emtia fiyatlarındaki düşüş, iyi hasat yıllarının ardından yaşanan kuraklık ve plansız ithalat genişlemesi bir araya gelince, 1954 itibarıyla derin bir döviz darboğazı belirginleşmeye başlamıştır. Hükümet bu döneme tepki olarak yeniden katı bir ithalat kontrolü rejimine dönmek zorunda kalmış; lisans, kota ve döviz tahsis sistemleri yeniden genişletilmiştir. Söylem düzeyinde liberalleşme korunsa da uygulamada koruyuculuk derinleşmiştir.

1953'te yaklaşık 396 milyon dolar tutarındaki ihracat, 1958'e gelindiğinde 245 milyon dolara gerilemiştir. Aynı dönemde dolaşımdaki para arzı yüzde 200'ün üzerinde genişlemiş; bu genişleme iç fiyatlar üzerinde güçlü bir baskı yaratmıştır. Resmi kurda 2,80 lira olan dolar, karaborsada çok daha yüksek seviyelerde alıcı bulmuş; mal piyasalarındaki darlık, sermayeyi spekülasyona, özellikle altın ve gayrimenkule yöneltmiştir. Bu süreç, dönemin iktisat

politikasındaki tutarsızlığın gündelik hayata yansıyan en somut göstergelerinden birini oluşturmuştur.

Döviz darboğazının yapısal bir boyutu da, dış borçların hızla birikmesidir. Cumhuriyet tarihinde ilk moratoryum ilanı gerekliliği bu dönemde gündeme gelmiş; bu durum, mali bir yeniden yapılandırmayı ve istikrar programını adeta kaçınılmaz hale getirmiştir. 1958'e gelindiğinde Türkiye, dış kreditörler nezdinde itibarını büyük ölçüde yitirmiş; yeni dış kaynak akışını sürdürebilmek için kapsamlı bir programa ihtiyaç duyar hale gelmiştir.

2.5. 4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları

4 Ağustos 1958'de açıklanan istikrar kararları, Türkiye iktisat tarihinde yalnızca bir devalüasyon ile sınırlandırılamayacak kapsamlı bir programı ifade eder. Resmi metinde "devalüasyon" sözcüğü açıkça yer almasa da, uygulamada Türk lirası önemli oranda değer kaybetmiş; bir Amerikan doları 2,80 liradan 9 liraya çıkarılmıştır. Bu, yüzde 220'ye varan bir devalüasyon anlamına gelmektedir.

Programın temel bileşenleri şu şekilde özetlenebilir: Türk lirasının değerinin düşürülmesi, para arzının kontrol altına alınması, ithalat rejiminin yeniden düzenlenmesi, Kamu İktisadi Teşekküllerinin ürünlerine yapılan zamlarla kendi kaynaklarını yaratmaları ve böylece Merkez Bankası kaynaklarına başvurmalarının azaltılması, kamu harcamalarının kısılması ve dış borçların yeniden yapılandırılması. Bu kararlar karşılığında Türkiye, IMF, OEEC çerçevesindeki Avrupa Ödemeler Birliği (EPU) ve Amerika Birleşik Devletleri'nden yeni krediler temin etmiştir. Yaklaşık 422 milyon dolarlık eski borç ertelenmiş; 359 milyon dolar civarında yeni dış kredi sağlanmıştır.

1958 Kararları'nın Türkiye iktisat tarihindeki önemi çok boyutludur. Birincisi, bu kararlar, ileride sıklıkla yaşanacak olan IMF güdümlü istikrar programlarının ilk örneğini oluşturmuş; uluslararası mali kuruluşların Türkiye'nin iktisat politikasına doğrudan müdahil olduğu bir modeli kurumsallaştırmıştır. İkincisi, kararların açıklanmasının ardından ülke içinde ekonominin daralması, geri dönmeyen krediler nedeniyle çok sayıda küçük özel şirketin iflasına yol açmıştır. Üçüncüsü, alınan kararlar enflasyonu önleme açısından dış ödemeler darboğazını aşmaya nispeten daha başarılı sonuçlar üretmiş; ancak yapısal dengesizlikleri tümüyle gidermekten uzak kalmıştır.

Bu kararların siyasi sonuçları da göz ardı edilmemelidir. Devalüasyonun yarattığı toplumsal maliyetler, kentsel orta sınıfların gelir kaybı ve enflasyonun süregelen baskısı, DP iktidarının toplumsal tabanını aşındıran etkenler arasında yer almıştır. 27 Mayıs 1960 askeri müdahalesini önceleyen siyasi gerilim ortamı, salt siyasi değil; iktisadi temelleri de olan bir krizin tezahürü olarak okunmalıdır. Boratav'ın belirttiği üzere, 1958 programı esasen 1950 sonrasında izlenen modelin sürdürülemezliğinin resmi olarak kabulü anlamına gelmiştir (Boratav, 2003).

2.6. Genel Değerlendirme: Söylem ile Pratik Arasındaki Mesafe

1950–1960 döneminin iktisat politikası, söylem ile pratik arasındaki mesafenin en belirgin biçimde görünür olduğu dönemlerden biridir. Söylem düzeyinde liberalleşme, özel girişimin yüceltilmesi ve dışa açılma vurgusu hâkimken, pratikte devletin tarımsal destekleme, KİT'ler aracılığıyla üretim, altyapı yatırımları ve dış ticaret kontrolü gibi alanlarda artan bir rol üstlendiği görülmüştür. Kepenek'in (2017) işaret ettiği üzere, dönemin politikasını saf bir liberalleşme programı olarak nitelemek mümkün değildir; bu, devlet müdahalesinin biçim değiştirerek sürdüğü, fakat söylemsel olarak gizlendiği bir karmadır.

Dönemin yapısal kırılganlıklarını üreten temel etkenler şöyle sıralanabilir: Birincisi, büyümenin büyük ölçüde dış kaynağa (yardım ve borç) dayanması ve bu kaynağın koşulluluğunun iç politika seçimlerini sınırlaması. İkincisi, kalkınma stratejisinin sanayileşmeyi ihmal eden, tarıma yaslanmış bir büyüme modeline indirgenmesi. Üçüncüsü,

planlama kapasitesinin ve kurumsal disiplinin yetersizliği; yatırım kararlarının teknik bir değerlendirmeden çok kısa vadeli siyasi hesaplarla alınması. Dördüncüsü, dış ticaret rejiminin konjonktüre göre savrulması ve istikrarlı bir döviz stratejisinin oluşturulamaması. Bütün bu etkenler birikerek 1958'e ve dolaylı olarak 1960'a giden süreci hazırlamıştır.

Öte yandan, dönemi sadece başarısızlıklar üzerinden okumak da eksik bir değerlendirme olur. 1950'li yıllar Türkiye'de hızlı bir kentleşmenin, tarımsal modernleşmenin, ulaştırma altyapısındaki köklü dönüşümün ve toplumsal hareketliliğin yaşandığı yıllardır. Köyden kente göç, eğitim hizmetlerinin yaygınlaşması, sağlık altyapısının genişlemesi ve geniş bir piyasa ekonomisinin kurulması, dönemin uzun vadeli kazanımları arasında sayılabilir. Bu nedenle 1950–1960, ne yalnızca "altın yıllar" ne de salt bir "kriz dönemi" olarak görülmelidir; aksine, iki yönlü bir miras bırakan karmaşık bir geçiş kesiti olarak değerlendirilmelidir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada 1950–1960 döneminin Türkiye iktisat politikası, üç temel eksen üzerinden ele alınmıştır: tarımsal mekanizasyon ve kredi genişlemesi, karayolu odaklı altyapı yatırımları ve dış ticaret ile döviz politikalarının seyri. Yapılan inceleme, dönemin yaygın olarak benimsenen "liberalleşme dönemi" tanımının dönemin karmaşıklığını yansıtmakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Söylem düzeyinde piyasa odaklı bir yönelim öne çıkarken, uygulamada devlet müdahalesi farklı biçimlerde varlığını sürdürmüş; hatta kimi sektörlerde genişlemiştir.

Marshall yardımları ve traktör ithalatıyla desteklenen tarımsal genişleme, 1950–1953 arasında olağanüstü bir büyüme görüntüsü yaratmıştır. Ancak bu büyüme, büyük ölçüde dış kaynak akışına ve elverişli konjonktüre bağımlıydı. Konjonktürün tersine dönmesiyle birlikte, 1954 itibarıyla derinleşen döviz darboğazı, ithalat kontrollerinin yeniden sıkılaştırılmasını gerektirmiş; söylem ile uygulama arasındaki çelişkiyi yüzeye çıkarmıştır. Karayolu odaklı altyapı politikası ise, hem ulaştırma sektörünün niteliğini hem de Türkiye'nin uzun dönemli kalkınma rotasını belirleyen önemli bir tercih olmuştur.

4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları, dönemin iktisat politikasının sürdürülemez olduğunun fiili kabulü niteliğindedir. IMF güdümünde alınan kapsamlı bu istikrar paketinin, sonraki dönemlerde benzer kriz-istikrar döngülerinin kurumsal prototipini oluşturduğu görülmektedir. Devalüasyon, KİT zamları, harcama kısıntıları ve borç yapılandırması gibi bileşenleriyle 1958 paketi, Türkiye'nin uluslararası mali kuruluşlarla kuracağı ilişkilerin temel çerçevesini de büyük ölçüde belirlemiştir.

Çalışmanın temel bulgusu şudur: 1950'li yıllar, basit anlamda bir liberalleşme veya devletçilik tartışmasına sıkıştırılamayacak kadar karmaşık bir geçiş evresidir. Bu yıllar, Türkiye'nin küresel kapitalist sistemle bütünleşmesinin önemli adımlarını içerirken, aynı zamanda dış kaynak bağımlılığı, kurumsal planlama eksikliği ve popülist genişleme arasındaki gerilimlerin biriktiği bir dönemdir. Dolayısıyla bu dönem, sadece kendi çerçevesi içinde değil; sonraki on yıllarda Türkiye'nin yaşayacağı pek çok kriz ve istikrar arayışının dinamiklerini de anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Gelecekteki araştırmalar için verimli bir alan, dönemin politika seçimlerinin bölgesel ve sınıfsal sonuçlarının daha ayrıntılı incelenmesidir. Tarımsal genişlemenin küçük üreticileri ile büyük arazi sahipleri üzerindeki farklılaşan etkileri, kentleşme süreçlerinin emek piyasaları açısından doğurduğu sonuçlar ve 1958 İstikrar Kararları'nın farklı toplum kesimlerine yansıyan maliyetleri, bu alanda derinleştirilmesi gereken konular olarak öne çıkmaktadır. Böylesi bir genişletilmiş inceleme, dönemin politik iktisadının daha bütüncül bir okumasına olanak verecektir.

KAYNAKÇA

Baytal, Y. (2007). Demokrat Parti Dönemi Ekonomi Politikaları (1950-1957). Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi, (40), 545-567.
Boratav, K. (2003). Türkiye İktisat Tarihi 1908-2002 (7. Baskı). Ankara: İmge Kitabevi.
Bulutoğlu, K. (1970). Türkiye'de Yabancı Sermaye. İstanbul: Gerçek Yayınevi.
Coşar, N. (2004). Kriz, Savaş ve Bütçe Politikası (1926-1950). İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
Dik, E. (2010). 1948: Marshall Planı'yla "Hür Dünya"ya Giriş. Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, 9(20-21), 947-979.
Kaynar, M. K. (Haz.). (2015). Türkiye'nin 1950'li Yılları. İstanbul: İletişim Yayınları.
Kazgan, G. (2013). Tanzimat'tan 21. Yüzyıla Türkiye Ekonomisi. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
Kepenek, Y. (2017). Türkiye Ekonomisi (29. Baskı). İstanbul: Remzi Kitabevi.
Koçak, C. (2010). Türkiye'de Milli Şef Dönemi (1938-1945) (Cilt 1-2). İstanbul: İletişim Yayınları.
Oktar, S. ve Varlı, A. (2010). Türkiye'de 1950-54 Döneminde Demokrat Parti'nin Tarım Politikası. Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi, 28(1), 1-22.
Pamuk, Ş. (2014). Türkiye'nin 200 Yıllık İktisadi Tarihi: Büyüme, Kurumlar ve Bölüşüm. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
Şahin, H. (2009). Türkiye Ekonomisi: Tarihsel Gelişimi - Bugünkü Durumu (10. Baskı). Bursa: Ezgi Kitabevi.
Tezel, Y. S. (2015). Cumhuriyet Döneminin İktisadi Tarihi (1923-1950) (6. Baskı). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

1970-1990 DÖNEMİ TÜRKİYE EKONOMİSİNDE YAPISAL DÖNÜŞÜM: KRİZ, İSTİKRAR VE LİBERALLEŞME

Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
Balıkesir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, İktisat Tarihi ABD
ORCID ID: 0000-0003-0290-5949

ÖZET
Türkiye ekonomisi, 1970-1990 arasındaki yirmi yıllık dönemde köklü bir paradigma değişimine sahne olmuştur. Bu bildiri, söz konusu dönüşümü kriz dinamikleri, istikrar arayışları ve liberalleşme politikaları ekseninde analiz etmektedir. 1970'li yıllar, ithal ikameci sanayileşme modelinin yapısal tıkanıklıklarının belirginleştiği bir evre olarak öne çıkmaktadır. Döviz darboğazları, kronikleşen enflasyon, cari açık baskısı ve enerji krizlerinin dışsal şokları, ekonomiyi sürdürülemez bir patikaya yöneltmiştir. Siyasi istikrarsızlık ve toplumsal kutuplaşma, iktisadi kırılganlığı derinleştiren tamamlayıcı unsurlardır. 24 Ocak 1980 Kararları, bu tıkanıklığa verilen kapsamlı bir yapısal yanıt niteliği taşımaktadır. İhracata dayalı büyüme stratejisine geçiş, fiyat mekanizmasının serbestleştirilmesi, kamu iktisadi teşebbüslerinin yeniden yapılandırılması ve finansal piyasaların deregülasyonu, programın temel bileşenlerini oluşturmuştur. Bu süreçte devletin ekonomideki doğrudan üretici rolü gerilemiş, düzenleyici işlevi ön plana çıkmıştır. 1980'lerin ikinci yarısında sermaye hareketlerinin kademeli serbestleştirilmesi, Türkiye'nin küresel finansal sisteme eklemlenmesini hızlandırmıştır. Ancak bu dönüşüm; gelir dağılımında bozulma, reel ücretlerin gerilemesi ve spekülatif sermaye akımlarına karşı kırılganlık gibi yeni çelişkileri de beraberinde getirmiştir. Bildiri, dönemin iktisadi politikalarını hem iç tutarlılıkları hem de toplumsal sonuçları bakımından değerlendirerek, Türkiye'nin geç sanayileşen bir ekonomi olarak neoliberal dönüşümü özümseme biçiminin kendine özgü dinamiklerini tartışmaya açmaktadır.
Anahtar Kelimeler: İthal ikame, liberalleşme, 24 Ocak Kararları, yapısal uyum, Türkiye ekonomisi.

STRUCTURAL TRANSFORMATION IN THE TURKISH ECONOMY DURING THE 1970-1990 PERIOD: CRISIS, STABILIZATION, AND LIBERALIZATION

Abstract
The Turkish economy underwent a fundamental paradigm shift during the twenty-year period between 1970 and 1990. This paper analyzes the aforementioned transformation along the axes of crisis dynamics, stabilization efforts, and liberalization policies. The 1970s stand out as a phase in which the structural bottlenecks of the import-substitution industrialization model became increasingly apparent. Foreign exchange shortages, chronic inflation, current account deficit pressures, and the external shocks of energy crises pushed the economy onto an unsustainable path. Political instability and social polarization served as complementary factors that deepened economic fragility. The January 24, 1980 Decisions constituted a comprehensive structural response to this impasse. The transition to an export-oriented growth strategy, the liberalization of the price mechanism, the restructuring of state economic enterprises, and the deregulation of financial markets formed the core components of the program. The gradual liberalization of capital movements in the second half of the 1980s accelerated Turkey's integration into the global financial system. This paper evaluates the

economic policies of the period in terms of both their internal coherence and their social consequences.
Keywords: Import substitution, liberalization, January 24 Decisions, structural adjustment, Turkish economy.

GIRIŞ

1970-1990 dönemi, Türkiye ekonomisinin yapısal niteliğinin köklü biçimde dönüştüğü, iktisat politikası tercihlerinin radikal bir kopuş yaşadığı ve devletin iktisadi alandaki rolünün yeniden tanımlandığı kritik bir tarihsel kesittir. Bu yirmi yıl içerisinde Türkiye; ithal ikameci sanayileşme stratejisinin tıkanması, derinleşen bir borç ve döviz krizi, 24 Ocak 1980 İstikrar Kararları'yla başlatılan kapsamlı yapısal uyum programı ve ardından 1989'da sermaye hareketlerinin serbestleştirilmesiyle sonuçlanan finansal liberalleşme süreci olmak üzere birbirini izleyen birçok eşik yaşamıştır (Boratav, 2015; Kepenek & Yentürk, 2011).

Bu çalışmanın temel sorusu şudur: 1970'lerin sonunda yaşanan iktisadi krize verilen yanıt neden ithal ikameci modelin onarılması yönünde değil, dışa açık ve piyasa odaklı bir paradigmaya geçiş yönünde şekillenmiştir? İlgili soruyu yanıtlamak için bildiri, üç temel eksen üzerinde ilerlemektedir. İlk eksen, 1970'li yıllar boyunca biriken yapısal tıkanıklıkların ve bu tıkanıklıkların 1977-1980 döviz ve borç krizinde nasıl yoğunlaştığının incelenmesidir. İkinci eksen, 24 Ocak 1980 Kararları'yla başlatılan istikrar ve yapısal uyum programının bileşenlerinin analizine ayrılmıştır. Üçüncü eksen ise 1980'lerin ikinci yarısında hızlanan ve 1989'da sermaye hesabının açılmasıyla doruğa ulaşan finansal liberalleşme sürecinin sonuçlarının değerlendirilmesidir (Celasun & Rodrik, 1989; Rodrik, 1990).

Çalışma, dönemi yalnızca makroekonomik göstergeler üzerinden değil, aynı zamanda bölüşüm ilişkileri, devletin değişen rolü ve geç sanayileşen bir ekonominin küresel kapitalizme eklemlenme biçimi açısından da ele almaktadır. Bu bağlamda Türkiye örneğinin, Latin Amerika ülkeleriyle paylaştığı ortak yapısal özellikler kadar kendine özgü dinamikler de barındırdığı vurgulanmaktadır (Aricanli & Rodrik, 1990). Bildiri belgesel ve nitel bir tarihsel-iktisadi analiz yaklaşımı benimsemekte, dönemin iktisat tarihi literatüründeki temel kaynaklarına ve uluslararası akademik tartışmalara dayanmaktadır. Yöntem olarak dönemin politikalarının iç tutarlılığı ve toplumsal sonuçları, hem yerli hem uluslararası ikincil kaynaklar üzerinden tartışılmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. İthal İkameci Sanayileşmenin Tıkanması ve 1970'li Yıllar

Türkiye, 1960'lı yılların başından itibaren planlı kalkınma çerçevesinde ithal ikameci sanayileşme (İİS) stratejisini benimsemiştir. Beş Yıllık Kalkınma Planları'nın yönlendirdiği bu modelde; sanayinin korunması, kamu iktisadi teşebbüslerinin (KİT) öncü rol oynaması, sabit kur rejimi, sıkı dış ticaret kontrolleri ve sermaye piyasalarının düzenlenmesi temel araçlar olarak kullanılmıştır (Kepenek & Yentürk, 2011). 1963-1976 döneminde Türkiye ekonomisi, ortalama %6-7 düzeyinde bir büyüme performansı yakalamış; özellikle dayanıklı tüketim malları ve ara malları üretiminde önemli kapasite genişlemeleri sağlanmıştır (Boratav, 2015).

Ancak modelin kendi içsel mantığı, bir süre sonra ciddi bir döviz darboğazı doğurmuştur. İthal ikamesi, özellikle ileri aşamalarında, üretimin sürdürülebilmesi için artan oranda ara malı ve yatırım malı ithalatına bağımlı hale gelmiştir. Bu durum, ihracat yeteneği yeterince geliştirilmemiş bir ekonomide kronik bir dış denge sorununa yol açmıştır (Şenses, 1991). 1973 ve 1979 petrol şokları, dünya enerji fiyatlarındaki keskin artışlarla birlikte Türkiye'nin dış açıklarını sürdürülemez boyutlara taşımıştır. Bu dönemde işçi dövizlerinin önemli bir kısa vadeli rahatlama sağladığı, ancak yapısal sorunu çözmediği vurgulanmaktadır (Pamuk, 2014).

1977-1980 arası dönem, Türkiye iktisat tarihinin en derin krizlerinden birinin yaşandığı dönemdir. Döviz rezervlerinin tükenmesi, dış borç servisinin yapılamaması, üretim için gereken ara malı ithalatının kesintiye uğraması, vesayet altında uygulanan çoklu kur sistemine rağmen karaborsanın yaygınlaşması ve enflasyonun üç haneli rakamlara ulaşması bu dönemin başlıca göstergeleridir (Celasun & Rodrik, 1989). Buna ek olarak siyasi istikrarsızlık, kısa ömürlü koalisyon hükümetleri ve toplumsal kutuplaşma, iktisadi sorunlara yapısal bir çözüm üretilmesini zorlaştırmıştır (Kazgan, 2006).

2. 24 Ocak 1980 Kararları ve Yapısal Dönüşüm

24 Ocak 1980 İstikrar Kararları, yalnızca konjonktürel bir istikrar programı değil; aynı zamanda Türkiye ekonomisinin işleyiş mantığını köklü biçimde değiştirmeyi hedefleyen kapsamlı bir yapısal dönüşüm paketi olarak değerlendirilmektedir (Boratav, 2015; Şenses, 1991). Süleyman Demirel hükümetinde dönemin Başbakanlık Müsteşarı Turgut Özal tarafından hazırlanan program, IMF ve Dünya Bankası ile yakın işbirliği içerisinde tasarlanmış; 12 Eylül 1980 askeri müdahalesinin ardından siyasi muhalefetin baskı altına alındığı ortamda kararlı biçimde uygulamaya konulmuştur (Aricanli & Rodrik, 1990).

Programın temel bileşenleri şu şekilde özetlenebilir. İlki, Türk Lirası'nın yaklaşık %33 oranında devalüe edilmesi ve sonrasında kademeli olarak günlük kur ayarlamalarına geçilmesidir. İkincisi, ihracatın doğrudan teşviklerle (vergi iadesi, ucuz kredi, döviz tahsisi vb.) desteklenmesi; ithal ikame yerine ihracata dayalı büyüme stratejisinin benimsenmesidir. Üçüncüsü, fiyat denetimlerinin önemli ölçüde kaldırılması ve özellikle KİT ürünlerine büyük fiyat artışları uygulanmasıdır. Dördüncüsü, faiz oranlarının serbestleştirilmesi ve negatif reel faiz politikasının sonlandırılmasıdır. Beşincisi, ithalat rejiminin kademeli olarak liberalleştirilmesi ve nicel kısıtlamaların azaltılmasıdır (Şenses, 1991; Kepenek & Yentürk, 2011).

Programın ilk yıllarında, özellikle 1981-1985 döneminde, ihracat performansında çarpıcı bir artış gözlenmiştir. Mal ihracatı 1980'de yaklaşık 2,9 milyar dolar iken 1985'te 8 milyar doları aşmış; imalat sanayi ihracatının toplam ihracat içindeki payı belirgin biçimde yükselmiştir (Celasun & Rodrik, 1989). Ancak bu ihracat patlamasının ne ölçüde gerçek bir üretim atılımını, ne ölçüde teşviklerin yarattığı muhasebe hareketlerini yansıttığı tartışmalıdır. Rodrik (1990), 1980'lerin sonlarına doğru ihracat rakamlarındaki bir kısmın hayali ihracat uygulamalarıyla şişirilmiş olabileceğini ileri sürmüştür.

Programın bir diğer kritik boyutu, bölüşüm ilişkilerindeki köklü dönüşümdür. Reel ücretler 1980-1988 arasında belirgin biçimde gerilemiş; tarım iç ticaret hadleri tarım aleyhine bozulmuş; sermaye gelirlerinin millî gelir içindeki payı artmıştır (Boratav, 2015; Boratav, Türel & Yeldan, 1996). Toplu sözleşme düzeninin askıya alınması ve sendikal hareketin baskı altına alınması, bu dönüşümün siyasi-kurumsal koşullarını oluşturmuştur. Bu nedenle 24 Ocak programı, sadece bir ekonomi politikası değişikliği olarak değil, aynı zamanda yeni bir sınıfsal denge kurulması süreci olarak da okunmaktadır (Kazgan, 2006).

3. Finansal Liberalleşme ve Sermaye Hareketlerinin Serbestleştirilmesi

1980'lerin ikinci yarısı, Türkiye'nin yapısal dönüşümünün finansal boyutunun ön plana çıktığı dönemdir. 1980'de mevduat ve kredi faiz oranlarının serbestleştirilmesiyle başlayan süreç, 1981'de Sermaye Piyasası Kanunu'nun çıkarılması, 1986'da İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın yeniden açılması ve 1987'de Merkez Bankası bünyesinde para piyasası işlemlerinin başlatılmasıyla derinleşmiştir (Akyüz, 1990). Bu adımlar, finansal sistemin baskı altındaki yapısının çözülerek piyasa temelli bir yapıya kavuşturulması yönündeki politikaların somut yansımalarıdır.

Bu sürecin doruk noktası, Ağustos 1989'da yayımlanan 32 Sayılı Karar ile sermaye hareketlerinin neredeyse tamamen serbestleştirilmesidir. Türk Lirası'nın tam konvertibiliteye

yaklaşan bir statü kazanması, yurt dışı kaynaklardan kredi teminin önündeki engellerin kaldırılması, yerleşik olmayanların Türkiye'deki menkul kıymet piyasalarına serbestçe girebilmesi gibi düzenlemeler, Türkiye'yi sermaye hareketlerine erken açan azgelişmiş ülkelerden biri haline getirmiştir (Rodrik, 1990; Boratav, 2015).

Bu erken finansal açılışın yarattığı kırılganlıklar literatürde geniş biçimde tartışılmıştır. Sermaye hesabının açılması, henüz fiyat istikrarı sağlanamamış, bütçe açıkları yüksek ve enflasyon kronik bir ekonomide gerçekleşmiştir (Rodrik, 1990). Bu koşullarda yüksek reel faiz-değerli kur kombinasyonu, kısa vadeli yabancı sermayeyi çekerken, aynı zamanda yurtiçi tasarruf-yatırım dengesini bozmuş ve dış ticaret açığını derinleştirmiştir. Boratav, Türel ve Yeldan (1996), bu yapının 1990'lı yılların ardışık krizlerinin (özellikle 1994 krizinin) zeminini hazırladığını ileri sürmüştür.

4. Dönemin Toplumsal Sonuçları ve Bölüşüm Boyutu

1980-1990 dönüşümünün toplumsal sonuçları, makroekonomik göstergelerin gösterdiğinden çok daha derin olmuştur. Reel ücretlerin gerilemesi, kamu istihdamının daraltılması, KİT'lerde yeniden yapılandırma ve özelleştirme hazırlıkları, sosyal harcamaların kısılması, hem işçi sınıfı hem de küçük ve orta ölçekli üreticiler aleyhine bir bölüşüm dönüşümü yaratmıştır (Boratav, 2015; Kazgan, 2006). Sendikal hareket üzerindeki baskı ve grev yasakları, ücret pazarlığı mekanizmalarını uzun süre işlevsizleştirmiştir.

Bunun yanı sıra, ihracat teşvikleri ve finansal serbestleşmeden büyük holdinglerin ve finansal sermayenin orantısız biçimde yararlandığı, küçük üretici ile büyük sermaye arasındaki uçurumun derinleştiği vurgulanmaktadır (Kepenek & Yentürk, 2011). Bu nedenle bazı yazarlar, 1980 sonrası dönüşümü Türkiye'de sermayenin lehine yeniden bölüşülen bir 'karşı saldırı' süreci olarak nitelendirmektedir (Boratav, 2015). Pamuk (2014) ise daha geniş bir perspektiften, 1980 sonrası Türkiye'nin büyüme performansının dünya ortalamasının üzerinde kalmaya devam ettiğini, ancak insani gelişme göstergeleri açısından aynı oranda iyileşmenin sağlanamadığını belirtmektedir.

Dönemin kurumsal mirası da kayda değerdir. Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı, Sermaye Piyasası Kurulu, Toplu Konut İdaresi, Bankacılık alanında yeni düzenleyici mekanizmalar gibi pek çok kurum, bu dönemde tesis edilmiş ya da yeniden yapılandırılmıştır (Kepenek & Yentürk, 2011). Devletin doğrudan üretici rolü gerilerken, düzenleyici-denetleyici işlevinin kurumsal altyapısı bu dönemde şekillenmiştir. Böylece Türkiye, 1990'lı yıllara hem bir kurumsal yenilenme deneyimi hem de tamamlanmamış istikrar sorunları ile birlikte girmiştir.

SONUÇ

1970-1990 arasındaki yirmi yıllık dönem, Türkiye ekonomisinin yapısal mantığında köklü bir kopuşa karşılık gelmektedir. 1970'lerin sonunda iflas noktasına gelen ithal ikameci sanayileşme modeli, yalnızca konjonktürel bir krizin değil; ihracat yeteneği geliştirilmeden tamamlanmaya çalışılan, döviz darboğazı ve dış borç bağımlılığı üreten yapısal bir tıkanıklığın da göstergesi olmuştur. 24 Ocak 1980 Kararları, bu tıkanıklığa verilen kapsamlı bir yanıt olarak Türkiye'yi ihracata dayalı, fiyat mekanizmasının görece serbest biçimde işlediği, dışa açık bir ekonomik düzene taşımıştır.

Ancak bu dönüşümün hem iç tutarlılığı hem de toplumsal sonuçları açısından önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. İhracat performansındaki ilk yılların başarısı, 1980'lerin ortasından itibaren yavaşlamış; ihracatın bir bölümünün sürdürülebilirliği ve gerçekliği literatürde tartışma konusu olmuştur. 1989'da sermaye hesabının erken açılması, fiyat istikrarı henüz sağlanmamış ve kamu açıklarının yüksek kaldığı bir ekonomide kısa vadeli sermaye akımlarına ve döviz kuruna duyarlı bir kırılganlık zemini yaratmıştır. Reel ücretlerin gerilemesi, tarım iç ticaret hadlerinin bozulması ve gelir dağılımının sermaye lehine değişmesi, dönüşümün bölüşüm boyutundaki en belirgin sonuçlarıdır.

Türkiye örneği, geç sanayileşen ve dış borç krizinden yapısal uyum yoluyla çıkmaya çalışan ülkelerin paylaştığı pek çok ortak özellik taşımakla birlikte; kendine özgü dinamiklere de sahiptir. Askeri yönetim koşullarında uygulamaya konulan bir programın sosyal muhalefetin baskı altında olduğu bir ortamda yürütülmesi, dönüşümün hızını ve içeriğini etkileyen kritik bir bağlamı oluşturmuştur. 1980-1990 dönemi, hem Türkiye'nin küresel ekonomiye eklemlenme biçimini değiştirmiş hem de günümüze uzanan birçok yapısal sorunun (cari açık bağımlılığı, kısa vadeli sermaye akımlarına duyarlılık, gelir bölüşümünde bozulma) zeminini hazırlamıştır.

Sonuç olarak 1970-1990 dönemi; krizin, istikrar arayışının ve liberalleşmenin iç içe geçtiği bir geçiş kesiti olarak Türkiye'nin iktisadi tarihinde benzersiz bir konum işgal etmektedir. Bu dönemi anlamak, yalnızca tarihsel bir merak konusu değil; Türkiye ekonomisinin günümüzdeki yapısal özelliklerinin köklerini kavramak açısından da kritik bir gerekliliktir.

KAYNAKÇA

Akyüz, Y. (1990). Financial system and policies in Turkey in the 1980s. T. Aricanli & D. Rodrik (Eds.), The political economy of Turkey: Debt, adjustment and sustainability (s. 98-131) içinde. London: Macmillan.

Aricanli, T., & Rodrik, D. (Eds.). (1990). The political economy of Turkey: Debt, adjustment and sustainability. London: Macmillan.

Boratav, K. (2015). Türkiye iktisat tarihi: 1908-2015. Ankara: İmge Kitabevi.

Boratav, K., Türel, O., & Yeldan, E. (1996). Dilemmas of structural adjustment and environmental policies under instability: Post-1980 Turkey. World Development, 24(2), 373-393.

Celasun, M., & Rodrik, D. (1989). Turkish experience with debt: Macroeconomic policy and performance. J. D. Sachs & S. M. Collins (Eds.), Developing country debt and economic performance, Volume 3: Country studies içinde. Chicago: NBER and University of Chicago Press.

Kazgan, G. (2006). Tanzimat'tan 21. yüzyıla Türkiye ekonomisi (3. bs.). İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

Kepenek, Y., & Yentürk, N. (2011). Türkiye ekonomisi (24. bs.). İstanbul: Remzi Kitabevi.

Pamuk, Ş. (2014). Türkiye'nin 200 yıllık iktisadi tarihi: Büyüme, kurumlar ve bölüşüm. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Rodrik, D. (1990). Premature liberalization, incomplete stabilization: The Özal decade in Turkey (NBER Working Paper No. 3300). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Şenses, F. (1991). Turkey's stabilization and structural adjustment program in retrospect and prospect. The Developing Economies, 29(3), 210-234.

KIŞISELLEŞTIRILMIŞ PAZARLAMA VE MÜŞTERI SADAKATI: RESTORAN SEKTÖRÜNDE BIR ÇALIŞMA

Master Student Lae Lae Phyo
Istanbul Ticaret University, Institute of Graduate School, Department of Business Administration
ORCID ID: 0009-0003-8420-523X
Master Student Pan Sut Ye
Istanbul Ticaret University, Institute of Graduate School, Department of Business Administration
ORCID ID: 0009-0004-9866-7168
Asst. Prof. Abdülkadir ŞENCAN
Istanbul Kent University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences
ORCID ID: 0000-0001-7337-6218

ÖZET
Restoran sektöründe müşteri ilişkilerini ve müşteri sadakatini geliştirmek için kişiselleştirilmiş pazarlamanın kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışma, restoranlarda müşteri memnuniyeti açısından kişiselleştirilmiş pazarlama ve müşteri sadakati arasındaki ilişkiyi ele almayı amaçlamaktadır. Kişiselleştirilmiş pazarlama, müşterilerin kişiselleştirilmiş hizmetler ve özelleştirilmiş promosyonlarla ilgili deneyimlerini ve bunların müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati davranışlarını nasıl etkilediğini incelemektedir. Araştırma tasarımı nitel araştırma olup, örneklem büyüklüğü yarı yapılandırılmış anketler aracılığıyla görüşülen 12 restoran müşterisinden oluşmaktadır. Önceki bulgular, özelleştirilmiş hizmetler, sadakat programları ve diğer kişiselleştirilmiş hizmetleri içeren kişiselleştirilmiş pazarlamanın, müşterilerin tanınma ve saygı duygusu nedeniyle müşteri memnuniyetini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, müşterilerin aldıkları hizmetten memnun olmaları durumunda, şirketi tekrar ziyaret etme ve şirkete sadakatlerini geliştirme olasılıklarının da yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, herhangi bir kişiselleştirilmiş pazarlama yönteminin, düşük hizmet kalitesinin varlığında uzun vadeli müşteri sadakatini garanti edemeyeceğini hatırlamak önemlidir. Restoran sektöründe uzun vadeli müşteri sadakatini sağlamak için kişiselleştirilmiş pazarlama uygulamalarının iyi müşteri deneyimiyle birleştirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, bu makale, müşteri sadakati oluşturmak için restoranlarda kişiselleştirilmiş pazarlama tekniklerinin ve müşteri memnuniyetinin önemini desteklemektedir.
Anahtar kelimeler: Kişiselleştirilmiş Pazarlama, Müşteri Sadakati, Müşteri Memnuniyeti, Restoran Sektörü

PERSONALIZED MARKETING AND CUSTOMER LOYALTY: A STUDY IN THE RESTAURANT INDUSTRY

ABSTRACT
The utilization of personalized marketing in the restaurant sector for improving customer relationship and customer loyalty has become increasingly important. This paper aims to discuss the relationship between personalized marketing and customer loyalty in terms of customer satisfaction in restaurants. Personalized marketing relates to customers experiences with personalized services, with customized promotions and how they affect customer satisfaction and customer loyalty behaviors. The research design adopted is the qualitative research and sample size used is 12 restaurant customers who were interviewed through semi-

structured research questionnaires. Previous findings have demonstrated that personalised marketing, which includes customized services, loyalty program, and other personalised services, heightens customers' satisfaction due to their sense of recognition and respect. Furthermore, it can be observed that if customers are happy with the service that they received, they are also likely to visit the company once again and start developing their loyalty to the company. However, it is important to remember that any type of personalized marketing methods can not ensure the long term customer loyalty in the existence of poor service quality. It has been observed that personalized marketing practices need to be combined with good customer experience in order to foster long-term customer loyalty in the restaurant industry. Consequently, the paper, substantiates the importance of personalised marketing techniques and customer satisfaction in restaurants to create customer loyalty.

Keywords:Personalized Marketing, Customer Loyalty, Customer Satisfaction, Restaurant Industry.

1.INTRODUCTION

Competition has been intensified as customer expectations have changed and digital marketing practices have grown quickly in the restaurant business world. Many restaurants have taken up customization measures to build deeper relationships with their customers and improve customer loyalty.Personalized marketing refers to marketing activities, services and communications specifically designed for the preferences, interests and needs of particular customers.Customized marketing is more about making unique customer experiences to achieve greater customer engagement and customer satisfaction, as opposed to mass marketing (Kotler & Keller, 2016). In a restaurant sector, personalized marketing tactics can be reccomended menus, loyalty programs, personalized promotions, and special deals for events such as birthdays and anniversaries. The tailored experiences enhance customer perceptions of recognition and attentiveness, resulting in an enhanced eating experience and stronger relationship with the business (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019).

In the restaurant industry, one of the key tools that complement a range of personalization strategies is Customer Relationship Management (CRM). Payne and Frow (2005) claimed that CRM helps firms to gather and make the most of the details from their customers and give them tailored companies and build extended customer relationships. Other research studies have also shown significant influence of personalized marketing on customer satisfaction and customer loyalty. since this type of marketing would enable the restaurant to offer personalized service and experiences to customers, who would be more likely to return to the restaurant Moreover, the restaurant industry is a particular field that customers are likely to be loyal because repeat purchases, positive word-of-mouth communication and the sustainability of the business are the end-products of customer loyalty (Han & Ryu, 2009).

While a handful of studies focused on personalized marketing or customer loyalty, few studies have focused on the effect of converting personalized marketing strategies on customer loyalty, uniquely in the restaurant industry context, by considering customer satisfaction as an intermediate variable. Previous research has been mostly conducted within the broad hospitality and service industries . and not in specific establishments such as restaurants (Payne & Frow, 2005). Moreover , previous studies have focused on customer satisfaction as the basis for turning customers into loyal customers, however, the role of customer satisfaction as a mediator between personalized marketing and customer loyalty is not well explored in the restaurant domain (Aityassine, 2022). The Study also identified a gap in research on the issue of how personalized marketing affects customers satisfaction and customer loyalty in restaurant sector.

This study is intended to look at the correlation among personalized marketing, customer satisfaction, and customer loyalty within the restaurant business. The study aims to explore the following research question: How does personalized marketing link to customer satisfaction and customer loyalty in the restaurant business? The findings of this study will add to the existing body of knowledge on restaurant marketing and will give restaurant companies practical insights of personalizing their marketing strategies to better foster customer loyalty (Kotler & Keller, 2016).

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Customer Loyalty: Key Concepts and Relevance to Restaurants

Loyalty of clients is seen as one of the most essential criteria for the long-term success of companies within the restaurant business. The loyal client returns to a particular establishment multiple times, recommends it to other people, and contributes to steady revenue growth. According to Oliver (1999), the notion of customer loyalty involves a customer's decision to continue buying goods from the same company or brand irrespective of the presence of other options on the market. In competitive markets like those related to the restaurant business, the retention of the client base proves to be more cost-efficient than acquiring new clients (Kotler & Keller, 2016).

In terms of the restaurant industry, the issue of client loyalty is highly dependent on such aspects as the satisfaction of clients and their experiences during dining sessions. The majority of clients who receive high-quality food products, enjoy good services, and have emotional well-being regarding their meals visit restaurants again. As proved by Han and Ryu (2009), customer satisfaction has a considerable impact on the revisit intention and loyalty of clients within the restaurant business.

Additionally, loyalty customers may be emotionally attached to a restaurant through memorable dining experiences that they have had. Based on relationship marketing theory, which explains that businesses' long-term relations with their customers will make the customers trust more in the business, thus making the loyalty stronger (Gronroos, 1994), restaurants are now increasingly emphasizing efforts that would enhance customer relations.

2.2 Personalized Marketing in the Restaurant Industry

Personalized marketing can be described as the strategy of personalizing marketing activities, communication, and service delivery depending on customers' preferences, actions, and requirements. Unlike conventional mass marketing strategies, personalized marketing focuses on personalizing interactions in order to make customers feel acknowledged and appreciated. As noted by Payne and Frow (2005), the CRM approach facilitates business organizations' ability to utilize customer information to offer personalized services.

In the restaurants business, personalized marketing can manifest itself in several ways such as offering customized recommendations, running loyalty programs, making promotions based on customers' preferences, arranging things for particular days like birthdays and anniversaries, and others. Restaurants may also leverage customer buying behavior and preferences in offering tailored dining experience to their guests. Chaffey and Ellis-Chadwick (2019) noted that digital technologies and customer information make customer communication more personalized and interactive.

Personalized marketing has the ability to increase customer satisfaction as customers will be more appreciative of the services which fit into their preferences. Customers who receive a sense of personal recognition from the restaurant can become more emotionally attached to the establishment. As stated by Reinartz et al. (2004), CRM increases customer relationship and service quality perceptions. This is the reason why personalized marketing has become increasingly relevant within the restaurant industry.

2.3 The Relationship Between Personalized Marketing and Customer Loyalty

Personalized marketing may positively impact customer loyalty in terms of customer satisfaction and emotionality. When a client receives personalized attention and services, he/she is able to feel valuable, which will result in the development of a positive attitude towards the business. Customer satisfaction was considered an important step towards building customer loyalty (Oliver, 1999) , while Payne and Frow (2005) discussed the importance of the CRM approach for the development of personalized customer relationships. Personalized approaches may be used to build loyal clients in restaurant settings. Personalized advice, personalized rewards programs, and personalized communications may contribute to client loyalty in restaurants because they help engage customers emotionally and make them willing to return and to recommend the establishment to other clients. Customer trust increases the efficiency of personalized marketing since customers believe that their personal data is used correctly.

Nonetheless, personalized marketing might not be sufficient to ensure customer loyalty. From previous literature, it is evident that food quality and consistency of services also play an important role in making customers decide on whether to revisit the restaurant or not (Han & Ryu, 2009). From this observation, personalized marketing proves to be effective only when the level of customer satisfaction and service is also satisfactory. Hence, there is a need to understand the link between personalized marketing, customer satisfaction, and customer loyalty.

3. METHODOLOGY

3.1 Research Design

The research in this case will use qualitative research method and aims to find out how personalized marketing/promotion influences customer satisfaction and customer loyalty in a restaurant business. As qualitative research helps the researcher to understand the perceptions of the customers and their attitude towards customized marketing and promotion, it has been decided to use a qualitative approach. Qualitative research should be used when exploring individuals' attitudes and understanding their social experiences (Creswell, 2014). This is why it is best to interview customers to obtain information regarding their experience while dining out.

The study in the present paper is considered to be exploratory one because only few studies could be identified that have investigated the impact of personalized marketing strategies on customers' loyalty through customers' satisfaction in the hospitality industry. Most of the available literature has dealt with general services whereas there are limited numbers of studies carried out in the field of restaurant services as well. Thus, qualitative research methodology is adopted as it enables the researcher to understand the phenomenon in depth (Creswell, 2014).

3.2 Participants and Sampling

The participants for this research comprised 12 people who are familiar with visiting restaurants. The respondents were randomly selected by the convenience sampling since they were accessible to the researcher. Paper 3 proposes that convenience sampling is widely used in a qualitative research that seeks to gain insights from respondents with lots of knowledge about the studied area (Saunders et al., 2019).

The respondents had different experiences with dining out, and opinions regarding the marketing of personalization in restaurants. In particular, the sample comprised people who regularly visit restaurants and thus are familiar with different kinds of promotional and customer service activities in restaurants.

3.3 Data Collection

The data collection process used was Semi-structured Interview. The researcher can use ready-made questions while leaving space for further elaboration of the interview participant's experience, in semi-structured interviews (Bryman, 2016). The questions were designed for the interview process and were in accordance with the research interests and the literature review that was carried out, particularly in relation to personalized marketing and customer loyalty.

The participants were interviewed regarding their dining experience in restaurants, their perception of personalized service, their response towards the promotion provided, their level of satisfaction and their behavior of being loyal to the restaurant. Personalized marketing opportunities talked about during the interviews were ‘personalised recommendations', 'employee's remembering preferences' and 'dressing up for special occasions like birthdays or anniversaries'.

The interviews were 10-15 minutes long and were carried out either physically or virtually. Prior to the interviews, participants were informed of the objectives of the study.

3.4 Data Analysis

Thematic Analysis was used to analyze the collected data. Thematic analysis is a type of qualitative data analysis that is used to identify, organize, and interpret patterns or themes in qualitative data (Braun & Clarke, 2006). All interpretations made during the interviews were analyzed multiple times for the discovery of similar ideas or patterns regarding personalized marketing, promotion approaches, customer satisfaction and customer loyalty.

Based on the analyses, all data were divided into some main themes, namely, food quality, personalized services, promotions, customer satisfaction, and intention to return, among others.

4. FINDING AND DISCUSSION

4.1 Importance of Food Quality and Service Experience

It was discovered that among all other variables, the factor of food quality and taste played an influential role in developing customer loyalty. The majority of respondents indicated that they come back to restaurants due to good food and not because of any discount programs. Some participants mentioned that even though there are offers like loyalty programs or discounted prices at restaurants, they would not come again if the food quality was poor.

This research finding confirms the findings of Han and Ryu (2009), according to whom the overall dining experience of customers (which includes quality of food and service quality) plays an influential role in customer satisfaction and loyalty. Additionally, Oliver (1999) stressed the importance of customer satisfaction and emotional experience in building loyal relationships with customers.

Moreover, the importance of the factor of service quality and restaurant atmosphere could be seen from the responses of some participants. It turned out that people appreciate restaurants that offer comfortable environments and good customer service. These findings support the theory of relationship marketing (Gronroos, 1994) .

4.2 Impact of Personalized Marketing on Customer Satisfaction

The results of the interviews reflected different views concerning the personalized marketing efforts. There were some individuals who acknowledged that they felt happy about the personalized treatment, like remembering customers' needs and making certain arrangements on special occasions. In such cases, the consumers perceived themselves as being valued and emotionally attached to the restaurant.

It was stated that personalized service makes the experience memorable, thus enhancing the overall satisfaction from the visit. The above-stated result is consistent with the results of the

study conducted by (Reinartz et al., 2004). It is worth noting that some respondents pointed out that personalized services have no strong effect on their decision to go for meals at those places. According to them, the importance of personalized service could not outweigh food quality. Thus, personalization of marketing could improve customer experience, but not always drive their loyalty.

This finding supports Payne and Frow (2005), who argued that personalized marketing and CRM strategies improve customer relationships and customer satisfaction through individualized customer experiences.

4.3 Influence of Promotional Strategies on Customer Behavior

Promotional activities also had different degrees of impact on consumer behavior. Some participants revealed that promotions such as discounts, loyalty programs, and other special deals prompted them to return to the restaurant, especially if those promotions were significant for them.This result is consistent with the findings by Kotler and Keller (2016), who emphasized that tailored promotional activities can be more effective since they cater to consumers' needs and expectations. In the same vein, Zhang and Wedel (2009) posited that tailored promotions have a strong effect on customer behavior.

However, there were participants who said that promotions were not enough to build loyalty. Most of the participants pointed out that they will return to the restaurant if they were satisfied with the food and overall dining experience. Moreover, too many or irrelevant promotions were also perceived negatively by some participants.This study of Barari et al. (2019) asserted that customer engagement does not solely depend on promotions, but also on the relationship and customer experience.

4.4 Relationship Between Customer Satisfaction and Loyalty

The findings showed that customer satisfaction has a vital mediating effect on personalized marketing, promotional activities, and customer loyalty. Those customers who had satisfactory experiences and felt personalized during their visits were inclined to go back and refer the restaurant to others.It was noted by some of the respondents that they felt valued and appreciated because of the personalized experiences at the restaurant, and thus, they formed a strong emotional bond with the restaurant. Oliver (1999) argued that satisfied customers were more likely to form long-term brand loyalty. Likewise, Han and Ryu (2009) reported that customer satisfaction had a significant effect on revisit intentions and loyalty in restaurant businesses. On the whole, from these findings, it can be deduced that personalized marketing and promotion strategies may positively impact customer loyalty by ensuring customer satisfaction. But the effectiveness of such strategies also relies upon food quality and customer service.

5. Conclusion

The present investigation has been conducted to determine if any links exist between the use of personalized marketing practices, customer satisfaction and customer loyalty for the restaurant sector. Thus, it was found that personalized marketing methods such as personalized suggestions, rewarding loyal customers, offering some different personalized arrangement for certain types of events can be seen as effective tools in improving customers' satisfaction and loyalty to the enterprise.

It is to be noted that customer satisfaction serves as a mechanism of developing a relationship between personalisation of marketing activities and customer loyalty. However, it was found that personalization is a major contributor to the improvement of the customer experience and brands that do this tend to leave a stronger impression on the customer, so he or she will be more inclined to come back to the restaurant and refer it to his or her friends. But there are many other factors, such as quality of dishes and service, ambience, etc.

Moreover, the results imply that restaurants need to apply personalized marketing techniques strategically and efficiently to enhance customer relations and gain a competitive edge. Personalization of services will help meet to customers' needs and boost customer satisfaction levels to foster loyalty.

However, the valuable information provided by the study, there are several limitations associated with the research. This study was conducted with a limited number of respondents, namely 12. Further studies can be carried out with the use of more respondents and quantitative methods to study the impact of personalized marketing on customer satisfaction and loyalty.

REFERENCES

Aityassine, F. L. Y. (2022). Customer satisfaction, customer delight, customer retention and customer loyalty: Borderlines and insights. Uncertain Supply Chain Management, 10(3), 895–904. https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.3.005

Barari, M., Ross, M., & Surachartkumtonkun, J. (2019). Negative and positive customer shopping experience in an online context. Journal of Retailing and Consumer Services, 53, 101985. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101985

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101.

Bryman, A. (2016). Social research methods (5th edition). Oxford University Press.

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). Digital marketing (7th edition). Pearson Education.

Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th edition). SAGE Publications.

Gronroos, C. (1994). From Marketing mix to Relationship Marketing: Towards a Paradigm Shift in marketing. Asia-Australia Marketing Journal, 2(1), 9–29. https://doi.org/10.1016/s1320-1646(94)70275-6

Han, H., & Ryu, K. (2009). The roles of the physical environment, price perception, and customer satisfaction in determining customer loyalty in the restaurant industry. Journal of Hospitality & Tourism Research, 33(4), 487–510. https://doi.org/10.1177/1096348009344212

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing management (15th ed.). Pearson Education.

Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty? Journal of Marketing, 63(4_suppl1), 33–44. https://doi.org/10.1177/00222429990634s105

Payne, A., & Frow, P. (2005). A strategic framework for customer relationship management. Journal of Marketing, 69(4), 167–176. https://doi.org/10.1509/jmkg.2005.69.4.167

Reinartz, W., Krafft, M., & Hoyer, W. D. (2004). The Customer Relationship Management Process: its measurement and impact on performance. Journal of Marketing Research, 41(3), 293–305. https://doi.org/10.1509/jmkr.41.3.293.35991

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). Research methods for business students (8th edition). Pearson Education.

Zhang, J., & Wedel, M. (2009). The effectiveness of customized promotions in online and offline stores. Journal of Marketing Research, 46(2), 190–206. https://doi.org/10.1509/jmkr.46.2.190

MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE ÖĞRENCİ MUTLULUĞU ANALİZİ: SOSYAL, EKONOMİK VE AKADEMİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Havva Belinay YÜCE
Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 81620 Center, Düzce
ORCID ID: 0009-0005-2621-4319
Doç. Dr. Serdar KIRIŞOĞLU
Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 81620 Center, Düzce
ORCID ID: 0000-0002-4416-6657

ÖZET
Bu çalışmada, Bilgisayar Mühendisliği 4. sınıf öğrencilerinin stres, mutluluk ve gelecek kaygısı düzeylerini etkileyen faktörlerin incelenmesi ve bu düzeylerin tahmin edilmesine yönelik makine öğrenmesi tabanlı bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın veri seti, doğrudan Bilgisayar Mühendisliği bölümünde öğrenim gören son sınıf öğrencilerine uygulanan anketlerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Araştırma kapsamında; öğrencilerin akademik durumları, aile desteği, sosyal medya kullanımı, ekonomik koşulları ve çeşitli demografik özellikleri gibi değişkenlerin psikolojik durum üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.
Makine öğrenmesinin temel prensipleri doğrultusunda, anket verilerinden anlamlı örüntüler çıkarabilen ve öğrencilerin stres düzeylerini tahmin edebilen modeller geliştirilmiştir. Çalışma sürecinde veri niteliği ve veri miktarı gibi model performansını doğrudan etkileyen faktörler dikkate alınmış; özellikle küçük veri setleriyle çalışmanın oluşturduğu teknik sınırlamalar değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM) ve Random Forest gibi farklı algoritmalar karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Ayrıca veri dengesizliğini gidermek amacıyla veri çoğaltma ve boyut indirgeme yöntemleri uygulanmış, ancak bu yöntemlerin küçük veri setlerinde aşırı öğrenmeye (overfitting) neden olarak model performansını olumsuz etkileyebildiği gözlemlenmiştir.
Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda, en dengeli ve istikrarlı performansı Logistic Regression algoritmasının sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, öğrencilerin stres ve gelecek kaygısı düzeylerinin yalnızca akademik başarıyla değil; aile desteği, sosyal çevre ve ekonomik durum gibi sosyal faktörlerle de ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, öğrenci psikolojisinin makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz edilmesine yönelik literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir.
Anahtar kelimeler: Makine öğrenmesi, mutluluk analizi, bilgisayar mühendisliği öğrencileri.

ANALYSIS OF STUDENT HAPPINESS USING MACHINE LEARNING: THE EFFECTS OF SOCIAL, ECONOMIC, AND ACADEMIC FACTORS

ABSTRACT
In this study, it was aimed to examine the factors affecting the stress, happiness, and future anxiety levels of senior Computer Engineering students and to develop a machine learning–based model for predicting these levels. The dataset used in the study was created from survey data collected directly from senior students studying in the Computer Engineering department. Within the scope of the research, the effects of variables such as students' academic status, family support, social media usage, economic conditions, and various demographic characteristics on their psychological states were analyzed.

In line with the fundamental principles of machine learning, models capable of extracting meaningful patterns from survey data and predicting students' stress levels were developed. During the study, factors directly affecting model performance, such as data quality and data quantity, were carefully considered, and the technical limitations caused by working with small datasets were evaluated. In this context, different algorithms such as Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM), and Random Forest were comparatively tested. In addition, data augmentation and dimensionality reduction methods were applied to address class imbalance; however, these methods were observed to negatively affect model performance by causing overfitting in small datasets.
As a result of the experimental studies, Logistic Regression was determined to provide the most balanced and stable performance among the tested algorithms. The obtained findings indicate that students' stress and future anxiety levels are related not only to academic achievement but also to social factors such as family support, social environment, and economic conditions. In this respect, the study aims to contribute to the literature on analyzing student psychology through machine learning methods.
Keywords: Machine learning, happiness analysis, computer engineering students.

1. GİRİŞ

Makine öğrenmesi yöntemleri, sınıflandırma ve tahmin problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmakta olup özellikle denetimli öğrenme algoritmalarının bu alanlarda başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir (López-Flores et al., 2025). Son yıllarda öğrenci stresi, mutluluk düzeyi ve gelecek kaygısının tahmin edilmesine yönelik çalışmalar da makine öğrenmesi literatüründe önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak biyofizyolojik veri tabanlı yaklaşımlar ve anket tabanlı psikososyal yaklaşımlar olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir.

Biyofizyolojik veri tabanlı çalışmalarda EEG, EKG ve GSR gibi sinyaller kullanılarak bireylerin stres seviyeleri analiz edilmiştir (Panicker & Gayathri, 2019). Ayrıca öğrenciler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, Sudoku tabanlı bilişsel görevler sırasında toplanan kalp atış verileri derin öğrenme modelleriyle analiz edilmiş ve yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir (Chen & Lee, 2023). Ancak bu yöntemlerin sensör ve donanım gereksinimi nedeniyle maliyetli olması ve günlük kullanım açısından pratik olmaması, araştırmacıları anket tabanlı modellere yönlendirmiştir.

Anket verileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda; akademik başarı, sosyal medya kullanımı, aile desteği ve çevresel faktörlerin öğrenci psikolojisi üzerinde önemli etkileri olduğu gösterilmiştir (Ahuja & Banga, 2019; Sharma et al., n.d.). Özellikle internet kullanım alışkanlıkları ile sınav stresi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda Random Forest ve SVM gibi algoritmaların başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Ahuja & Banga, 2019). Bunun yanı sıra PCA ve Genetik Algoritmalar gibi boyut indirgeme yöntemlerinin yüksek boyutlu verilerde model performansını artırabildiği ifade edilmektedir (Ratul et al., 2023). Veri miktarının arttığı durumlarda ise Random Forest, AdaBoost ve Gradient Boosting gibi topluluk öğrenmesi (ensemble learning) yöntemlerinin daha güvenilir sonuçlar üretebildiği görülmektedir (Anand et al., 2023). Güncel çalışmalarda ayrıca CNN-SVM tabanlı hibrit ve açıklanabilir modellerin de öğrenci stres tahmininde kullanıldığı görülmektedir (Rahman et al., 2024). Literatürde veri ön işleme, standardizasyon ve eksik veri tamamlama süreçlerinin model başarısı üzerinde doğrudan etkili olduğu da vurgulanmaktadır (Razavi et al., 2023).

Bu çalışma kapsamında, Bilgisayar Mühendisliği 4. sınıf öğrencilerinin stres, mutluluk ve gelecek kaygısı düzeylerini etkileyen faktörlerin incelenmesi ve bu düzeylerin tahmin edilmesine yönelik makine öğrenmesi tabanlı bir model geliştirilmiştir. Literatürdeki

çalışmalardan farklı olarak bu araştırmada, yalnızca akademik başarı değil; sosyal medya kullanımı, aile desteği ve doğum sırası gibi demografik değişkenler de modele dahil edilmiştir. Ayrıca küçük veri setlerinde sentetik veri üretiminin model performansı üzerindeki etkileri incelenmiş ve veri bütünlüğünü koruyabilmek amacıyla maliyet duyarlı Logistic Regression yaklaşımı tercih edilmiştir.

2. Yöntem

Makine öğrenmesi modelinin eğitilebilmesi için veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Sentetik verilerin doğrudan kullanılması, gerçekçi sonuçların elde edilmesini olumsuz etkileyebileceğinden, Düzce Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümü 4. sınıf öğrencilerinden hazırlanan anketi, gönüllülük esasına dayalı olarak doldurmaları istenmiştir. Anket kapsamında; demografik bilgiler, ailenin maddi durumu, aile ve çevre ile olan iletişim düzeyi, psikososyal ve yaşam tarzı, bölümden beklentiler, mezuniyet sonrası meslek hayatına yönelik beklentiler ve mevcut stres düzeylerine ilişkin çeşitli sorular yöneltilmiştir. Anketin yapılması esnasında verilerin anonim olarak toplanmasına özen gösterilmiştir.

Soruların cevaplandırılması sürecinde klavye ile serbest veri girişi yapılmamasına özen gösterilmiştir. Bu doğrultuda cevapların önceden belirlenmiş seçenekler arasından seçilmesi sağlanmıştır. Bu nedenle veri setindeki değişkenlerin büyük bir kısmı kategorik yapıdadır. Veriler ham halleriyle toplanmış olup, yapılan incelemeler sonucunda veri setinde eksik veri bulunmadığı tespit edilmiştir.

2.1. Verinin İşlenmesi

Modelleme sürecine geçilmeden önce elde edilen verilerin incelenmesi gerekmektedir. Bu inceleme sayesinde stres düzeyi üzerinde etkili olabilecek değişkenlerin genel eğilimleri gözlemlenebilmiştir. Ön işleme aşamasında ise veri setinin modellemeye uygun hâle getirilmesi amacıyla gerekli kontroller sağlanmıştır.

Veri setinde yer alan değişkenler arasında değer aralıkları bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin maddi durum, yaş ve stres düzeyi gibi değişkenlerin sahip olduğu değer aralıklarının birbirinden farklı olması, bu verilerin aynı katsayılar ile işlenmesi durumunda model üzerinde yanlı etkilere neden olabilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla ölçekleme (scaling) işlemi uygulanmıştır.

Kategorik verilerin makine öğrenmesi modellerinde kullanılabilmesi için sayısal formata dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, değişkenlerin sahip olduğu yapıya bağlı olarak Label Encoding veya One-Hot Encoding yöntemleri kullanılmıştır.

Label Encoding yönteminde, değişken seçenekleri arasında doğal bir sıralama veya baskınlık ilişkisi bulunması önemlidir. Anket çalışmasında buna örnek olarak stres düzeyinin 1 ile 5 arasında derecelendirilmiş bir değer ile ifade edilmesi verilebilir. One-Hot Encoding yönteminde ise değişken seçenekleri arasında herhangi bir üstünlük ya da sıralama ilişkisi bulunmaması gerekmektedir. Bu nedenle ankette yer alan cinsiyet gibi değişkenler One-Hot Encoding ile etiketlenmiştir. Bu sayede her bir verinin bilgisayar tarafından anlaşılabilir olması sağlanmıştır.

Veri seti sayısal formata dönüştürüldükten sonra, modelleme süreci için veri seti eğitim ve test olmak üzere iki ayrı parçaya ayrılmıştır. Veri setinin iki parçaya ayrılmasında belirli bir oran gözetilmelidir. Literatürde yaygın olarak %80–%20 veya %70–%30 oranları tercih edilmektedir. İlgili çalışmada ise veri setinin bölünmesi gereken yerlerde %80-%20 şeklinde ayırma işlemi yapılmıştır.

Veri setinin ve hedef değişkenin türü göz önünde bulundurulduğunda Logistic regresyon modelinin daha uygun olabileceği düşünülüp önce bu regresyon modeli ile test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Veri setinin eğitim ve test olarak ayrılmasının yanı sıra 5-Katlı Çapraz

Doğrulama (5-Fold Cross-Validation) yöntemi kullanılmıştır. Parametreler yardımıyla veri seti beş parçaya ayrılarak ilk 4 parça yardımıyla eğitim, son parça ile de test işlemleri gerçekleşmiştir.

Modelin eğitimi esnasında hedef değişken olarak "Son Zamanlardaki Mutluluk Düzeyiniz Nedir?" sorusu seçilmiştir. Hedef değişkenin türü kategoriktir ve 5 kategoriden oluşmaktadır. Anketi dolduran kişiler tarafından 1 en mutsuz, 5 ise en mutlu olmak üzere 1 ve 5 arasındaki bir değeri seçerek mutluluk durumlarını belirtmeleri istenmiştir.

Tüm algoritmaların karşılaştırmasının yapılması ve hedef değişkenin sınıf sayısına bağlı olarak oluşabilecek tüm kombinasyonlar üzerinde deneme yapılarak en yüksek doğrulukta hangi modelin çalıştığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Öncelikle veri çoklama yapılmadan Logistic regresyon, Random Forest ve SVM kullanılarak modelin eğitilmesi sağlanmıştır. Bu esnada ortaya çıkan sonuçlar Tablo 2.1.1'de yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	Test F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%95	%73	%74
Random Forest	%98	%68	%68
SVM (Linear Kernel)	%100	%63	%64
SVM (RBF Kernel)	%98	%68	%68

Tablo 2.1.1. Modellerin veri çoklama yapılmadan ve hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durumdaki doğruluk değerleri

Kategori sayısının fazla olması ve veri miktarının az olması göz önünde bulundurularak hedef değişkenin kategori sayısını 2'ye düşürerek test edilip test sonuçlarının değerlendirilmesi sağlanmıştır. 1, 2 ve 3 seçeneğini seçenler mutsuz (0); 4 ve 5 seçeneğini seçenler ise mutlu (1) olarak tanımlanmıştır. Bu aşamada farklı modeller üzerinde de eğitim yapılarak, Cross-Validation (CV) eklenmiştir. Bu sayede doğruluk değerlerinin şans eseri ortaya çıkma olasılığı da düşürülmeye çalışılmıştır. Tablo 2.1.2'de modellerin doğruluk değerleri tablo üzerinde gösterilmiştir.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistic Regresyon	%98	%76	%76	%85
Random Forest	%100	%78	%79	%33
SVM (Linear)	%100	%68	%74	%40
Decision Tree	%100	%36	%69	%14
Gradient Boosting	%100	%68	%78	%25
AdaBoost	%95	%68	%78	%25

Tablo 2.1.2. Hedefin 2 sınıftan oluştuğu durumda modellerin karşılaştırması

F1-Skorunda mutlu öğrencileri bulma konusundaki başarı referans alınmıştır. Tabloya bakıldığında eğitim ve test doğrulukları arasındaki fark ezber durumu ile ilgili bilgi verdiğinden, farkın yüksek olması ezber yapıldığının göstergesidir. Cross-Validation (CV)

doğruluğu daha gerçekçi sonuç vermesi nedeniyle bu değer referans alınarak tahmin durumuna bakılıp aynı zamanda F1-Skorunun yüksekliği göz önünde bulundurulduğunda en iyi tahmini yapan model Lojistik regresyon çıkmıştır.

Veri miktarının az değişken sayısının fazla olmasından dolayı modellerin yüksek doğrulukta eğitilememe durumu göz önüne alındığında PCA işlemi uygulanarak sadece gerçekten etki eden değişkenlerin model eğitiminde kullanılması sağlanmış. Hedefi etkileyen sorular özellikle belirtilmiş ve onlara odaklanılarak model eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Hedef değişkenin iki sınıftan oluştuğu durum için doğruluk oranları Tablo 2.1.3'te yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%63	%68	%61	%50
SVM (Linear)	%62	%68	%60	%50
Random Forest	%90	%68	%72	%0
Decision Tree	%75	%57	%57	%0
Gradient Boosting	%91	%78	%76	%0
AdaBoost	%90	%68	%76	%0

Tablo 2.1.3. Hedef değişkenin iki sınıftan oluştuğu durumda PCA uygulanarak eğitilen modellerin doğruluk oranları

Lojistik regresyon ve SVM'de F1 Skoru %50 çıkmasına karşın diğer modellerde tahmin etme oranı %0'a düşmüştür. Bunun nedeni karmaşık modellerin küçük veri setlerinde tahmin konusunda başarısız olmasından kaynaklanmaktadır.

Hedefin beş kategoriden oluştuğu durum için model doğruluk oranları Tablo 2.1.4'te yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%52	%21	%23	%20
SVM (Linear)	%51	%21	%30	%16
Random Forest	%89	%36	%44	%26
Decision Tree	%64	%26	%38	%20
Gradient Boosting	%91	%36	%43	%30
AdaBoost	%58	%42	%37	%29

Tablo 2.1.4. Hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durumda PCA uygulandığında modellerin doğruluk oranları

Modellerin bazılarında F1-Skor yükselirken bazılarında düşmüştür. Ancak kritik nokta hiçbir modelin tahmin oranı yeterince yüksek değildir.

Veri setinin küçük olmasından kaynaklı olarak düşük doğruluk değerlerinin çıkması olası olduğundan bir de veri çoklama yapılarak modeller eğitilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. Veri çoklama işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta test veri setinde kesinlikle çoklama işleminin yapılmamasıdır. Bu nedenle önce veri seti eğitim ve test olmak üzere ikiye bölünüp, daha sonra sadece eğitim veri setinde çoklama yapılmıştır. Çoklama işleminde upsampling yöntemi kullanılarak sınıf dengesizliği ortadan kaldırılmıştır. Hedef değişken mutlu ve mutsuz olarak iki sınıftan oluşmaktadır ve mutlu sınıfının sayısı mutsuz sayısı ile

eşitlenmiştir. Çoklama işlemi sonrası modellerin başarı oranları Tablo 2.1.5'te yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%100	%68	%78	%40
SVM (Linear)	%100	%68	%75	%40
Random Forest	%100	%73	%82	%28
Decision Tree	%100	%52	%77	%18
Gradient Boosting	%100	%68	%78	%25
AdaBoost	%97	%63	%74	%22

Tablo 2.1.5. Modellerin Upsampling sonrası doğruluk oranları

Tablo 2.1.5'te CV doğruluğu olarak en yüksek oran Random Forest modelinde çıkmıştır ancak F1-Skor %28 çıktığından tahmin konusunda başarılı olamadığı gözlemlenmiştir.

Hedef değişkenin iki değil beş sınıftan oluştuğu durumda upsampling uygulanarak doğruluk oranlarındaki değişimin gözlemlenebilmesi için modellerin eğitimi gerçekleştirilmiştir. Model sonuçları Tablo 2.1.6'te yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%100	%42	%50	%33
SVM (Linear)	%100	%31	%46	%22
Random Forest	%100	%36	%47	%21
Decision Tree	%100	%10	%38	%6
Gradient Boosting	%100	%31	%45	%21
AdaBoost	%50	%63	%38	%53

Tablo 2.1.6. Hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durumda Upsampling uygulanarak eğitilen modellerin doğruluk oranları

Upsampling işlemi uygulanırken en yüksek veriye sahip olan kategori referans alınarak diğer kategorilerin sayısı arttırılmıştır. Test veri setinde her bir kategoriyi temsil eden veri miktarı çok azdır. Test işlemi sonrası oranların düşük olmasının nedeni veri çeşitliliğinin az olmasından kaynaklanmaktadır.

Veri çoklama işlemlerinden popüler olan bir diğer yöntem SMOTE işlemidir. Kategorik verilerde bir veya birkaç sınıfın baskın olduğu durumlarda, modelin yanlı tahminler üretmesi olasıdır. SMOTE tekniği sayesinde eğitim verisi üzerindeki sınıf dengesizliğinin azaltılması da amaçlanmıştır. Bu işlem uygulanırken önce hedef değişkenin kategorilerinin sahip olduğu verilerin miktarı en fazla olan ile eşitlenecek şekilde sentetik veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durum için Tablo 2.1.7'teki model eğitim sonuçları elde edilmiştir.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%100	%36	%47	%30
SVM (Linear)	%100	%42	%39	%35
Random	%100	%47	%49	%33

Forest				
Decision Tree	%100	%36	%34	%30
Gradient Boosting	%100	%31	%48	%23
AdaBoost	%81	%57	%43	%45

Tablo 2.1.7. Beş hedeften oluşan SMOTE işlemi sonrası modellerin doğruluk oranları

SMOTE işlemi uygulandığında modellerin çoğunlukla ezber yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca CV değerine bakıldığında da en yüksek doğruluk oranı %49 ile Random Forest modeli çıkmıştır.

Hedef değişkeni iki sınıfa düşürerek modellerin SMOTE kullanılarak eğitildiği durumdaki doğruluk oranları Tablo 2.1.8'da yer almaktadır. Mutlu ve mutsuz olarak ikiye ayrılan sınıflarda mutlu sayısı mutsuz sayısına eşitlenerek veri arttırımı sağlanmıştır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%99	%63	%75	%22
SVM (Linear)	%100	%68	%72	%40
Random Forest	%100	%78	%80	%33
Decision Tree	%100	%73	%75	%44
Gradient Boosting	%100	%68	%76	%40
AdaBoost	%96	%68	%78	%25

Tablo 2.1.8. Hedef değişkenin 2 kategoriden oluştuğu durumda SMOTE uygulanarak eğitilen modellerin doğruluk oranları

Random Forest modeli %80 doğruluk ile en yüksek doğrulukla çalışan modeldir ancak F1-Skoruna bakıldığında %33 oranı görülmektedir.

Veri çoklama yöntemi olarak SMOTE kullanıldığında modellerin istenen oranda doğruluk elde edilemediğinde farklı bir veri çoklama yöntemi olan ADASYN yöntemi kullanılarak model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Hedef değişkenin iki kategoriden ve beş kategoriden oluştuğu durumlar için model eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durum için modellerin doğruluk oranları Tablo 2.1.9'de yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%100	%36	%45	%30
SVM (Linear)	%100	%42	%39	%35
Random Forest	%100	%47	%49	%30
Decision Tree	%100	%31	%31	%20
Gradient Boosting	%100	%31	%51	%21
AdaBoost	%77	%36	%44	%29

Tablo 2.1.9. ADASYN uygulanarak hedef değişkenin beş kategoriden oluştuğu durumda modellerin doğruluk oranları

Akıllı artış uygulanarak veri miktarı arttırılmıştır ancak modellerin doğruluk oranları istenen oranlarda artmamıştır. Hedef değişken iki kategoriye indirilip ADASYN uygulanarak eğitilen modellerin doğruluk oranları Tablo 2.1.10'de yer almaktadır.

Model	Eğitim Doğruluğu	Test Doğruluğu	CV Doğruluğu	F1-Skoru
Lojistik Regresyon	%100	%68	%75	%40
SVM (Linear)	%100	%68	%72	%40
Random Forest	%100	%78	%79	%33
Decision Tree	%100	%73	%67	%44
Gradient Boosting	%100	%63	%78	%22
AdaBoost	%100	%68	%75	%25

Tablo 2.1.10. Hedef değişkenin iki kategoriden oluştuğu durumda ADASYN veri artırma yöntemiyle modellerin doğruluk oranları

Eğitim veri setindeki doğruluk oranlarının %100 olması verileri tamamen ezberlediklerini göstermektedir. CV doğrulukları yüksek olmasına rağmen F1-Skorları yeterince yüksek çıkmamıştır.

Genel olarak modellerin, hedef özniteliğinin iki kategoriden oluştuğu durumlarda daha yüksek doğruluk ile model eğitimini sağladıkları tespit edilmiştir. Ayrıca veri çoklama yapılmadığında da yine aynı şekilde daha kararlı modeller elde edilebildiği saptanmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, Bilgisayar Mühendisliği 4. sınıf öğrencilerinin stres düzeylerinin makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak tahmin edilebilmesine yönelik farklı modeller eğitilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Anket çalışması ile elde edilen veriler uygun ön işleme adımlarından geçirilmiş; veri çoğaltma ve boyut azaltma teknikleri ile desteklenerek farklı makine öğrenmesi algoritmaları ile analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda, yalnızca mevcut 4. sınıf öğrencilerinin stres düzeylerinin tahmin edilmesi değil, aynı zamanda henüz 4. sınıf aşamasına gelmemiş bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin gelecekteki olası stres düzeylerinin öngörülebilmesi için en uygun modelin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM) ve Random Forest gibi farklı makine öğrenmesi modelleri kullanılarak performans karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir. Ancak, veri setinin sınırlı büyüklüğe sahip olması ve öznitelik sayısının görece fazla olması nedeniyle, SMOTE ve PCA gibi veri çoğaltma ve boyut indirgeme tekniklerinin model performansı üzerinde beklenenin aksine olumsuz etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu tekniklerin modelin genelleme yeteneğini artırması ve aşırı öğrenme problemini azaltması beklenirken, elde edilen doğruluk değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmüştür.

4. Sonuç

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, en yüksek doğruluk oranına ve dengeli performansa sahip modelin Lojistik Regresyon olduğu belirlenmiştir. Veri çoğaltma ve PCA uygulanmadan, hedef değişkenin ikili sınıflandırma şeklinde ele alınmasıyla model eğitildiğinde %76 çapraz doğrulama (CV) başarımı elde edilmiştir. Ayrıca modelin F1-skorunun %85 olması, sınıflandırma performansının dengeli ve başarılı olduğunu göstermektedir. Diğer modellerin belirli durumlarda yüksek doğruluk değerlerine ulaştığı gözlemlense de özellikle sınıflar arası ayrım performanslarının genellikle %60'ın altında kaldığı tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, modelin daha istikrarlı ve güvenilir sonuçlar üretebilmesi için daha yüksek doğruluk değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Veri setindeki örnek sayısının sınırlı olması, modellerin aşırı öğrenmeye (overfitting) eğilim göstermesine ve hedef değişkenin çok sayıda

özniteliğe bağlı olması beklenen performans seviyelerine ulaşılmasını sınırlayan temel faktörler arasında yer almaktadır.

İlerleyen çalışmalarda, veri setinin genişletilmesiyle model performansının artırılması ve modelin farklı bölümlere uyarlanabilirliğinin incelenmesi hedeflenmektedir. Bu yönüyle çalışmanın, anket tabanlı benzer akademik araştırmalara katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

REFERANSLAR

[1] F. J. López-Flores, R. Ochoa-Barragán, A. Y. Raya-Tapia, C. Ramírez-Márquez, and J. M. Ponce-Ortega, "Introduction to machine learning," *Machine Learning Tools for Chemical Engineering*, pp. 3–8, 2025, doi: 10.1016/B978-0-443-29058-9.00001-X.

[2] S. S. Panicker and P. Gayathri, "A survey of machine learning techniques in physiology based mental stress detection systems," Apr. 01, 2019, *Elsevier Sp. z o.o.* doi: 10.1016/j.bbe.2019.01.004.

[3] Q. Chen and B. G. Lee, "Deep Learning Models for Stress Analysis in University Students: A Sudoku-Based Study," *Sensors*, vol. 23, no. 13, Jul. 2023, doi: 10.3390/s23136099.

[4] D. Sharma, N. Kapoor, D. R. Sandeep, and S. Kang, "STRESS PREDICTION OF STUDENTS USING MACHINE LEARNING." [Online]. Available: www.tjprc.org

[5] R. Ahuja and A. Banga, "Mental stress detection in university students using machine learning algorithms," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2019, pp. 349–353. doi: 10.1016/j.procs.2019.05.007.

[6] I. J. Ratul, M. M. Nishat, F. Faisal, S. Sultana, A. Ahmed, and M. A. Al Mamun, "Analyzing Perceived Psychological and Social Stress of University Students: A Machine Learning Approach," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17307.

[7] R. V. Anand, A. Q. Md, S. Urooj, S. Mohan, M. A. Alawad, and A. C, "Enhancing Diagnostic Decision-Making: Ensemble Learning Techniques for Reliable Stress Level Classification," *Diagnostics*, vol. 13, no. 22, Nov. 2023, doi: 10.3390/diagnostics13223455.

[8] A. Rahman, M. M. Syeed, K. Fatema, R. H. Khan, M. S. Hossain, and M. F. Uddin, "An Interpretable Hybrid CNN-SVM Model for Predicting Stress among University Students," in *Proceedings of IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, AICCSA*, IEEE Computer Society, 2024. doi: 10.1109/AICCSA63423.2024.10912575.

[9] M. Razavi *et al.*, "Machine Learning, Deep Learning and Data Preprocessing Techniques for Detection, Prediction, and Monitoring of Stress and Stress-related Mental Disorders: A Scoping Review (Preprint)," Oct. 16, 2023. doi: 10.2196/preprints.53714.

ÇALIŞAN SAĞLIĞI ÜZERINDE GÖRÜNMEZ BIR YÜK: PSIKOSOSYAL RISK OLARAK İŞ YERINDE MOBBING

Gülpınar ASLAN
Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Ağrı
ORCID: 0000-0002-1231-4272
Pınar ERYILMAZ
Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Education, Department of Guidance and Psychological Counseling, Ağrı
ORCID: 0000-0002-9487-5224
İrfan KAPLAN
Agri Ibrahim Cecen University, Department of Childcare and Youth Services, Vocational, School of Health Services, Ağrı
ORCID: 0000-0001-7702-7488

Özet
Mobbing, günümüz çalışma yaşamında çalışanların psikolojik ve sosyal iyilik hâlini tehdit eden önemli bir psikososyal risk olarak öne çıkmaktadır. Çalışanlara yönelik sistematik, kasıtlı ve süreklilik gösteren düşmanca davranışlar bütünü olarak tanımlanan mobbing, çoğu zaman örtük ve dolaylı biçimde ortaya çıktığı için görünürlüğü sınırlı kalmakta ve bu durum olgunun tam boyutunun anlaşılmasını güçleştirmektedir. Mobbing, bireylerin mesleki itibarını ve psikolojik bütünlüğünü zedeleyen; aynı zamanda örgütsel ilişkileri ve çalışma ortamının genel işleyişini olumsuz etkileyen çok boyutlu bir sorun alanı olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle yalnızca bireysel bir çatışma biçimi değil, örgütsel yapı ve kültürle ilişkili sistematik bir işyeri şiddeti türü olarak ele alınmaktadır.
Sonuç olarak mobbing, çalışma yaşamının sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk faktörüdür. Bu kapsamda olgunun etkili biçimde yönetilebilmesi için bireysel, örgütsel ve toplumsal düzeyleri kapsayan bütüncül ve kanıta dayalı önleme yaklaşımlarının geliştirilmesi gerekmektedir.
Anahtar Kelimeler: Çalışan sağlığı, Psikososyal risk, İş yerinde Mobbing, İş yeri şiddeti

AN INVISIBLE BURDEN ON EMPLOYEE HEALTH: WORKPLACE MOBBING AS A PSYCHOSOCIAL RISK

Abstract
Mobbing has emerged as a significant psychosocial risk that threatens employees' psychological and social well-being in today's working life. Defined as a pattern of systematic, intentional, and persistent hostile behaviors directed toward employees, mobbing often remains difficult to identify because it typically occurs in implicit and indirect forms, limiting its visibility and making it challenging to fully understand the extent of the phenomenon. Mobbing is considered a multidimensional problem that damages individuals' professional reputation and psychological integrity while also negatively affecting organizational relationships and the overall functioning of the work environment. Therefore, it is regarded not merely as an individual conflict but as a systematic form of workplace violence associated with organizational structure and culture.
In conclusion, mobbing constitutes a major risk factor for the sustainability of working life. In this context, developing holistic and evidence-based prevention approaches that encompass individual, organizational, and societal levels is essential for the effective management of this phenomenon.

Key Words: Employee Health, Psychosocial risk, Workplace Mobbing, Workplace violence

Giriş

Günümüzde çalışma yaşamı, yalnızca fiziksel riskler açısından değil, aynı zamanda çalışanların psikolojik ve sosyal iyilik hâlini etkileyen psikososyal riskler açısından da önemli tehditler barındırmaktadır. Bu riskler arasında yer alan işyerinde taciz, literatürde yaygın olarak mobbing kavramı ile ifade edilmekte olup, bir çalışana yönelik sistematik, kasıtlı ve süreklilik gösteren düşmanca davranışlar bütününü tanımlamaktadır (Rincon-Hoyos et al., 2025). Mobbing; tehdit, yıldırma, aşağılama, dışlama, küçük düşürme ve benzeri saldırgan davranışlar aracılığıyla bireyin mesleki itibarını zedeleyen, psikolojik bütünlüğünü tehdit eden ve zamanla fiziksel, psikolojik veya ekonomik zarara yol açabilen çok boyutlu bir olgudur. Bu yönüyle mobbing, yalnızca bireysel düzeyde yaşanan bir çatışma olarak değil, aynı zamanda çalışma yaşamında insan hakları, iş hukuku ve örgütsel etik bağlamında değerlendirilmesi gereken önemli bir ayrımcılık ve şiddet biçimi olarak kabul edilmektedir (Grotto-de-Souza et al 2023).

İşyerinde mobbing çoğu zaman görünür olmayan, dolaylı ve uzun süreli davranış örüntüleri şeklinde ortaya çıktığından, çoğu vakada resmi kayıt ve bildirimlere yansımamaktadır (Rincon-Hoyos et al., 2025). Çalışanların işlerini kaybetme kaygısı, örgütsel kültürün bu tür davranışları normalleştirmesi ya da yönetsel mekanizmaların yetersizliği gibi faktörler, mağdurların durumu rapor etmesini güçleştirebilmektedir. Bununla birlikte farklı sektörlerde gerçekleştirilen araştırmalar, çalışanların önemli bir bölümünün mesleki yaşamları boyunca çeşitli düzeylerde mobbing davranışlarına maruz kaldığını ve bu durumun hem mesleki performanslarını hem de kişisel yaşamlarını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Son yıllarda dijital iletişim araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte taciz davranışlarının elektronik iletişim ortamlarına da taşınması, mobbingin görünümünü ve yaygınlığını daha karmaşık bir hâle getirmiştir (Glavanitset al., 2025).

Mobbing, örgütsel ilişkileri zedeleyen ve çalışanların psikolojik iyi oluşunu önemli ölçüde etkileyen bir psikososyal stres kaynağı olarak da değerlendirilmektedir. Bu süreç mağdur bireylerde kaygı, tükenmişlik, değersizlik duygusu ve sosyal izolasyon gibi psikolojik sonuçlara yol açabilmekte; uzun vadede depresyon, uyku bozuklukları, kardiyovasküler sorunlar ve iş gücü kaybı gibi ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Quinlan., 2025). Ayrıca mobbingin bireysel düzeydeki etkileri örgütsel düzeye de yansımakta; iş doyumunun azalması, örgütsel bağlılığın zayıflaması, verimlilik kaybı ve artan işten ayrılma niyeti gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle mobbing, çalışan sağlığı ve iş güvenliği bağlamında ele alınması gereken önemli bir işyeri şiddeti türü olarak değerlendirilmektedir (Walker., 2025).

Yine mobbing olgusunun çok boyutlu etkileri de dikkate alındığında, bu sürecin yalnızca bireysel psikolojik sonuçlarla sınırlı olmadığı; aynı zamanda örgütsel iklim, liderlik tarzları ve kurumsal kültürle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle güç dengesizliklerinin belirgin olduğu, iletişim kanallarının kapalı ya da yetersiz olduğu ve çalışanlar arasında rekabetin yoğun biçimde teşvik edildiği örgütsel yapılarda mobbing davranışlarının ortaya çıkma olasılığı artmaktadır (Hodgins et al., 2024). Bu bağlamda mobbing, yalnızca bireyler arası bir çatışma biçimi olarak değil, aynı zamanda örgütsel yapı ve yönetim pratiklerinin bir çıktısı olarak değerlendirilmelidir. Nitekim kapsayıcı, destekleyici ve etik temelli liderlik yaklaşımlarının benimsendiği kurumlarda psikolojik güvenliğin güçlendiği ve mobbing vakalarının daha düşük düzeyde rapor edildiği bildirilmektedir (Santana et al., 2025).

Öte yandan, mobbingin önlenmesine yönelik stratejilerin yalnızca bireysel baş etme becerilerinin geliştirilmesiyle sınırlı kalmaması, kurumsal düzeyde sistematik müdahaleleri

de içermesi gerekmektedir. Bu kapsamda açık iletişim politikalarının oluşturulması, çalışanlara yönelik farkındalık eğitimlerinin düzenlenmesi, etkili şikâyet ve raporlama mekanizmalarının kurulması ve yöneticilere yönelik liderlik ve çatışma yönetimi eğitimlerinin verilmesi kritik öneme sahiptir (Minibas-Poussard et al., 2025). Ayrıca işyerinde psikososyal risk değerlendirmelerinin düzenli olarak yapılması ve çalışanların ruh sağlığını destekleyici programların uygulanması, mobbingin erken dönemde tespit edilmesi ve etkilerinin azaltılması açısından önemli katkılar sağlamaktadır (Farley et al., 2023).

Bununla birlikte, mobbingin toplumsal ve kültürel boyutları da göz ardı edilmemelidir. Toplumsal normlar, güç ilişkileri ve otorite algısı, işyerindeki davranış örüntülerini doğrudan etkileyebilmekte; bazı kültürel bağlamlarda mobbing davranışlarının normalleştirilmesine ya da görünmez kılınmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, mobbing ile mücadelede yalnızca kurumsal politikalar değil, aynı zamanda toplumsal farkındalığı artırmaya yönelik girişimler de önem kazanmaktadır (Hodgins et al., 2024). Çalışanların haklarını bilmeleri, etik ihlallere karşı duyarlılık geliştirmeleri ve destek mekanizmalarına erişimlerinin kolaylaştırılması, bu sürecin etkin yönetilmesine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, mobbingin bireysel, örgütsel ve toplumsal düzeylerde ortaya çıkan çok boyutlu etkileri, bu olgunun yalnızca bireysel bir sorun olarak değil, sistematik ve yapısal bir mesele olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Çalışanların psikolojik iyi oluşunun korunması, iş doyumu ve örgütsel bağlılığın güçlendirilmesi ile doğrudan ilişkili olup, aynı zamanda kurumsal verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından da belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, mobbingin etkilerinin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi ve erken dönemde önlenmesine yönelik kanıta dayalı stratejilerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Sağlıklı ve güvenli çalışma ortamlarının oluşturulabilmesi için, mobbingin nedenleri ve sonuçlarının çok yönlü olarak analiz edilmesi; örgütsel politika ve uygulamaların bu doğrultuda yapılandırılması gerekmektedir. Bu kapsamda geliştirilecek önleyici ve müdahale edici programlar, yalnızca bireysel farkındalığı artırmakla kalmamalı, aynı zamanda kurumsal kültürü dönüştürmeyi hedeflemelidir. Böylece çalışan sağlığının korunması, işyeri refahının artırılması ve sürdürülebilir bir çalışma yaşamının desteklenmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

Farley, S., Mokhtar, D., Ng, K., & Niven, K. (2023). What influences the relationship between workplace bullying and employee well-being? A systematic review of moderators. Work & Stress, 37(3), 345-372.

Glavanits, J., Hengl, K., & Benyák, A. (2025). Psychological Capital, Workplace Stress, and Mobbing in the Context of Workers' Mental Health. Societies, 15(9), 244.

Grotto-de-Souza, J., Pohl, H. H., & Aguiar-Ribeiro, D. (2023). Mobbing as a source of psychological harm in workers. Revista brasileira de medicina do trabalho, 20(4), 670.

Quinlan, M. G. (2025). Psychosocial hazards: An overview and industrial relations perspective. Journal of Industrial Relations, 67(2), 202-223.

Hodgins, M., Kane, R., Itzkovich, Y., & Fahie, D. (2024). Workplace bullying and harassment in higher education institutions: A scoping review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 21(9), 1173.

Minibas-Poussard, J., Tuger, A. T., Seckin, T., Bingöl, H. B., & Poirot, M. (2025). Workplace Bullying and Turnover Intention Among Boundary-Spanning Bank Workers: The Emotional Mechanism and the Amplifying Role of Workplace Unfairness. Administrative Sciences, 15(12), 496.

Rincon-Hoyos, H. G., Figueroa-Paz, R., Cardozo-Rengifo, M. M., Gil-González, D., Zúñiga-Martinez, J. F., Arias-Valderrama, O., & Gempeler, A. (2025). Understanding the Burden of

Mental Illness Induced by Workplace Mobbing: A Scoping Review. Actas Españolas de Psiquiatría, 53(5), 1104.
Santana, B., Monte, L., de Araújo Silva, B. S., Carneiro, G., Freire, S., Santos, J. A. M., & Mendonça, M. (2025). Psychological safety in software workplaces: A systematic literature review. Information and Software Technology, 107838.
Walker, J. (2025, November). Trauma, power, and psychological safety: Understanding the mental health impact of workplace bullying. In Healthcare, 13(23), 3084.

6-18 YAŞ ÇOCUĞA SAHIP ANNELERE BESLENME VE FIZIKSEL AKTIVITE ÜZERINE VERILEN EĞITIMIN ETKISI

Gülpınar ASLAN
Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Ağrı
ORCID: 0000-0002-1231-4272
Fatma GÜL CAN
Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Ağrı
ORCID: 0000-0002-6608-6340
Elif KANT
Ataturk University Health Services Vocational School, Aged Care Department, Erzurum,
ORCID: 0000-0002-3643-1975

Özet

Bu araştırmada 6-18 yaş çocuğa sahip annelere beslenme ve fiziksel aktivite üzerine verilen eğitimin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, randomize kontrollü bir çalışma olarak tasarlanmış olup, Eylül 2023-Mart 2025 tarihleri arasında Aile Sağlığı Merkezleri'ne kayıtlı 6-18 yaş aralığında çocuğu bulunan anneler ile yürütülmüştür. Araştırmanın evreni, hizmet sunulacak bölgenin sosyo-ekonomik düzeyine göre düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandırılmış ve tabakalı rastgele örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Araştırma müdahale grubunda 32, kontrol grubunda 32 olmak üzere toplam 64 anne ile yürütülmüştür. Araştırmacı hastalarla görüşmüş ve araştırma kriterlerini karşılayan ve çalışmaya katılmayı kabul edenleri onaylamıştır. Araştırma verileri, Tanıtıcı Bilgi Formu ile Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği (ABFA) kullanılarak toplanmıştır. Çalışmaya alınan annelerin yaş ortalaması müdahale grubunda 40.77±6.48, kontrol grubunda ise 39.23±8.71 olarak bulunmuştur. Çalışmaya katılan annelerin çocuklarının yaş ortalaması 12.03±3.41, BKI ortalaması ise 19.51±3.83 olarak saptanmıştır. Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği ön test puan ortalaması müdahale grubunda 50.74± 7.29, kontrol grubunda ise 50.70± 7.48 olarak, son test puan ortalaması müdahale grubunda 54.22±5.99, kontrol grubunda ise 50.81± 7.03 olarak bulunmuştur. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında müdahale grubunun Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği (ABFA) puan ortalamaları anlamlı derecede artarken kontrol grubunda anlamlı bir farklılık olmadığı bulunmuştur. Uygulanan eğitim programı sonucunda annelerin bilgi düzeylerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anne, Beslenme, Çocuk, Eğitim, Fiziksel Aktivite

THE EFFECT OF EDUCATION ON NUTRITION AND PHYSICAL ACTIVITY GIVEN TO MOTHERS OF CHILDREN AGED 6-18

Abstract

This study aimed to examine the effects of education on nutrition and physical activity provided to mothers of children aged 6–18. The research was designed as a randomized controlled trial and conducted between September 2023 and March 2025 with mothers registered at Family Health Centers. The sample was selected using a stratified random sampling method to represent low, medium, and high socio-economic levels. A total of 64 mothers participated—31 in the intervention group and 31 in the control group. Eligible participants were identified and enrolled through individual interviews conducted by the researcher. Data were collected using a Descriptive Information Form and the Family Nutrition and Physical Activity Scale (FNPA). The mean age of mothers was 40.77 ± 6.48 in the intervention group and 39.23 ± 8.71 in the control group. The average age of the children was 12.03 ± 3.41, and their mean BMI was 19.51 ± 3.83. The pre-test FNPA mean scores were 50.74 ± 7.29 in the intervention group and 50.70 ± 7.48 in the control group. Post-test scores

were 54.22 ± 5.99 in the intervention group and 50.81 ± 7.03 in the control group. There was a significant improvement in the FNPA scores of the intervention group compared to the control group. The findings suggest that the educational intervention effectively increased mothers' knowledge and promoted healthier nutritional and physical activity behaviors in their families.
Keywords: Mother, Nutrition, Child, Education, Physical Activity

1. Giriş

İnsan sağlığı; genetik faktörler, iklim, çevresel koşullar ve beslenme gibi birçok değişkenin etkisi altındadır (Küçük, 2019). Yaşamın sürdürülebilmesi için temel bir gereksinim olan beslenme, bireyin büyümesi, gelişmesi, hareket edebilmesi ve sağlığını koruyabilmesi için gerekli besin öğelerinin vücuda alınmasını ifade etmektedir (Ünsal, 2019).Yeterli beslenme, bireyin yaş, cinsiyet ve fiziksel aktivitesine bağlı olarak enerji ve besin ihtiyacının karşılanması anlamına gelirken, dengeli beslenme sağlıklı bir yaşam için gerekli olan besinlerin belirli ölçülerde ve düzenli olarak tüketilmesini ifade etmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2022).Yeterli ve dengeli beslenme, çocukların optimal büyüme ve gelişimini desteklerken, ergenlik döneminde ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarının önlenmesine, akademik başarılarının artmasına ve fiziksel-zihinsel gelişimlerine katkıda bulunmaktadır (Smolnikova et al., 2019; Murumi, 2018). Bunun yanı sıra sağlıklı beslenme, diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, inme ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıklara karşı koruyucu bir rol üstlenmektedir (WHO, 2020).

Besinlerin vücuda gereğinden az veya fazla alınmasının büyüme ve gelişimi olumsuz etkilediği ve sağlık problemlerine yol açtığı bildirilmektedir (Murumi, 2018). Yetersiz beslenmenin yılda yaklaşık 2,7 milyon çocuk ölümü ile ilişkili olduğu ve tüm çocuk ölümlerinin %45'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (WHO, 2021). Okul çağındaki çocuklar üzerinde yapılan araştırmalar, yetersiz ve dengesiz beslenmenin akademik başarıyı olumsuz etkilediğini, sınıf tekrarı oranlarını artırdığını ve okul bırakma oranlarının yükseldiğini ortaya koymaktadır (Ayogu, 2018). Ek olarak, öğün atlama, sağlıksız beslenme alışkanlıkları ve düşük fiziksel aktivite gibi riskli davranışların çocuklar ve ergenler arasında yaygın olduğu ve bu durumun aşırı kilo ile obezite prevalansının artmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Doustmohammadian, 2020). 1975 ile 2016 yılları arasında obez çocuk ve ergenlerin oranı %4'ten %18'e yükselerek dört kattan fazla artış göstermiştir. Obezite başlangıçta yalnızca yüksek gelirli ülkelerin bir sağlık sorunu olarak değerlendirilse de günümüzde düşük ve orta gelirli ülkelerde de ciddi bir artış göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki obezite prevelansının, gelişmiş ülkelere kıyasla %30 daha fazla arttığı belirtilmektedir (WHO, 2019). Çocukların ve ergenlerin sağlığı yalnızca beslenme ile değil, fiziksel aktivite ile de doğrudan ilişkilidir. Fiziksel aktivite, bireyin farklı düzeylerde enerji harcayarak kas ve iskelet sistemlerini harekete geçirmek için yaptığı hareketler olarak tanımlanmaktadır (Pancar, 2020). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), sağlıksız beslenme ve yetersiz fiziksel aktiviteyi küresel sağlık riskleri arasında değerlendirmekte olup, düzenli olarak yapılan fiziksel aktivitelerin bağışıklık sistemini güçlendirerek bireyleri kronik hastalıklardan koruduğunu vurgulamaktadır (WHO, 2020). Çocukluk döneminde yetersiz beslenme ve fiziksel aktivite eksikliği, ilerleyen yaşlarda kardiyovasküler hastalıklar, obezite, tip 2 diyabet, osteoporoz ve belirli kanser türlerinin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir (Weichselbaum & Buttriss, 2014).

Çocukların sağlıklı beslenme alışkanlıklarını kazanmalarında ebeveynlerin beslenme tutumları ve bilgi düzeyi kritik bir rol oynamaktadır (Tenjin et al., 2020; Bükülmez et al., 2021; Angeles-Agdeppa, 2019). Özellikle ebeveynlerin çocuklarına doğru ve sağlıklı besinler sunmaları, çocukların beslenme alışkanlıklarının gelişiminde etkili olmaktadır (Göbel et al.,

2020). Yapılan araştırmalar, ebeveynlere verilen beslenme eğitimlerinin çocukların sağlıklı besin seçimleri konusunda olumlu sonuçlar sağladığını ortaya koymaktadır (Göbel et al., 2020; Eyinacar, 2019;Sarıdağ Devran, 2018). Annelerin çocuklarına sağlıklı beslenme alışkanlıklarını kazandırmaları, sağlıklı yiyecek seçimlerini öğretmeleri ve bu yaşam biçimi davranışlarını sürdürülebilir hale getirmeleri büyük önem arz ettiğinden (Keskindemirci et al., 2020). Bu çalışmada, 6-18 yaş çocuğa sahip annelere beslenme ve fiziksel aktivite üzerine verilen eğitimin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Araştırmanın Şekli: Araştırma randomize kontrollü bir çalışmadır.

Araştırmanın Hipotezleri

H $_0$: Annelere beslenme ve fiziksel aktivite ile ilgili verilen eğitimin, annelerin bu konu ile ilgili bilgi düzeyleri, farkındalıkları ve davranışları üzerine bir etkisi yoktur.

H $_1$: Annelere beslenme ve fiziksel aktivite ile ilgili verilen eğitimin, annelerin bu konu ile ilgili bilgi düzeyleri, farkındalıkları ve davranışları üzerine etkisi vardır.

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Bu araştırma Eylül 2023-Mart 2025 tarihleri arasında Aile Sağlığı Merkezleri'ne kayıtlı 6-18 yaş aralığında çocuğu bulunan anneler ile yürütülmüştür. Araştırmanın evreni, hizmet sunulacak bölgenin sosyo-ekonomik düzeyine göre düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandırılmış ve tabakalı rastgele örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Örneklem, Ağrı İl Sağlık Müdürlüğü'ne bağlı Aile Sağlığı Merkezleri'ne kayıtlı ve dahil edilme kriterlerini sağlayan kadınlardan (6-18 yaş çocuğa sahip olan, sorulan soruları anlayabilecek ve yanıtlayabilecek düzeyde olan, yeterli iletişim kurulabilen, araştırmaya katılmaya istekli olma) oluşturulmuştur. Örneklem büyüklüğü, G Power bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır (Faul et al., 2007). Power analizi sonucunda, α=0.05 düzeyinde, etki büyüklüğü yüksek (ANOVA d=0.8) ve çalışma gücü %85 olacak şekilde yapılan hesaplamalar doğrultusunda, müdahale ve kontrol gruplarında 32'şer katılımcı olmak üzere toplamda 64 kadının araştırmaya dahil edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Randomizasyon yöntemiyle seçilen 32 kadın müdahale grubunu (eğitim grubu), 32 kadın ise kontrol grubunu oluşturmuştur. (Random.org).

Etik İlkeler

Araştırmaya başlamadan önce üniversitenin Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Evrak Tarih ve Sayısı: 28.04.2021- E-95531838) etik kurul onayı, kurum izni (Evrak Tarih ve Sayısı: 29.03.2023- E-26395034), araştırmaya katılan annelere, araştırmanın amacıyla ilgili bilgi verilerek, yazılı onamları ve araştırmada kullanılan ölçekler için ilgili yazardan gerekli izinler alınmıştır. Ayrıca bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Veri Analizi

Annelerin tanıtıcı özelliklerinin dağılımı için frekans, yüzdelik ve aritmetik ortalama, gruplar arası tanıtıcı özelliklerin karşılaştırılması için ki-kare, verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını değerlendirmek için kurtosis ve skewness kat sayıları, grup içi beslenme ve fiziksel aktivite ölçeği ön test-son test puan ortalamalarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplarda t testi, gruplar arası beslenme ve fiziksel aktivite ölçeği ön test-son test puan ortalamalarının karşılaştırılmasında bağımsız gruplarda t testi kullanılmıştır.

Veri Toplama Araçları

1. Tanıtıcı Bilgi Formu

Araştırmacılar tarafından oluşturulan, katılımcıların sosyo-demografik özelliklerini, çocukların boy ve kilo değerlerini, beslenme ile ilgili elde ettikleri bilginin kaynağını ve çocukların beslenmesinde rol alan aile bireylerini belirlemek amacıyla hazırlanmış 11 sorudan oluşan bir formdur.

2. Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği(ABFA)

Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği Ihmels ve ark. tarafından (2009) yılında geliştirilmiştir. Türkçe geçerlilik ve güvenirliği Özdemir ve Terzi tarafından (2020) yılında yapılmıştır. ABFA ölçeği, aile ortamlarını değerlendirip çocukluk çağı obezitesiyle ilişkili çeşitli davranışlardan oluşan bilgileri birleştiren ve obezite araştırmacıları ile çeşitli klinik ve halk sağlığı profesyonelleri tarafından kullanım potansiyeli olan bir tarama aracı olarak tasarlanmış, davranışsal temeli olan bir değerlendirmedir. Ölçek 20 maddeden oluşmakta olup dörtlü likert tipinde değerlendirilmektedir. Altı ayrı madde ters kodlanmış olup, bu maddeler 3, 4, 5, 7, 10 ve 13. maddelerdir. Ölçekten alınan toplam puan 20-80 arasında değişmektedir. Toplam puan karşılaştırılırken bir kesim noktası (cut off) değeri bulunmadığından, yüksek puanlar çocuğun obezitesi için daha az riskli aile uygulamalarını ve çocuk davranışlarını ifade ederken, düşük puanlar ise yüksek riskli aile ortamı ve uygulamalarıyla, çocuk davranışlarını ifade etmektedir. Ihmels ve arkadaşlarının çalışmasında ölçeğe ait Cronbach Alfa değerinin 0,72 olduğu, Özdemir ve Terzi'nin de Cronbach Alfa değerini 0,76 olarak bulduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın Cronbach alfa değeri de 0,74 olarak bulunmuştur.

Verilerin Toplanması ve Girişim

Eğitime başlamadan önce örnekleme dahil olan kadınlara araştırma hakkında bilgi verilerek, yazılı olurları alındıktan sonra veri toplama araçları yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulanıp, ön test verileri toplanmıştır. Randomizasyon ile müdahale ve kontrol grupları belirlendikten sonra, müdahale grubuna ilgili kurumun izin verdiği gün ve saatlerde uygun bir bölümde eğitim verilmiştir. Uzman araştırmacı tarafından konu anlatımı ve soru-cevap şeklinde verilecek olan eğitim, haftanın bir günü 60 dakikalık oturumlar halinde 4 hafta süreyle uygulanmıştır (Göbel ve ark., 2020; Eyinacar, 2019; Sarıdağ Devran, 2018). Dördüncü oturumun sonunda Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği kullanılarak son test verileri toplanmıştır. Kontrol grubuna herhangi bir girişim yapılmadan, ön test ve son test verileri müdahale grubu ile eş zamanlı olarak ve aynı ölçüm araçları kullanılarak toplanmıştır.

Tablo 1. Uzman Araştırmacı Tarafından Verilen Eğitim

Beslenme ve Fiziksel Aktiviteye Yönelik Eğitim Konuları
1. Hafta. Beslenme nedir? Doğru beslenme nasıl olmalıdır?
2. Hafta. Doğru Beslenmede Besin Öğeleri Seçimi Nasıl Yapılmalıdır?
3. Hafta. Okul Çağı Çocuklarında Beslenme Nasıl Olmalıdır?
3.Hafta. Adölesan (Ergenlik) Döneminde Beslenme nasıl olmalıdır, Nelere dikkat edilmelidir?
4. Hafta. Fiziksel Aktivete ve Önemi

3. Bulgular

Tablo 2. 6-18 Yaş Çocuğa Sahip Annelerin Sosyo-demografik Özelliklerinin Karşılaştırılması (n=64)

Demografik özellikler	**Gruplar**				**Önemlilik testi**
	Müdahale grubu X±S		**Kontrol grubu** X±S		
Yaş	40.77±6.48 (min24-max49)		39.23±8.71 (min25-max57)		
	n	%	n	%	**X^2 P**

Eğitim durumu					
Okuryazar değil	7	22.6	10	32.3	
İlkokul	11	**35.4**	12	**38.7**	1.591
Ortaokul	7	22.6	4	12.8	0.810
Lise	3	9.7	2	6.5	
Üniversite ve üstü	3	9.7	3	9.7	
Mesleği					
Ev hanımı	23	**74.2**	30 6	**80.6**	0.369
Çalışan	8	25.8		19.4	0.544
Gelir durumu					
Orta	22	**71.0**	24	77.4	0.033
Düşük	9	29.0	7	22.6	0.562
Sağlık güvencesi					
Var	25	**80.6**	29	93.5	2.296
Yok	6	19.4	2	6.5	0.130
Aile tipi					
Çekirdek	26	**83.9**	25	80.6	0.111
Geniş	5	16.1	6	19.4	0.740
Çocuğunuzun herhangi bir kronik hastalığı var mı?					
Hayır	27	**87.1**	29	93.5	0.738
Evet	4	12.9	2	6.5	0.390
Beslenme ve fiziksel aktivite konusunda sizce yeterince bilginiz var mı?					
Hayır	11	35.5	9	29.0	0.295
Evet	20	**64.5**	22	71.0	0.587
Cevabınız evet ise bu bilgiyi kimlerden/nereden aldınız?					
Sağlık personelinden	12	**60**	10	45.5	1.958
İnternetten	3	15	2	9.0	0.376
Ailemden-arkadaşlarımdan	5	25	10	45.5	
Aşağıdaki kaynaklardan hangisinden gelen fiziksel aktivite beslenme, diyet veya gıda ile ilgili bilgilere güvenirsiniz?					
Doktor, hemşire veya diğer sağlık personeli	19	**61.3**	17	54.8	3.108
Beslenme uzmanı veya diyetisyen	5	16.1	2	6.5	0.375
Kayınvalide anne gibi ailedeki deneyimli kadınlar	3	9.7	7	22.6	
Çocuğu olan diğer komşu ve arkadaşlar	4	12.9	5	16.1	
Çocuğunuzu beslenme şekli ile ilgili konularda en çok kim/ kimlerden etkilenirsiniz?					
Doktor, hemşire veya diğer sağlık personeli	19	**61.3**	23	74.2	3.848
Beslenme uzmanı veya diyetisyen					0.278
Kayınvalide anne gibi ailedeki deneyimli kadınlar	6	19.4	3	9.7	
Çocuğu olan diğer komşu ve arkadaşlar	2	6.5	4	12.9	
	4	12.8	1	3.2	
X±SS					
Çocuk yaş	12.03±3.41 (Min6-max18)				
Çocuk BKI	19.51±3.83 (Min12-max30)				

X^2, ki kare testi

*p<0.05 istatiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir

Çalışmaya alınan annelerin yaş ortalaması müdahale grubunda 40.77±6.48, kontrol grubunda ise 39.23±8.71 olarak bulunmuştur. Müdahale ve kontrol grubuna alınan annelerinin sosyo-demografik özellikleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız belirlenmiştir (p >0.05) (Tablo 2).

Müdahale grubunda yer alan annelerin %35.4'nün ilkokul mezunu olduğu, %74.2'nün ev hanımı olduğu, %71.0'nin orta gelirli olduğu, %80.6'sının sağlık güvencesinin olduğu, %83.9'nun çekirdek aileye sahip olduğu, %87.1'nin çocuklarında herhangi bir kronik hastalık olmadığı, %64.5'nin beslenme ve fiziksel aktivite konusunda bilgi sahibi olduğu, %60'nın bu bilgiyi sağlık personelinden aldığı, %61.3'ü fiziksel aktivite, beslenme, diyet veya gıda ile ilgili bilgileri alırken en çok doktor, hemşire veya diğer sağlık personeline güvendiklerini, %61.3'ü beslenme şekli ile ilgili konularda en çok doktor, hemşire veya diğer sağlık personelinden etkilendiklerini bildirmişlerdir (Tablo 2).

Kontrol grubunda yer alan annelerin %38.7'nin ilkokul mezunu olduğu, %80.6'nın ev hanımı olduğu, %77.4'nün orta gelirli olduğu, %93.5'nin sağlık güvencesinin olduğu, %80.6'nın çekirdek aileye sahip olduğu, %93.5'nin çocuklarında herhangi bir kronik hastalık olmadığı, %71.0'nin beslenme ve fiziksel aktivite konusunda bilgi sahibi olduğu, %45.5'nin bu bilgiyi sağlık personelinden aldığı, %54.8'i fiziksel aktivite, beslenme, diyet veya gıda ile ilgili bilgileri alırken en çok doktor, hemşire veya diğer sağlık personeline güvendiklerini, %74.2'si beslenme şekli ile ilgili konularda en çok doktor, hemşire veya diğer sağlık personelinden etkilendiklerini bildirmişlerdir (Tablo 2).

Çalışmaya katılan annelerin çocuklarının yaş ortalaması 12.03±3.41, BKI ortalaması ise 19.51±3.83 olarak saptanmıştır (Tablo 2).

4.SONUÇ ve ÖNERİLER

Küçük yaşlardan itibaren oluşturulan sağlıklı yaşam davranışları alışkanlıkları yaşamın geri kalan dönemini de etkilediği için özellikle sağlık profesyonelleri, annelerin beslenme ve fiziksel aktivite konularında farkındalıklarını arttıracak eğitim programları düzenlemelidir. Yine annelere doğru beslenme alışkanlıkları kazandırmada ve sağlıklı bir yaşam için gerekli olan fiziksel aktivitenin davranışa dönüştürülmesinde sağlık profesyonellerinin teşvik edici olması oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Angeles-Agdeppa, I., Monville-Oro, E., Gonsalves, J. F., & Capanzana, M. V. (2019). Integrated school based nutrition programme improved the knowledge of mother and schoolchildren. Maternal & child nutrition, 15, e12794.

Ayogu, R.N.B., Afiaenyi, I.C., Madukwe, E.U., & Udenta, E. A. (2018). Prevalence and predictors of under-nutrition among school children in a rural South-eastern Nigerian community: a cross sectional study. BMC Public Health, 18, 587-595.

Bükülmez, A., Oflu, A. T., Molon, L., Aydın, H., & Şen, T. A. (2021). Annelerin beslenme tutumları ile çocukların kilo durumu arasındaki ilişkisi. Kocatepe Tıp Dergisi, 22(3), 213-220.

Doustmohammadian, A., Omidvar, N., & Shakibazadeh, E. (2020). School-based interventions for promoting food and nutrition literacy (FNLIT) in elementary school children: a systematic review protocol. Systematic Reviews, 9, 1-7.

Eyinacar, M. (2019). Sağlıklı beslenme alışkanlığı kazandırılması projesi kapsamında ilkokul öğrencilerinin ebeveynlerine verilen beslenme eğitiminin, çocukların beslenme alışkanlıkları üzerine etkileri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, *39*(2), 175-191.

Göbel, P., Ercan, A., Bayram, S. (2020). The Impact of Nutrition Education of Parents on Food Choices of Their Children. Acta Scientific Nutritional Health, 4 (9), 89-98.
Keskindemirci, G., Özbay, Y. S., & Gökçay, EG. (2020). Okul Çocuğu ve Ergenlerde Beslenme. Başkan S, (Ed.), Çocuk Beslenmesi içinde (47-51). 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri.
Küçük, U. (2019). Paramedik öğrencilerinin beslenme durumları ve etkileyen faktörler. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 3 (1), 1-10.
Ihmels, M. A., Welk, G. J., Eisenmann, J. C., & Nusser, S. M. (2009). Development and preliminary validation of a Family Nutrition and Physical Activity (FNPA) screening tool. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 6, 1-10.
Murimi, M. W., Moyeda-Carabaza, A. F., Nguyen, B., Saha, S., Amin, R., & Njike, V. (2018). Factors that contribute to effective nutrition education interventions in children: a systematic review. Nutrition reviews, 76(8), 553-580.
Pancar, S. (2020). Orta ergenlerin fiziksel aktivite düzeylerinin değerlendirilmesi. Spor Eğitim Dergisi, 4 (3), 104-111.
Random.org. https://www.random.org
Özdemir, Ş. Çocukluk çağı obezitesini değerlendirmede kullanılan 'Aile Beslenme ve Fiziksel Aktivite Ölçeği'nin' Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması [Tıpta Uzmanlık Tezi]. Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi;2020.
Sarıdağ Devran, B. (2018). Lise öğrencileri ve ebeveynlerine verilen beslenme eğitiminin beslenme bilgi ve davranışları üzerine etkisinin belirlenmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
Smolnikova, F., Okuskhanova, E., Khayrullin, M., Pasko, O., Zhukovskaya, S., Zubtsova, Y., & Yakunina, E. (2019). Main problems of school nutrition. Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology, 13(4), 1633-8.
Tenjin, K., Sekine, M., Yamada, M., & Tatsuse, T. (2020). Relationship between parental lifestyle and dietary habits of children: a cross-sectional study. Journal of Epidemiology, 30(6), 253-259.
T.C. Sağlık Bakanlığı (2022). Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2022. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Rehberler/T%C3%BCrkiye%20Beslenme%20Rehber%20(T%C3%9CBER)%202022.pdf. Erişim Tarihi: 24. 02. 2023
Ünsal, A. (2019). Beslenmenin önemi ve temel besin öğeler. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2 (3), 1-10.
Weichselbaum, E., & Buttriss, J. L. (2014). Diet, nutrition and schoolchildren: An update. Nutrition Bulletin, 39(1), 9-73.
World Health Organization (WHO) (2019). Obesity. https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1. Erişim Tarihi: 22.02.2023.
World Health Organization (WHO) (2020). Healthy diet. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/en/ Erişim Tarihi: 22.02.2023.
World Health Organization (WHO) (2021). Infant and young child feding https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding.Erişim Tarihi: 22.02.2023.

KARADENİZ'DE SUALTI ARKEOLOJİSİ: TÜRKİYE'DE ALTYAPI, ARAŞTIRMALAR VE BİLİMSEL POTANSİYELLER

Arş. Gör. Dr. Michael Deniz YILMAZ
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Archaeology, 55139 Atakum, Samsun
ORCID ID: 0000-0003-1908-5537

ÖZET
Sualtı arkeolojisi genellikle deniz veya göl gibi suların yüzeyi altında yürütülen bir arkeoloji disiplini olarak karşımıza çıkmakla birlikte araştırma konuları arasında tekne batıklar ve liman kalıntıları yer almaktadır. Bu kalıntılar alüvyon dolgular veya tektonik hareketler sonucunda su altında bulunmamaları durumunda gerçekleştirilen çalışmalar yine sualtı arkeolojisinin alanı içinde değerlendirilmektedir.
Yunan-Roma Dönemleri'nde antik yazarlardan edinilen bilgiye göre Karadeniz ilk başta Pontos Axenios (Πόντος Ἄξεινος) yani "misafirperver olmayan deniz" olarak adlandırılmış, sonradan bu adlandırma Euxenios Pontos (Εὔξεινος Πόντος) yani "misafirperver deniz" olarak değiştirilmiştir. Karadeniz'in adlandırılması hakkında çeşitli görüşler olmakla birlikte erken (olumsuz) adlandırmanın Karadeniz'in zorlu yapısının ve doğasının etkili olduğu söylenebilir. MÖ 8. yüzyıldan başlayarak Batı Anadolu ve Yunanistan'dan gelen kolonistlerin kurduğu pazarlar (emporion) ve koloni kentlerinin (apoikia) sonucunda Karadeniz'in tamamında denizcilik faaliyetlerinin arttığı bilinmektedir. Denizcilik faaliyetlerinin artması, siyasi rekabetler sonucunda ortaya çıkan çatışmalarla askeri deniz seferleri sonucunda Karadeniz'de batan teknelerin miktarının artmasına sebep olmuştur.
Türkiye'de gerçekleştirilen arkeolojik çalışmalara genel olarak bakıldığı zaman en az araştırılan bölgeler arasında Karadeniz Bölgesi ve Karadeniz'in kendisi görülmektedir. Karadeniz Bölgesi'ndeki arkeolojik araştırmalar her ne kadar son yıllarda artış göstermekte olsa da, araştırmaların azlığı ve seyrekliği dikkat çekicidir. Bu durun bölgenin doğal koşullarının getirdiği zorlukların doğrudan bir sonucudur.
Çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesi; bölgede bu araştırmaların yürütülmesi için hali hazırda bulunan araştırma altyapı unsurları irdelenerek, gerçekleştirilmiş ve yayınlanmış olan araştırmalar ışığında bölgenin ve denizin doğal özellikleri kapsamında sualtı arkeolojisi açısından bilimsel potansiyelleri değerlendirilecektir.
Anahtar kelimeler: Karadeniz, Sualtı Arkeolojisi, Altyapı, Araştırma

UNDERWATER ARCHAEOLOGY IN THE BLACK SEA: INFRASRTUCTURE, RESEARCHES AND SCIENTIFIC POTENTIALS IN TÜRKİYE

ABSTRACT
Underwater archaeology is a discipline of archaeology which is generally conducted underwater in bodies of water such as seas and lakes, and its research topics include both shipwrecks and harbour remains. Even if these remains are not found underwater as a result of alluvial deposits or tectonic movements, the studies conducted on them are still considered within the field of underwater archaeology.
According to the information gained from ancient authors of the Greek-Roman Period the Black Sea was first named Pontos Axenios (Πόντος Ἄξεινος) meaning "the unhospitable sea", and later this naming was changed to Euxenios Pontos (Εὔξεινος Πόντος) meaning "the

hospitable sea". While there are various opinions on the naming of the Black Sea, it can be said that the early (negative) naming was influenced by the challenging nature and characteristics of the Black Sea. It is known that maritime activity increased throughout the Black Sea as a result of the founding of markets (emporion) and colony cities (apoikia). The increasing of maritime activity, together with the conflicts arising from political rivalries and military naval expeditions, led to a rise in the number of ships sunk in the Black Sea.
Observing the archaeological research conducted in Türkiye as a whole, the Black Sea Region and the Black Sea itself are among the least researched areas. Although archaeological research in the Black Sea Region has increased in recent years, the scarcity and sparsity of these researches are noteworthy. This being a direct result of the challenges posed by the regions natural conditions.
Within the scope of this study, the Black Sea Region will be examined in terms of its existing research infrastructure elements for conducting such researches in the region and its scientific potential in terms of underwater archaeology will be evaluated in light of the natural characteristics of the region and the sea, based on researches that have been carried out and published.
Keywords: Black Sea, Underwater Arczaeology, Infrastructure, Research

1. GİRİŞ

Antik Dönem'de Karadeniz ilk başta misafirperver olmayan deniz anlamında gelen Pontos Axenios (Πόντος Ἄξεινος) olarak adlandırıldığı, sonradan ise misafirperver deniz anlamında gelen Euxenios Pontos (Εὔξεινος Πόντος) olarak adının değiştirildiği Yunan-Roma Dönemleri'nde yaşamış olan antik yazarlardan günümüze ulaşan bilgilerden anlaşılmaktadır. Karadeniz hakkında olumsuz anlam taşıyan erken adlandırmanın Karadeniz'in zorlu yapısının ve doğasının etkili olduğu söylenebilir. MÖ 8. yüzyıldan itibaren gelişen denizcilik teknolojisinin sonucunda Batı Anadolu ve Yunanistan'dan gelen kolonistlerin kurduğu pazarlar (emporion) ve koloni kentlerinin (apoikia) sonucunda Karadeniz'in tamamında denizcilik faaliyetlerinin arttığı bilinmektedir (Boardman 1999).
Türkiye'de arkeolojik araştırmaların az gerçekleştirildiği bölgeler arasında bulunan Karadeniz Bölgesi ve Karadeniz'in kendisi de sualtı arkeolojisi alanında da sınırlı araştırmalara sahne olmuştur (Kızıldağ 2022). Karadeniz'deki sualtı arkeolojisi konusundaki çalışmalar her ne kadar sınırlı da olsa son derece önem arz eden sonuçlara ulaştığı görülmektedir.
Karadeniz'deki sualtı arkeolojisi alanındaki çalışmalar aşağıdaki başlıklar altında "araştırma altyapısı", "araştırmalar ve bulguları" ve "bilimsel potansiyel" olmak üzere sunulmuştur.
Gerçekleştirilen çalışma Türkiye'deki araştırma altyapılarını istatiksel olarak ortaya koymakla birlikte, il odaklı olarak olarak hem araştırma altyapılarını hem de gerçekleştirilmiş (ve yayınlanmış) olan çalışmaların bulgularını tablolar ışığında göstermektedir.

2. ARAŞTIRMA ALTYAPISI

Türkiye'de arkeolojik kazı ve araştırmalar doğrudan Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü bünyesindeki müzeler tarafından veya Genel Müdürlük'ten alınan izin ve ruhsat doğrultusunda üniversiteler tarafından yürütülmektedir.
Gerçekleştirilen kazı ve araştırmaların kurtarma veya acil müdahale amacı ötesinde bilimsel sonuçlar elde etmek amacıyla uzun soluklu çalışmalar olmaları durumunda çoğunlukla üniversiteler tarafından yürütülmektedir.

Türkiye'de bulunan devlet ve vakıf üniversiteleri arasında Karadeniz'e sınır iller yanı sıra görece yakın olan illeri değerlendirmeye alındığında arkeoloji programları konusunda aşağıdaki **Tablo 1**[3] karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 1. Karadeniz'e komşu illerdeki üniversitelerde arkeoloji programları.

İl	Üniversite	Lisans Eğitim	Lisansüstü Eğitim
Kırklareli	Kırklareli Üniversitesi	-	-
İstanbul	İstanbul Üniversitesi	+	+
	İstanbul Teknik Üniversitesi	-	-
	Boğaziçi Üniversitesi	-	-
	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	+	+
	Marmara Üniversitesi	-	-
	Yıldız Teknik Üniversitesi	-	-
	Galatasaray Üniversitesi	-	-
	Türk-Alman Üniversitesi	-	-
	İstanbul Medeniyet Üniversitesi	-	-
	Sağlık Bilimleri Üniversitesi	-	-
	Milli Savunma Üniversitesi	-	-
	Türk-Japon Bilim ve Teknololoji Üniversitesi	-	-
	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	-	-
İstanbul (Vakıf)	Koç Üniversitesi	+	+
	Sabancı Üniversitesi	-	-
	Işık Üniversitesi	-	-
	İstanbul Bilgi Üniversitesi	-	-
	Yeditepe Üniversitesi	-	-
	Doğuş Üniversitesi	-	-
	İstanbul Beykent Üniversitesi	-	-
	İstanbul Kültür Üniversitesi	-	-
	Kadir Has Üniversitesi	-	-
	Maltepe Üniversitesi	-	-
	Bahçeşehir Üniversitesi	-	-
	Haliç Üniversitesi	-	-
	İstanbul Okan Üniversitesi	-	-
	İstanbul Ticaret Üniversitesi	-	-
	İstanbul Aydın Üniversitesi	-	-
	Demiroğlu Bilim Üniversitesi	-	-
	Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi	-	-
	İstanbul Arel Üniversitesi	-	-
	Özyeğin Üniversitesi	-	-
	Altınbaş Üniversitesi	-	-
	Piri Reis Üniversitesi	-	-
	İstanbul Medipol Üniversitesi	-	-
	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi	-	-
	Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi	-	-
	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi	-	-
	İstanbul 29 Mayıs Üniversitesi	-	-
	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	-	-
	İstanbul Gedik Üniversitesi	-	-
	İstanbul Gelişim Üniversitesi	-	-

[3] "Araştırma Altyapısı" başlığı altındaki bütün tablolar ilgili kurumların internet ortamında sundukları bilgilerle oluşturulmuştur.

	Üsküdar Üniversitesi	-	-
	İstanbul Nişantaşı Üniversitesi	-	-
	MEF Üniversitesi	-	-
	İstanbul Esenyurt Üniversitesi	-	-
	Biruni Üniversitesi	-	-
	İbn Haldun Üniversitesi	-	-
	İstanbul Rumeli Üniversitesi	-	-
	İstinye Üniversitesi	-	-
	Beykoz Üniversitesi	-	-
	Fenerbahçe Üniversitesi	-	-
	İstanbul Kent Üniversitesi	-	-
	İstanbul Topkapı Üniversitesi	-	-
	İstanbul Atlas Üniversitesi	-	-
	İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	-	-
	İstanbul Galata Üniversitesi	-	-
Kocaeli	Kocaeli Üniversitesi	+	+
	Gebze Teknik Üniversitesi	-	-
Kocaeli (Vakıf)	Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	-	-
Sakarya	Sakarya Üniversitesi	-	-
	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	-	-
Düzce	Düzce Üniversitesi	+	+
Zonguldak	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	+	+
Bartın	Bartın Üniversitesi	-	+
Karabük	Karabük Üniversitesi	+	+
Kastamonu	Kastamonu Üniversitesi	+	-
Sinop	Sinop Üniversitesi	+	+
Samsun	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	+	+
	Samsun Üniversitesi	-	-
Ordu	Ordu Üniversitesi	-	+
Giresun	Giresun Üniversitesi	-	-
Gümüşhane	Gümüşhane Üniversitesi	-	-
Trabzon	Karadeniz Teknik Üniversitesi	+	+
	Trabzon Üniversitesi	-	-
Trabzon (Vakıf)	Avrasya Üniversitesi	-	-
Rize	Recep Tayyip Üniversitesi	-	-
Artvin	Artvin Çoruh Üniversitesi	-	-

Tablo 1'in oluşturulması için kullanılan veriler incelendiğinde 17 İl'de bulunan 32 adet devlet ve 47 adet vakıf üniversitesi olmak üzere toplam 79 üniversite arasında arkeoloji programı olan 13 üniversitenin olduğu görülmektedir. Arkeoloji programı olan bu 13 üniversite bünyelerinde sualtı arkeolojisi ana bilim dalı ve/veya sualtı arkeolojisi üzerine araştırma merkezi barındırmaları açısından incelendiğinde **Tablo 2** ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2. Arkeoloji programına sahip üniversitelerde Sualtı Arkeolojisi Ana Bilim Dalı veya Araştırma Merkezleri.

İl	Üniversite	Sualtı Arkeolojisi Ana Bilim Dalı	Araştırma Merkezi
İstanbul	İstanbul Üniversitesi	-	-
	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	-	-
İstanbul (Vakıf)	Koç Üniversitesi	-	+
Kocaeli	Kocaeli Üniversitesi	+	-
Düzce	Düzce Üniversitesi	-	+
Zonguldak	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	-	-
Bartın	Bartın Üniversitesi	-	*
Karabük	Karabük Üniversitesi	-	-
Kastamonu	Kastamonu Üniversitesi	-	-
Sinop	Sinop Üniversitesi	-	+
Samsun	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	+	-
Ordu	Ordu Üniversitesi	-	-
Trabzon	Karadeniz Teknik Üniversitesi	-	-

Tablo 2'de yer alan arkeoloji programına sahip olan 13 üniversite arasından Kocaeli Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi[4] olmak üzere sadece 2 bölümde Sualtı Arkeolojisi Ana Bilim Dalı olduğu görülmektedir. Koç Üniversitesi Deniz Arkeolojisi Araştırma Merkezi[5], Düzce Üniversitesi Su Altı Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi[6] ve Sinop Üniversitesi Su Altı Arkeolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi[7] bölgedeki 3 araştırma merkezini oluşturmaktadır. Bartın Üniversitesi Arkeoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi[8] tarafından sualtı çalışmaları gerçekleştirdiği bilimektedir (Yıldırım et al. 2019; Yıldırım 2020).

Tablo 1 ve **Tablo 2**'deki veriler sayısal olarak değerlendirildiğinde **Tablo 3**'teki veriler ışığında Karadeniz'de Sualtı Arkeolojisi'nin konumu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. İl bazlı olarak üniversitelerin sayısal değerleri.

İl	Üniversite Sayısı	Arkeoloji programı olan üniversiteler	Sualtı Arkeolojisi Ana Bilim Dalı olan üniversiteler	Sualtı Arkeolojisi üzerine araştırma merkezi olan üniversiteler
Kırklareli	1	0	0	0
İstanbul	13	2	0	0
İstanbul (Vakıf)	44	1	0	1
Kocaeli	2	1	1	0
Kocaeli (Vakıf)	1	0	0	0
Sakarya	2	0	0	0

[4] Ondokuz Mayıs Üniversitesi Arkeoloji Bölümü bünyesinde Sualtı Arkeolojisi Ana Bilim Dalı'nda mevcutta personel bulunmamaktadır.
[5] https://research.ku.edu.tr/tr/kudar/
[6] https://sualti.duzce.edu.tr/
[7] https://susam.sinop.edu.tr/
[8] https://bauam.bartin.edu.tr/

Düzce	1	1	0	1
Zonguldak	1	1	0	0
Bartın	1	1	0	*
Karabük	1	1	0	0
Kastamonu	1	1	0	0
Sinop	1	1	0	1
Samsun	2	1	1	0
Ordu	1	1	0	0
Giresun	1	0	0	0
Gümüşhane	1	0	0	0
Trabzon	2	1	0	0
Trabzon (Vakıf)	1	0	0	0
Rize	1	0	0	0
Artvin	1	0	0	0
TOPLAM	**79**	**13**	**2**	**3***

Karadeniz'e kıyısı olan veya görece yakınındaki 17 ilde yer alan 79 üniversite arasında 13 üniversitede arkeoloji programlarının olduğu, bu üniversitelerden sadece 2 tanesinde sualtı arkeolojisi ana bilim dalı olduğu ve sadece 3 üniversitede sualtı arkeolojisi alanında kurulmuş olan araştırma merkezlerinin olduğu görülmektedir.

2. ARAŞTIRMALAR VE BULGULARI

Karadeniz'da sualtı arkeolojisi açısından gerçekleştirilmiş olan araştırmaların sınırlı (Kızıldağ 2022) olmakla birlikte araştırmalar üzerine değinmeksizin doğrudan sonuçlarının açıklanması Karadeniz'i bir genel olarak anlamak ve arkeolojik potansiyelini anlamak açısından daha uygundur.

Bu bağlamda Karadeniz sularında arkeolojik çalışma gerçekleştirilmiş[9] antik liman kalıntıları ve tekne batıklarına batıdan doğuya doğru iller bazında incelendiğinde aşağıdaki bilgiler karşımıza çıkmaktadır (Tablo 4).

İstanbul'da belgelenmiş olan tek bulgu Karaburun/Philea limanı (Aydıngün et al. 2022) olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kocaeli'de liman olarak Karadeniz'deki ilk sualtı kazısı konumundaki Kerpe/Kalpe Limanı (Aslan 2014; Gedük ve Bilir 2022; Gedük ve Çomak 2022; Bilir & Gedük 2023; Gedük 2023) bulunmaktadır.

Yine Kocaeli'de batık olarak Kerpe/Kalpe Limanı'ndaki batıklar dışında Kumcağız Batığı (Gölcük 2016) bilinmektedir.

Düzce'de Akçakoca "Kütahya Torpido botu" batığı (Yağlıova & Bilir 2025) bilinen tek batıktır.

Zonguldak'ta liman olarak Herakleia Pontika limanı (Okan et al. 2015; Okan et al. 2017; Okan 2022), Bababurnu mendireği (Okan et al. 2015), Çavuşağzı platformu/rıhtımı (Okan et al. 2017; Okan 2022) ile Tios/Tieion antik kenti limanı (Yıldırım et al. 2019; Yıldırım 2020) belgeleme çalışmalarına konu olurken Gökçebey-Üçburgu emporion ve rıhtımında (Yıldırım 2022) (karada) kazı ve belgeleme çalışmalarına konu olmuştur.

[9] Çalışma kapsamında su altında kalmış olan yerleşimler yanı sıra tekil buluntu ve bulgulara yer verilmeyecektir.

Zonguldak'ta batık olarak Ereğli A batığı (Brennan et al. 2013), Ereğli B batığı (Brennan et al. 2013), Ereğli D batığı (Brennan et al. 2013), Ereğli D batığı (Brennan et al. 2013), Ereğli E batığı (Davis et al. 2018), Kovla batığı (Okan et al. 2017) yanı sıra Tios/Tieion limanı ve çevresinde mimari batığı yanı sıra 7 batık (Yıldırım et al. 2019; Yıldırım 2020) bilinmektedir. Sinop'ta Çukurbağı ponton kalıntıları (Akarsu & Tarakçı 2019) bilinen tek liman kalıntısı olmakla birlikte çok sayıda batığın varlığı bilinmektedir.
Sinop'taki batıklar; Sinop A batığı (Ballard et al. 2001; Ward & Ballard 2004; Ward & Horlings 2008; Ward 2010; Atasoy 2018; Brennan et al. 2013), Sinop B batığı (Ballard et al. 2001; Ward & Ballard 2004; Ward & Horlings 2008; Ward 2010; Atasoy 2018; Brennan et al. 2013), Sinop C batığı (Ballard et al. 2001; Ward & Ballard 2004; Ward & Horlings 2008; Ward 2010; Atasoy 2018; Brennan et al. 2013), Sinop D batığı (Ballard et al. 2001; Ward & Ballard 2004; Davis 2008; Ward & Horlings 2008; Piechota et al. 2010; Ward 2010; Brennan et al. 2011; Brennan et al. 2013), Sinop F batığı (Opait 2019; Brennan et al. 2013), Sinop G batığı (Brennan et al. 2013), Sinop H batığı (Brennan et al. 2013), Sinop I batığı (Brennan et al. 2013; Opait et al. 2022), Boztepe/Adabaşı Roma lahit batığı (Akarsu 2017; Akarsu & Tarakçı 2019), Boztepe batığı (Akarsu & Tarakçı 2019), Karakum Bizans çatı kiremidi batığı (Akarsu 2017; Akarsu & Tarakçı 2019), Karakum amphora batığı (Akarsu & Tarakçı 2019), Yunan bandıralı kuru yük gemisi (Akarsu & Tarakçı 2019), Sarıkum buharlı vapuru (Akarsu & Tarakçı 2019), Üzümlüdere'de Kızılırmak buharlı batığı (Akarsu & Tarakçı 2019), İnceburun'da Yörük buharlı gemisi (Akarsu & Tarakçı 2019), İnceburun'da 2 adet çektirme (Akarsu & Tarakçı 2019) bulunmaktadır.
Sinop ve Osmanlı Tarihi açısından önem arz eden 30 Kasım 1853 Sinop Faciası sırasında 7 fırkateyn, 3 korvet, 2 buharlı gemiden oluşan Osmanlı Filosu'ndan 7 fırkateyn, 3 korvet ile 1 buharlı gemi ve bunlara ek olarak 6 osmanlı nakliye gemisi ile 1 ingiliz ticaret gemisi. Sinop limanında batmıştır (Akarsu & Tarakçı 2019; Özdaş & Kızıldağ 2020; Tarakçı 2022). Sinop Limanı'nda Osmanlı Filosu'na ait batan tekneler; Avnillah II fırkateyni, Dimyat fırkateyni, Fazlullah fırkateyni, Nizamiye fırkateyni, Navek-î Bahri fırkateyni, Kaid-î Zafer II fırkateyni, Nesim-î Zafer fırkateyni, Gül-i Sefid korveti, Necm-î Efşan korveti, Fevz-î Ma'bud korveti, Ereğli buharlı gemisi olarak bilinmektedir.
Trabzon'da ise inşaatlar sırasında Trapzus Hadrian Limanı kalıntıları ortaya çıkmış ve (karada) kazılarak belgelenmiştir (Çalışkan et al. 2019; Kılıç et al. 2021).

Tablo 4. İl bazlı batıklar tekneler: tarihleri, derinlikleri ve askeri tekne türü/ticari tekne yükü

İl	Batık	Tarih	Derinlik	Türü/yükü
Kocaeli	Kumcağız	MS 19.-20. yy.	3,5 m	gülle (?)
Düzce	Akçakoca "Kütahya" (?)	MS 19.-20. yy. (14 Eylül 1916)	6 m	Torpido botu?
Zonguldak	Ereğli A	MS 17.-19. yy.	103 m	-
	Ereğli B	MS 17.-19. yy.	112 m	-
	Ereğli C	MS 6. yy.	112 m	-
	Ereğli D	MS 17.-19. yy.	114 m	kereste
	Ereğli E	MÖ 4.-3. yy.	101 m	amphora
	Kovla	?	7-8 m	amphora
	Tios/Tieion (1)	Roma?	?	mimari bloklar
	Tios/Tieion (2)	?	?	amphora
	Tios/Tieion (3)	?	?	?
	Tios/Tieion (4)	?	?	?
	Tios/Tieion (5)	?	?	?
	Tios/Tieion (6)	?	?	?
	Tios/Tieion (7)	?	?	?

	Tios/Tieion (8)	?	?	?
Sinop	Sinop A	MS 4.-6. yy.	105 m	amphora
	Sinop B	MS 4.-6. yy.	107 m	amphora
	Sinop C	MS 4.-6. yy.	102 m	amphora
	Sinop D	MS 4.-6. yy.	324 m	amphora
	Sinop F	MS 5. yy. sonu	105 m	amphora
	Sinop G	MS 17.-19. yy.	100 m	-
	Sinop H	MS 17.-19. yy.	130 m	-
	Sinop I	MS 1.-2. yy.	109 m	amphora
	Boztepe/Adabaşı	Roma Dönemi	8-14 m	lahit
	Boztepe	-	10 m	?
	Boztepe	-	75 m	?
	Karakum	Geç Roma/Bizans	8 m	çatı kiremidi
	Karakum	MS 5.-6. yy.	9 m	amphora
	Sarıkum	MS 19. yy. ortaları	90 m	Buharlı gemi
	Yunan kuru yük gemisi	2. Dünya Savaşı	14 m	Buharlı gemi
	Üzümlüdere "Kızılırmak"	-	?	Buharlı gemi
	Inceburun "Yörük"	-	?	Buharlı gemi
	İnceburun (1)	-	35 m	Çektirme
	İnceburun (2)	-	35 m	Çektirme
	"Avnillah II"	30 Kasım 1853	23 m	Fırkateyn
	"Dimyat"		-	Fırkateyn
	"Fazlullah"		?	Fırkateyn
	"Nizamiye"		20	Fırkateyn
	"Navek-î Bahri"		14	Fırkateyn
	"Kaid-î Zafer II"		4-5	Fırkateyn
	"Nesim-î Zafer"		37 m	Fırkateyn
	"Gül-i Sefid"		-	Korvet
	"Necm-î Efşan"		-	Korvet
	"Fevz-î Ma'bud"		12m	Korvet
	"Ereğli"		-	Buharlı gemi
	Nakliye tekneleri x6		?	Nakliye teknesi
	İngiliz ticaret gemisi		?	Buharlı gemi

4. BİLİMSEL POTANSİYEL

Karadeniz jeolojik yapısı ve farklılığı sonucunda oksik ve anoksik sulardan oluşan katmanlara sahiptir (Brennan et al. 2013). Bu katmanların arasındaki farklılıklar Karadeniz'in öncesinde göl olması ve sonrasında Ege Denizi'nden gelen tuzlu suyla önceki suyun birleşmemesidir. Oksik ve anoksik katmanlar thermohalin döngüden etkilenerek katmanlar arasında dalgaların oluşmasına sebep olmaktadır. Oksik ve anoksik katmanlar arasındaki bu katman suboksik olarak nitelenmektedir. Suboksik katmanda O_2 (oksijen) ve H_2S (hidrojen sülfit) bir arada bulunmaktadır. Kıta sahanlığının yüksek eğime sahip olması durumunda oksik ve anoksik katmanlar arasındaki dalgaların daha da yükseğe çıkmasına ve anoksik katman özelliklerinin daha da sığ sularda görülmesine sebep olmaktadır. Kıta sahanlığının eğimi neticesinde Sinop çevresinde suboksik katman 100-~200 m derinlik arasında görülmektedir. ~150 m derinlikten sonra sürekli anoksik özellikler görülmektedir (Murray et al. 1989; Murray et al. 2007; Ballard et al. 2001; Brennan et al. 2011).

324 m derinlikte bulunan Sinop D batığı örneğinde görüldüğü gibi anoksik seviyelerdeki batıklar son derece iyi şekilde korunmaktadır (Davis 2008; Ward & Horlings 2008; Piechota et al. 2010; Ward 2010). Karadeniz'in genelindeki batıklardan yaklaşık 70 tanesinin neredeyse hiç bozulmadan korunmuş olduğu ifade edilmektedir (Hakko 2022). Oksijen oranı az olması

sonucunda *Teredo navalis L.* olarak bilinen ahşap kalıntıları tüketen canlılar bulunmadığı için Karadeniz'deki batıklarda bozulma gerçekleşmemektedir (Ward & Horlings 2008; Hakko 2022).

Sinop D batığı sadece arkeoloji açısından değil, oceanografi ve konservasyon açısından da önem arz eden bir batıktır. Uzun süre anoksik sular altında kalmış olan batıktan elde edilen numunelerde yapılan analizler sonucunda anoksik suların uzun vadeli etkilerinin anlaşılması için önemli bir veri kaynağıdır. Ayrıca ROV kullanılarak gerçekleştirilen numune alma ve belgeleme işlemleri sırasında teknenin mimarisinin ortaya çıkarılması için amphoraların yerlerinden kaldırılması gerekmiştir. Amphoraların teşhir edilmesi için batık yanında bir düzenek hazırlanmıştır (Piechota et al. 2010).

Sinop D batığı gibi derin sularda bulunan (özellikle anoksik sularda ve suboksik sularda) diğer bütün batıklar sualtı dalışları işin kullanılan ROV (Remotely Operated Vehicle) araçlarının donanım ve yazılım açısından ar-ge süreçleri, okyanus/deniz bilimi, jeoloji, biyoloji, kimya, fizik, arkeoloji, konservasyon ve restorasyon, müzeoloji ve jeofizik gibi alanlar için büyük önem taşımaktadır.

Suboksik ve anoksik sulara uzun süre maruz kalan eserlerin bozulma değerlerini ve anoksik ile suboksik katmanlardaki değerlerin ölçülmesi için gerçekleştirilen araştırmalar (Piechota & Giangrande 2008; Piechota et al. 2010), yeni biyolojik türlerin keşfi (Ürkmez & Brennan 2013), robotik ve ROV tasarım ve geliştirilmesi (Ballard et al. 2000; Coleman & Ballard 2008; Webster 2008; Racheco-Ruiz et al. 2019), derin sularda görüntüleme teknikleri ve cihazları geliştirilmesi (Singh et al. 2000; Singh et al. 2008) yanı sıra konservasyon uygulamaları ve analizleri (Piechota & Giangrande 2008; Piechota et al. 2010) gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen ve gerçekleştirilmiş çalışmalar nicelik ve nitelik olarak arttırılması ortaya çıkacak bilimsel sonuçların da genişlemesine vesile olacaktır.

Bu bağlamda bilimsel araştırma gerçekleştirmek yanı sıra bilimsel araştırma yapacak kimselerin yetiştirilmesi ve sualtı parkları oluşturulması konusunda öneriler yanı sıra bazı uygulamaların da gerçekleştirilmiş olduğu bilinmektedir (Piechota et al. 2010; Brennan et al. 2013; Akarsu & Tarakçı 2019; Okan 2022; Bilir & Gedük 2023).

5. SONUÇ

Karadeniz'de gerçekleştirilmiş olan sınırlı araştırmalar ve belgeleme çalışmaları ışığında Karadeniz'deki arkeolojik potansiyelin güçlü olduğu anlaşılmaktadır. Arkeolojik potansiyelin yanı sıra Karadeniz'in jeolojik, kimyasal ve biyolojik özellikleri göz önüne alındığı zaman arkeolojik materyal üzerindeki bozulmaların fazla olmaması sonucunda tespit edilen batık ve limanlarda gerçekleştirilecek çalışmalar Karadeniz'deki denizcilik faaliyetleri, teknelerdeki gelişimlerin yanı sıra denizcilikle uğraşan kimselerin sosyal ve gündelik yaşamlarından da bilgileri ortaya çıkarabilecek niteliğe sahiptir.

Karadeniz'de gerçekleştirilecek olan arkeolojik çalışmaların interdisipliner ve multidisipliner bir şekilde gerçekleştirilmesi sonucunda önceden bu şekilde gerçekleştirilmiş araştırmalarda da ortaya konmuş olan çeşitli bilgilerin çok daha fazlasının ortaya konabileceği anlaşılmaktadır.

Türkiye'de arkeolojik açıdan en az araştırılmış bölgelerden biri olan Karadeniz'in sualtı arkeolojisi konusunda da en az araştırılmış olan bölgeler arasında olduğu bilinmektedir. Karadeniz'in tarihi ve arkeolojisi yanı sıra jeolojisi, kimyası, biyolojisi ve fiziğinin daha net anlaşılabilmesi için çalışmaların gerçekleştirilmesi ve bu çalışmaların ihtiyacı olan asgari yeterlilikleri karşılayan gerekli altyapıların kurulması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Akarsu BM. (2017).Sinope natural harbor. In H Arslan, MA İçbay, K Stoychev (Eds.), *Current researches in geography* (pp. 39-48). International Association of Social Science Researchers. ISBN: 978-83-943963-3-6

Akarsu BM, Tarakçı RY. (2019).Sunken wrecks of Sinop and tourism. *International Journal of Eurasia Social Sciences 10*(38), 1032-1046.

Aslan E. (2014). Bithynia Bölgesi Kalpe Limanı. *OLBA XXII*,129-153.

Atasoy S. (2018).Surveys and excavations on the Eastern Black Sea Coast of Turkey. In D Yiğitpaşa, H Öniz, A Temür (Eds.), *Black Sea archaeology studies: Recent developments* (pp. 226-239). Arkeoloji ve Sanat Yayınları. ISBN: 978-605-396-483-4

Aydıngün Ş, Öniz H, Aydıngün H. (2022). İstanbul'un batısındaki antik limanların keşfi. In H Öniz (Ed.), *Türkiye'de sualtı arkeolojisi* (pp. 163-171). Türk Arkeoloji ve Kültürel Miras Enstisüsü. ISBN: 978-625-7922-05-0

Ballard, RD, McCann AM, Yoerger D, Whitcomb L, Mindell D, Oleson J, Singh H, Foley B, Adams J, Piechota D, Giangrande C. (2000). The discovery of ancient history in the deep sea using advanced deep submergence technology. *Deep-Sea Research Part I 47*,1591–1620.

Ballard RD, Hiebert FT, Coleman DF, Ward C, Smith JS, Foley B, Coff K, Major C, Torre F. (2001). Deepwater archaeology of the Black Sea: The 2000 season at Sinop, Turkey. *American Journal of Archaeology 105*(4), 607-623.

Bilir A, Gedük S (2023). An Archaeopark proposal in the Black Sea in light of underwater research of Ancient Calpe Port. In, *2nd International Conference on the promotion of accessible underwater cultural heritage sites "Dive in Blue Growth": Conference Proceedings* (pp. 135-148). Atlantis Consulting SA. ISBN: 978-618-84967-1-6

Boardman J. (1999). *The Greeks overseas: The early colonies and trade*. Thames & Hudson. ISBN: 978-0-500-28109-3

Brennan ML, Davis D, Roman C, Buynevich I, Catsambis A, Kofahl M, Ürkmez D, Vaughn JI, Merrigan M, Duman M. (2013). Ocean dynamics and antropogenic impacts along the Southern Black Sea shelf examined through the preservation of pre-modern shipwrecks. *Continental Shelf Research 53*,89-101.

Brennan ML, Ballard RD, Coff Bell KL, Piechota D. (2011) Archaeological oceanography and

environmental characterization of ahipwrecks in the Black Sea. In I Buynevich, V YankoHombach, A Gilbert, RE Martin (Eds.), *Geology and geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the flood hypothesis* (pp. 179-188). Boulder. ISBN: 978-0813724737

Brennan ML, Davis D, Roman C, Buynevich I, Catsambis A, Kofahl M, Ürkmez D, Vaughn JI, Merrigan M, Duman M. (2013) Ocean dynamics and antropogenic impacts along the Southern Black Sea shelf examined through the preservation of pre-modern shipwrecks. *Continental Shelf Research 53*,89-101.

Coleman DF, Ballard RD. (2008). The development of towed optical and acoustical vehicle systems and remotely operated vehicles in suppport of archaeological oceanography. In RD Ballard (Ed), *Archaeological Oceanography* (pp. 15-29). Princeton University Press. ISBN: 978-0691129402

Çalışkan H, Kılıç S, Demirel S. (2019). Trabzon İli Protohistorik Dönem (Kalkolitik ve Tunç Çağları) Yüzey Araştırması 2018 Yılı Ön Sonuçları. *Araştırma Sonuçları Toplantısı 37*(2), 253-276.

Davis D. (2008). Exploration and excavation of two deepwater wrecks in the Black Sea. In *The study of ancient territories: Chersonesos & South Italy, Report for 2006-2007 of the*

Institute of Classical Archaeology (pp. 73-82). Institute of Classical Archaeology. ISBN: 0-9748334-4-4
Davis D, Brennan ML, Opait A, Beatrice JS. (2018). The Ereğli E Shipwreck, Turkey: An early Hellenistic merchant ship in the Black Sea. *International Journal of Nautical Archaeology 47*(1), 57-80.
Gedük S, Bilir A. (2022). Kerpe Koyu sualtı araştırmaları ve sualtı kazısı. *TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi 18*, 66-95.
Gedük S, Çomak AA. (2022). Nikomedia'nın Karadeniz'e açılan kapısı: Antik Kalpe (Kerpe) Limanı. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi (KOUSDAB) 16*, 1-14.
Gedük S. (2023). Ülkemizin Karadeniz kıyılaırnda yapılan ilk bilimsel sualtı kazısı: Kerpe. *Aktüel Arkeoloji 90*, 16-23.
Gölcük R. (2016). Hereke Kalesi kazısı ve Kocaeli'de bir sualtı keşfine dair. In H Selvi, B Çelik, A Yeşildal (Eds.), *Uluslararası Kara Mürsel Alp ve Kocaeli Tarihi Sempozyumu - II* (pp. 131-139). Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, ISBN: 978-605-5116-28-6
Hakko J. (2022). Dr. Kroum Batchvarov'un Karadeniz'daki Osmanlı batıkları konferansı. *TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi 18*, 104-108.
Kılıç S, Demirel S, Çalışkan Akgül H. (2021). Kadim Trabzon üzerine yeni arkeolojik gözlemler: "Hadrian Limanı". *Karadeniz İncelemeleri Dergisi 30*, 387-428.
Kızıldağ N. (2021). Mapping and recording of ancient shipwrecks by using marine remote sensing techniques: Case studies from Turkish Coasts. *Marine Science and Technology Bulletin 11*(3), 331-342.
Murray JW, Jannasch HW, Honjo S, Anderson RF, Reeburgh WS, Top Z, Friederich GE, Codispoti LA, Izdar E. (1989). Unexpected changes in the oxic/anoxic interface in the Black Sea. *Nature 338*,411-413.
Murray JW, Stewart K, Kassakian S, Krynytzky M, and DiJulio D. (2007). Oxic, suboxic, and anoxic conditions in the Black Sea. In V Yanko-Hombach, AS Gilbert, N Panin, PM Dolukhanov (Eds.), *The Black Sea flood question: Changes in coastline, climate and human settlement* (pp. 1-22). Springer. ISBN: 978-1-4020-4774-9
Okan E, Bilir A, Bilir G. (2015). Batı Karadeniz kıyıları sualtı yüzey araştırması. *TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi 4*, 62-71.
Okan E. (2022). Karadeniz kıyılarının arkeolojik potansiyeli ve Batı Karadeniz sualtı araştırmaları.. In H Öniz (Ed.), *Türkiye'de sualtı arkeolojisi* (pp. 179-186). Türk Arkeoloji ve Kültürel Miras Enstisüsü. ISBN: 978-625-7922-05-0
Okan E, Bilir A, Duman M. (2017). Batı Karadeniz kıyıları sualtı yüzey araştırması: 2016 yılı çalışmaları. *TINA Denizcilik Arkeolojisi Dergisi 7*, 48-63.
Opait A, Davis D, Brennan ML, Kofahl M. (2019). The Sinop F Shipwreck in the Black Sea: An international cargo from late antiquity. In H Kaba, G Kan Şahin, BM Akarsu, O Bozdoğan (Eds.), *International symposium on Sinope and Black Sea archaeology: "Ancient Sinope and the Black Sea" proceedings book* (pp. 77-89). Sinop: Sinop Üniversitesi. ISBN: 978-605-88024-8-3
Opait A, Davis D, Brennan ML. (2022). The Sinop I Shipwreck: A Black Sea merchant ship from the Roman Imperial Era. In J Boardman, J Hargrave, A Avram, A Podossinov (eds.), *Connecting West and East: Studies presented to Prof. Gocha R. Tsetskhladze* (pp. 633-646). Peeters. ISBN: 978-90-429-4413-8
Özdaş H, Kızıldağ N. (2020). Archaeological assessment of two naval battlefields in Çeşme and Sinop, Turkey. *Journal of Maritime Archaeology 15*, 365-392.

Pacheco-Ruiz R, Adams J, Pedrotti F, Grant M, Holmlund J, Bailey C. (2019). Deep sea archaeological survey in the Black Sea–Robotic documentation of 2,500 years of human seafaring. *Deep Sea Research Part I 152*, 10387.
Piechota D, Ballard RD, Buxton B, Brennan M. (2010). Insitu preservation of a deep-sea wreck site: Sinop D in the Black Sea. *Studies in Conservation 55*, 6-11.
Piechota D, Giangrande C. (2008). Conservation of archaeological finds from deep-water wreck sites. In RD Ballard (Ed), *Archaeological Oceanography* (pp. 65-92). Princeton University Press. ISBN: 978-0691129402
Singh H, Adams J, Pizarro O, Mindell D, Foley B. (2000). Imaging underwater for archaeology. *Journal of Field Archaeology 27*(3), 319-328.
Singh H, Roman C, Pizarro O, Foley B, Eustic R, Can A. (2008). High-resolution optical imaging for deep-water archaeology. In RD Ballard (Ed), *Archaeological Oceanography* (pp. 30-40). Princeton University Press. ISBN: 978-0691129402
Tarakçı RY. (2022). *-30 Kasım 1853- Sinop faciasını hazırlayan gelişmeler ve sonuçları*. SİNTAD.
Ürkmez D, Brennan ML. (2013). A new species of Halaphanolaimus (Nematoda: Leptolaimidae) from the southern Black Sea (Turkey) with a modified key for species identification. *Zootaxa 3691*(2), 220-228.
Ward C. (2010). Four ships of late antiquity in the Black Sea. *Ancient Civilizations from Scythia to Siberia 16*, 189-198.
Ward C, Ballard RD. (2004). Deep-water archaeological survey in the Black Sea: 2000 season. *International Journal of Nautical Archaeology 33*(1), 2-13.
Ward C, Horlings R. (2008). The remote exploration and archaeological survey of four Byzantine ships in the Black Sea. In RD Ballard (Ed), *Archaeological Oceanography* (pp. 148-173). Princeton University Press. ISBN: 978-0691129402
Webster S. (2008). The development of excavation technology for remotely operated vehicles. In RD Ballard (Ed), *Archaeological Oceanography* (pp. 41-64). Princeton University Press. ISBN: 978-0691129402
Yağlıoğlu D & Bilir A. (2025). A new shipwreck discovered from the the Akçakoca Coast, Southwestern Black Sea. *Tethys Environmental Science 2*(1), 1-5.
Yıldırım Ş. (2020). Tios-Tieion 2018 yılı kazı, restorasyon ve çevre düzenleme çalışmaları. *Kazı Sonuçları Toplantısı 41*(4), 219-229.
Yıldırım Ş. (2022). The Roman trading center on the bank of Billaios River. In D Braund, A Chaniotis, E Petropoulos (Eds.), *The Black Sea Region in the context of the Roman Empire: International symposium dedicated in memory of Victor I. Sarianidi (Athens 5-8 May 2016)* (pp. 277-307). Pontic Studies Committee. ISBN: 978-618-84868-2-9
Yıldırım Ş, Dandrow E, Williams L, Bora A, Sinelli P. (2019). Tios-Tieion 2017 yılı kazı çalışmaları. *Kazı Sonuçları Toplantısı 40*(3), 437-448.

BİTKİLERDE SOĞUK STRESİ: SİLİSYUM UYGULAMASI

Dr. Yasin ÖZTÜRK
Ordu University, Faculty of Agriculture, Soil Science and Plant Nutrition Department, Ordu
ORCID ID: 0000-0002-2011-3286
Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU
Ordu University, Faculty of Agriculture, Soil Science and Plant Nutrition Department, Ordu
ORCID ID: 0000-0003-1846-2097

ÖZET
Değişen iklim koşullarının etkisiyle, kış mevsimi tamamlanmadan meydana gelen anormal sıcaklık artışları bitkilerin erkenden uyanmalarına neden olmaktadır. Bu durum bitkiler için artık geri dönüşün olmayacağı vejetasyon sürecinin başlamasına yol açmaktadır. Bitkilerde, vejetasyon süreci içerisinde gerçekleşen sıcaklık düşüşleri soğuk stresine yol açar ve bu durum oksidatif stresin oluşmasına neden olur. Soğuk stresi, donmanın gerçekleşmediği düşük sıcaklıklarda meydana gelen ve tropik ve subtropik bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimi üzerine ciddi anlamda zarar verebilen bir abiyotik stres türüdür. Oksidatif stres sonucunda bitkiler, diğer abiyotik stres türlerinde olduğu gibi ortaya çıkan ve düşük konsantrasyonlarda önemli fonksiyonları bulunan reaktif oksijen türlerinin (ROT) zararlı etkileriyle mücadele etmek zorunda kalırlar ve bu süreçte antioksidan savunma sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Bu savunma sistemini güçlendiren stratejiler arasında silisyum (Si) uygulaması önemli bir yer tutar. Yerkürede oksijenden sonra en bol bulunan element olan Si, bitkilerde antioksidan savunma sistemlerini aktive ederek soğuk stresinin neden olduğu ROT hasarını hafifletmeye veya ortadan kalkmasına yardımcı olur. Burada süperpoksitdismutaz (SOD), peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) gibi antioksidatif enzimler ile askorbik asit (AA), α-tokoferoller ve flavonoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanların etkisi önemlidir. Bu çalışmada, soğuk stresinin zararlı etkilerinin azaltılmasında ve bitkilerin direnç kazanmalarında Si uygulamasının önemi araştırılmıştır. Silisyum gübrelemesi, tarımda soğuk stresi koşullarında bitki gelişimini ve ürün verimini sürdürebilmek için önemli bir alternatiftir. Ancak şu konularda yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır: (i) soğuk stresine maruz kalan kültür bitkilerinde en uygun uygulama dozlarının belirlenmesi, (ii) stres koşullarında topraktaki Si'nin bitki tarafından alınımını artıran mekanizmaların anlaşılması, (iii) Si alınımını kolaylaştırıcı maddelerin ve taşıyıcılarının fizyolojik işleyişinin kapsamlı biçimde araştırılması.
Anahtar kelimeler: Soğuk stresi, oksidatif stres, antioksidatif enzim, silisyum, reaktif oksijen türleri

COLD STRESS IN PLANTS: SILICON APPLICATION

ABSTRACT
The influence of changing climatic conditions and abnormal increases in temperature occurring before the end of winter cause plants to break dormancy prematurely. This situation leads to the initiation of the vegetation period, after which plants can no longer return to dormancy. Temperature drops occurring during the vegetation period result in oxidative stress in plants. Prolonged exposure to such conditions causes serious damage to plant growth, development, and fruit yield. In plants, temperature decreases occurring during the vegetation period lead to cold stress, which in turn causes oxidative stress. Cold stress is an abiotic stress type that occurs at low, non-freezing temperatures and can seriously damage the vegetative and generative development of tropical and subtropical plants. As a result of oxidative stress, plants must cope with the detrimental effects of reactive oxygen species (ROS), which also

occur in other abiotic stress types and have important functions at low concentrations, and therefore require antioxidant defense systems during this process. Among the strategies that enhance this defense system, silicon (Si) application plays an important role. Silicon, an element found in large amounts on Earth after oxygen, helps alleviate or eliminate ROS damage caused by cold stress through activation of antioxidant defense systems in plants. Here, antioxidative enzymes such as superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT), and non-enzymatic antioxidants such as ascorbic acid (AA), α-tocopherols, and flavonoids play important roles. In this study, the importance of Si application in reducing the harmful effects of cold stress and improving plant resistance was investigated. Silicon fertilization is a significant alternative for sustaining plant growth and crop yield under cold stress conditions in agriculture. However, further studies are needed on the following issues: (i) determination of the most appropriate application doses in cultivated plants exposed to cold stress, (ii) understanding the mechanisms that enhance plant uptake of Si in soil under stress conditions, and (iii) comprehensive investigation of the physiological functioning of substances and transporters facilitating Si uptake.
Keywords: Cold stress, oxidative stress, antioxidant enzyme, silicon, reactive oxygen species

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi ile birlikte dünyada yaşanan iklim ve çevre sorunlarının etkileri günümüzde belirgin şekilde hissedilmeye başlanmış, iklim değişikliğinin çevre ve halk sağlığı üzerindeki sonuçları artık görünür hâle gelmiştir (Bilgili ve ark., 2024). Küresel iklim değişikliğinin devam eden etkileri, hem yağış rejimlerinde değişikliklere yol açmış hem de kuraklık, sıcak hava dalgaları, sel ve don gibi aşırı iklim olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmıştır (Yang ve ark 2026). Kış dönemindeki aşırı soğuk koşullar aslında bitkilerin donmaya karşı dayanıklılıklarını büyük ölçüde artırmaktadır. Aslında tomurcuk patlamasının zamanlaması hayatta kalma ve gelişim için belirleyicidir. Tomurcuklar, tomurcuk patlamasından önceki haftalarda artan sıcaklıklara yanıt olarak kolayca ve yoğun şekilde sertliklerini kaybedebildiğinden, bu dönemde yaşanan bir soğuk hava dalgası, özellikle daha sıcak bir dönemi takip ediyorsa kritik olabilmektedir (Vitra ve ark., 2017). Soğuğa dayanıklı bitkilerin, geçici sıcak dönemlerde soğuğa alışma durumunun bozulmasına direnme yetenekleri ve soğuk hava geri döndüğünde tekrar soğuğa alışma yetenekleri, kışın hayatta kalabilmeleri için büyük önem taşımaktadır (Kalberer ve ark., 2006). Vejetasyon döneminin erken başlamasıyla birlikte bitkiler, ilerleyen süreçte meydana gelebilecek donma noktasına yakın ani sıcaklık düşüşleri sonucunda soğuk stresine maruz kalmaktadır. Bitkilerin soğuk stresi zararını azaltmada ya da toleransını artırmada antioksidan özellikteki fenolik maddelerin ve çeşitli organik birleşiklerin etkileri araştırılmıştır. Bunun yanında bitkilere Si gibi besin elementlerinin de uygulandığı bilinmektedir. Silisyum yerkabuğunda oksijenden sonra en çok bulunan ikinci element olup, bitkilerde yüksek miktarlarda birikmesine rağmen henüz mutlak gerekli bir besin maddesi olarak sınıflandırılmamıştır (Imtiaz ve ark., 2016). Silisyum bitki gelişimi için kritik bir element olup, yerkabuğunda çözünmeye karşı dayanıklı silikat mineralleri formunda bağlı halde bulunmaktadır. Araştırmacılar silikatların fiziksel bolluğu, bitki verimliliğinin artırılmasında önemli bir etkisinin olabileceğini ileri sürmüşlerdir (Khan, 2025). Bunun yanında, bitkilerde biyotik ve abiyotik streslerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Thakral ve ark., 2024).

Soğuk stresinin iklim değişikliğinin etkisiyle tarım sektöründeki zararı yıldan yıla arttığı bilinmektedir. Bu çalışma, tarımsal üretimde sürdürülebilir bitki gelişimini sağlamak ve ürün verimini korumak amacıyla; soğuk stresinin neden olduğu fizyolojik zararların ortadan

kaldırılması ya da hafifletilmesinde Si uygulamalarının önemini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. TOPRAKTA VE BİTKİLERDE SİLİSYUM

Silisyum bitki büyüme ve gelişimi için zorunlu bir element olarak kabul edilmese de özellikle stres koşulları altında bitkilere birçok fayda sağlaması dolayısıyla "çok yönlü" yarı-zorunlu bir element olarak değerlendirilmektedir. Silisyum, toprakta çoğunlukla bitkilerin kullanamadığı silisyum dioksit (SiO_2) formunda bulunur (Zargar ve ark., 2019). Silika jel (doymuş buhardan kendi ağırlığının %40'ına kadar su adsorbe edebilen, oldukça gözenekli bir silika formu) ve silikatlar (çok sayıda kayaç ve toprakta bulunan Silisik Asit tuzu) şeklinde de bulunmaktadır (Souri ve ark., 2021). Silisyumun, yüksek bitkiler için temel bir element olduğu kanıtlanmamıştır, ancak pirinç, buğday, arpa ve salatalık da dahil olmak üzere çok çeşitli mahsullerde büyüme üzerindeki faydalı etkileri bildirilmiştir. Birçok ülkede verimliliği artırmak ve sürdürülebilir üretim sağlamak için Si gübresi uygulanmaktadır (Ma ve ark., 2001). Örneğin, çeltik bitkisinin yüksek Fe ile Mn toleransı Si'ye bağlıdır. Çeltik sapındaki Si içeriği %11'in altında olduğunda Si uygulamasının yararlı olduğu bildirilmektedir (Havlin ve ark., 2016).

2.1. Bitkilerin Si içeriği, alınımı ve taşınımı

Bitkiler, silisyumu toprak çözeltisinin pH'ının 9'un altında olduğunda (Ma ve Yamaji 2006), kökleri aracılığıyla bitki tarafından kullanılabilir formu olan silisik asit veya monosilisik asit [$Si(OH)_4$ veya H_4SiO_4] şeklinde alınır (Zargar ve ark., 2019). Sonrasında transpirasyon yoluyla bitki gövdesindeki hedef dokulara taşınır (Zexer ve ark., 2023). Bitkilerde Si taşıyıcılar ile ilgili olarak çalışmalar devam etmektedir. Örneğin çeltik köklerinin hem ekzodermis hem de endodermis tabakalarında sırasıyla distal ve proksimal taraflarında polar olarak konumlanan iki farklı taşıyıcı bulunmakta olup, bunlardan ilki Lsi1, akuaporin (AQP) ailesindeki Nodulin 26-benzeri intrinsik proteinler (NIP'ler) alt ailesine aittir ve Si için giriş taşıyıcısı olarak işlev görür. Buna karşılık Lsi2, anyon taşıyıcı süper ailesine aittir ve Si çıkış taşıyıcısı olarak görev yapar (Mitani-Ueno ve Ma, 2021). Silisik asit genellikle toprak çözeltisinde 3–37 mg kg^{-1} aralığında bulunur. Tahıllar ve diğer buğdaygiller %0,2–2,0 ve geniş yapraklı bitkiler %0,02–0,2 aralığında Si içerirken; sazlar, ısırgan otları, atkuyrukları ve bazı otlarda %2-20 aralığındaki konsantrasyonlarda Si bulunmaktadır (Havlin ve ark., 2016). Şekil 1'de bazı Si biriktiren bitkilere ait fotoğraflar sunulmuştur. Bitkiler tarafından alınım mekanizması türlere göre değişiklik göstermektedir (Ma ve Yamaji, 2006). Bu değişimden sorumlu mekanizma yeterince anlaşılmış değildir. Örneğin, biber, çeltik ve domates bitkilerinde yapılan bir çalışmada Si'nin birikim kıyaslaması yapıldığında yüksekten düşüğe çeltik>domates>biber şekilde belirtilmiş, ksileme Si yüklenmesinin çeltikte bir tür taşıyıcı aracılığıyla, salatalık ve domateste ise pasif difüzyonla sağlandığını ifade edilmiştir (Mitani ve Ma, 2005). Sonrasında silisilik formundaki Si sürgünlere taşınır ve su kaybından sonra yaprak ve gövdelerin yüzeyinde silika jel olarak polimerize edilir (Ma ve ark., 2001). Çoğunlukla mineral formları hücre duvarı polimerlerinden oluşan bir matriks üzerinde birikerek kompozit bir malzeme oluşturur (Zexer ve ark., 2023). Silisyum gübrelemesinde kalsiyum, magnezyum ve potasyumun silikatlı formları ile silisik asit/monosilisik asit genellikle kullanılan kaynaklardır (Horuz, 2018).

Şekil 1. Bazı Si biriktiren bitkiler (solda-ısırgan otu ve sağda–atkuyruğu otu)




2.2. Bitkilerde Si'nin fonksiyonları

Silisyum bitkileri çeşitli zararlı ve hastalıklara karşı koruyan ve tuz stresi, metal toksitesi, kuraklık, radyasyon hasarı, besin dengesizliği, yüksek sıcaklık ve donma gibi pek çok abiyotik stresin olumsuz etkilerini hafifleten faydalı bir elementtir (Ma, 2004). Bununla beraber Si, epidermis ve iletim demeti hücrelerinin çeperlerine yerleşerek dokuları güçlendirmesi, su kaybını azaltması ve mantar enfeksiyonlarını yavaşlatması, fotosentez ve enzim aktivitesi üzerindeki etkisi ile de bilinmektedir (Havlin ve ark., 2016). Ayrıca Si; antioksidan enzimlerin uyarılması, şelatlama, metallerin Si ile çöktürülmesi ve kompleks oluşturması, bölmelere ayırma ve yapısal değişiklikler yoluyla bitkilerde ağır metallere karşı stres direncinin artırılmasında hayati bir rol oynamaktadır (Imtiaz ve ark., 2016).

3. BİTKİLERDE SOĞUK STRESİ

Tropikal veya subtropikal kökenli birçok bitki türü, donma gerçekleşmeyen düşük sıcaklıklarda ya yaşamları son bulur ya da çeşitli zararlar görebilir. Buna karşılık, soğuğa toleranslı türler bu düşük sıcaklıklarda büyüyebilir (Sanghera ve ark., 2011). Bitkiler düşük sıcaklıklardan kaynaklı stresle baş edebilmek için koruma mekanizmaları geliştirmiştir. Soğuğa uyum sağlayan bitkilerde, özellikle membranlarda, lipid bileşiminde belirgin değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrıca soğuk stresiyle bitkilerde, glisin betain ve prolin gibi ozmolitler ile ABA düzeyleri artış göstermektedir. Düşük sıcaklıklar aynı zamanda, stomaların açılmasını engeleyerek ve stomaların kapanmasına neden olmaktadır (Agurla ve ark., 2018). Sonuç olarak soğuk stresi, bahçe bitkilerinin büyümesi ve gelişmesi ile ürün veriminde olumsuzluklara yol açmaktadır (Li ve ark., 2025).

3.1. Silisyumun Bitkilerde Soğuk Stresine Karşı Direnç Oluşturma Mekanizması

Bitkiler, sesil organizmalar olmaları nedeniyle büyüme ve verimliliklerini olumsuz etkileyen çevresel streslere maruz kalırlar; bu nedenle söz konusu streslerin zararlı etkilerini azaltmak için morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeylerde çeşitli savunma mekanizmaları geliştirirler. Bu savunma mekanizmalarının önemli bileşenlerinden olan sekonder metabolitler; fenolikler, terpenler ve azot içeren bileşikler gibi yapılarıyla bitkileri hem biyotik

streslere hem de abiyotik streslere karşı korumaktadırlar (Ahanger ve ark., 2020). Bitkilerde soğuğa dayanıklılığın moleküler mekanizmaları hâlâ tam olarak anlaşılmamakla beraber, soğuğa dayanıklılık, birden fazla gen tarafından kontrol edilen karmaşık bir özelliktir (Chen ve ark., 2014). Bazı araştırmacılar için soğuk stresinden kaynaklanan kayıpları azaltmak için soğuk toleranslı yeni bir çeşit geliştirmek, önemli bir stratejidir (Zhang ve ark., 2022). Soğuk stresi sonucunda zayıf çimlenme, bodur fide gelişimi, kloroz, yaprak genişlemesinde azalma ve solma gibi fenotipik belirtiler ortaya çıkmakta; bu durum doku ölümlerine kadar gidebilmektedir. Bitkiler, soğuk stresine karşı sinyal iletim mekanizmaları aracılığıyla tepki verir ve bu durum transkripsiyon faktörleri ile soğuğa duyarlı genlerin aktive olmasını sağlar (Yadav, 2010).

3.2. Soğuk stresi üzerine Si'nin etkisi

Silisyumun stres durumunda hem fiziksel bir bariyer görevi gördüğü hem de stres toleransında rol oynayan moleküler yolları etkilediği bilinmektedir (Thakral ve ark., 2024). Silisyumun stres direncindeki iyileştirici rolü bilinse de, bu elementin tekrarlayan soğuk şoklarıyla etkileşime girerek bitki fizyolojisini ve mikrobiyom çeşitliliğini nasıl etkilediği henüz tam olarak keşfedilmemiştir. Ancak, Si'nin faydalı etkileri antioksidan aktivitelerindeki önemli azalmalardan da açıkça görülmekte, bu da soğuk kaynaklı oksidatif stresin daha düşük olduğunu işaret etmektedir (Ahmad ve ark., 2024). Hücre ölümlerine kadar ilerleyebilen oksidatif stresle ilişkili süreçlerin tetiklenmesinde ROT sinyalleri rol oynamaktadır (Mittler, 2017). Reaktif oksijen türleri süperoksit (O_2·-), hidroksil (·OH) gibi oksijen merkezli radikallerin yanı sıra hidrojen peroksit (H_2O_2) ve tekli oksijen ($^1\Delta gO_2$) ile hipokloröz (HOC1) asit gibi oksijenden türetilen radikal olmayan türleri kapsamaktadır (Kandaswami ve Middleton, 1994). Bitkilerde ROT, abiyotik ve biyotik streslerin algılanmasında, farklı çevresel sinyallerin entegrasyonunda ve stres yanıt ağlarının aktivasyonunda önemli rol oynamaktadır. Bu sayede bitkiler savunma mekanizmalarını geliştirir ve strese karşı daha dayanıklı hale gelir (Mittler ve ark., 2022). Düşük seviyelerde bulunduğunda ROT, bitki büyümesini, gelişilmesini ve olumsuz koşullara uyumunu düzenleyen sinyal molekülleri olarak da görev yapar. Stres koşullarında oluşan ROT, hücrelerin normal işleyişini bozarak oksidatif hasara yol açar (Wang ve ark., 2024). Hücresel hasarlar; pigmentler, proteinler, lipidler, karbonhidratlar ve DNA gibi biyomoleküllerin parçalanması şeklinde kendini gösterir ve bu durum nihayetinde bitki hücresinin ölümüyle sonuçlanır. Hayatta kalmayı garanti altına almak için bitkiler, aşağıda verildiği gibi iki farklı antioksidan mekanizması geliştirmişlerdir (Das ve Roychoudhury, 2014):

1. Enzimatik Bileşenler: Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), guaiacol peroksidaz (GPX), glutatyon redüktaz (GR), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR) ve dehidroaskorbat redüktaz (DHAR).
2. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar: Askorbik asit (AA), indirgenmiş glutatyon (GSH), α-tokoferol, karotenoidler, flavonoidler ve bir ozmolit olan prolin.

Bitkiler bu antioksidan savunma sistemi sayesinde aşırı ROT ile başa çıkabilmekte, onların zararlı etkilerini azalta bilmekte ya da ortadan kaldırabilmektedir (Wang ve ark., 2024).

3.3. Bitkilerde Soğuk Stresine Tepkiler: Gen Ekspresyonu ve Oksidatif Denge

Pek çok bitki, kış başlangıcında düşük ancak dondurucu olmayan sıcaklıklara uzun süre maruz kalarak soğuğa alışma toleransı kazanır. Bu tölerans, sitozole geçici kalsiyum girişini gerektiren gen ekspresyonu ile ilişkilidir (Örvar ve ark., 2000). Kalsiyum homeostazısının (dengesinin) temelini oluşturan kanallar, pompalar ve taşıyıcılar; iyonların hücre içi bölmeler arasında veya hücre ile dış ortam arasındaki hareketini yöneterek kalsiyum sinyallerinin

oluşması için gerekli mekanik altyapıyı sağlamaktadır (Dodd ve ark., 2010). Soğuk stresi, hücre dışından Ca^{2+} girişini indükleyerek Ca^{2+} sinyalini tetikler. Ca^{2+}, inositol triphosphate (IP3) üretimini teşvik eder, soğuk düzenleyici (COR) geninin ekspresyonunu daha da artırır ve bitkilerin soğuğa toleransını geliştirir. Arabidopsis thaliana'da OST1 (open stomata) kinazı, AtANN1 (annexin protein) fosforilasyonu yoluyla CBF (C-repeat Binding Factor) ve COR genlerinin ekspresyonunu düzenleyerek soğuk toleransını artırabilmektedir. Düşük sıcaklık, aşağı akışta bulunan COR geninin ekspresyonunu düzenlemek ve soğuk toleransını artırmak için MAPK (Mitogen-Activated Protein Kinase) sinyal yolunu aktive edebilir (Wang ve ark., 2024). ROT seviyelerinin, hücre büyümesinin durduğu seviye ile hücre için zehirli (sitotoksik) seviyenin arasında olan bir bazal düzeyde tutulması; uygun redoks biyolojisi reaksiyonlarının gerçekleşmesini ve yaşam için gerekli olan çok sayıda sürecin düzenlenmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla, çok düşük veya çok yüksek ROT seviyeleri bitki büyümesini ve gelişimini bozarken, ROT seviyelerinin doğru aralıkta tutulması bitki sağlığını desteklemektedir (Mittler 2017). Soğuk stresi koşullarında kolza bitkisinin soğuğa dayanıklı çeşidinde, soğuğa hassas çeşidine kıyasla antioksidan aktivitesinin ve ozmotik düzenleme kapasitesinin daha yüksek olduğunu ve plazma zarı hasarının daha düşük düzeyde gerçekleştiğini bildirmesi de bunu destekler niteliktedir (Mi ve ark., 2021). Oksidatif zarar sonucunda moleküler oksijenin indirgenmesi sonucu ortaya çıkan ROT'nin etkisiz hale getirilmesinde antioksidanlar etkili olmaktadır (Shao ve ark., 2007).

4. BITKILERDE SOĞUK STRESI ZARARLI ETKILERININ AZALTILMASINDA YAPILAN UYGULAMALAR

4.1. Bitkilerde Soğuk Stresi Zararının Azaltılmasında Kullanılan Bazı Materyaller

Bitkilerin soğuk stresine karşı farklı maddelerin nasıl koruma sağladığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Li ve ark., (2025), bir çeşit antioksidan olan flavonoidlerin bahçe bitkilerinin soğuk strese dayanıklılığında önemli bir rol oynadığını ve bunu flavonoidlerin soğuk stresi durumunda ROT'leri temizleyerek ve strese duyarlı genleri ve yolları modüle ederek gen ekspresyonunu düzenleyerek sağlamasıyla açıklamışlardır.

Korkmaz ve ark. (2010), biber bitkisinin erken büyüme evrelerinde soğuk stresi toleransının, 5-aminolevulinik asit dışarıdan uygulaması ile soğuk stresine karşı önemli bir koruma sağladığını, bitki kütlesinin ve klorofil, sükroz ve prolin içeriklerinin önemli ölçüde artırttığını belirtmişlerdir.

Korkmaz ve ark. (2021), topraktan uygulanan melatoninin, biber bitkisinin fide ve çiçeklenme dönemlerinde üşüme stresinden kaynaklanan hasarı hafifletip hafifletmeyeceğini araştırdıkları çalışmada; biber fideleri ve çiçeklenme dönemindeki bitkiler melatonin ile muamele ederek, 3 gün boyunca 5 °C/10 °C (gece/gündüz) sıcaklıkta üşüme stresine maruz bırakmışlardır. Araştırmacılar, melatoninin biber fidelerinde görsel hasarın azalmasını sağladığını, yaprak alanı ve sürgün kütlesinde artış gözlendiğini, su ilişkilerini, fotosentetik parametreleri ve antioksidan enzim aktivitelerini iyileştirdiğini, malondialdehit (MDA) ve H_2O_2 içerikleri ile zar geçirgenliğini düşürdüğünü, çiçeklenme döneminde uygulandığında, melatonin erken verimi iki katına çıkardığını bildirmişlerdir. Sonucunda da biber bitkilerine toprak yoluyla uygulanan 5 µM melatoninin, üşüme stresi koşulları altında bitki büyümesini ve erken verim potansiyelini artırmak için kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

4.2. Bitkilerde Soğuk Stresi Zararının Azaltılmasında Si Uygulaması

Kim ve ark. (2017)'ye göre, dışarıdan Si uygulanması; stres koşulları altında ROT oluşumunu düzenleyerek, elektrolit sızıntısını ve MDA içeriğini azaltmakta, ayrıca Na gibi toksik iyonların alımını azaltıp hareketsiz hale getirerek stres toleransını artırmaktadır.

Zhang ve ark. (2024), domates fidelerinin, düşük sıcaklığa direnmek amacıyla antioksidan enzim aktivitesini ve ozmotik düzenleme maddelerinin içeriğini artırdığını ve sonucunda düşük sıcaklık stresinin; meyvelerin morfolojik büyümesini, besinsel kalitesini ve verimini engellediği belirttikleri çalışmalarında iki farklı sıcaklık ortamında deneme yürütmüşler. Birincisi düşük sıcaklık koşullarında (gece 6 °C, günlük ortalama sıcaklık 15 °C) ve kontrol grubu olarak belirledikleri ikinci koşullarda normal sıcaklık koşullarıdır (gece 16 °C altı, günlük ortalama sıcaklık 28 °C). Yapraklara iki farklı konsantrasyonda (50 $mg \cdot L^{-1}$ ve 200 $mg \cdot L^{-1}$) nano Si ve iyonik Si püskürterek uygulamış ve kontrol olarak eş değer miktarda deiyonize su kullanılarak toplam 10 farklı uygulama yapılmıştır. Sonuçlar, kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında, 15 günlük düşük sıcaklık stresinden sonra domates fidelerinin bitki boyunun %46,52, gövde çapının %42,53, toprak üstü yaş ağırlığının %28,81 ve toprak altı kısımlarının yaş ağırlığının %28,97 oranında önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Düşük sıcaklık koşullarında her iki Si uygulamasının; domates bitkisinin büyümesini ve biyokütle birikimini teşvik ettiğini, bitkilerin ozmotik düzenleme ve antioksidan kapasitesini önemli ölçüde iyileştirerek düşük sıcaklık stresini hafiflettiğini ve düşük sıcaklık stresinin domates bitkileri üzerindeki etkisini azaltmak için 50 $mg \cdot L^{-1}$ iyonik Si gübresi uygulanmasını tavsiye ettiklerini bildirmişlerdir.

Xie ve ark. (2025), çay bitkisi yaprakları üzerinde kısa (1 gün), orta (3 gün) ve uzun süreli (5 gün) soğuk stresine maruz kalma sırasında Si ile iyileşmenin etkisi incelemişler, uygulamanın üç soğuk stres uygulamasında da koruyucu enzim aktivitesini artırdığını bildirmişlerdir.

Joudmand ve Hajiboland (2019), Si (Na_2SiO_3 formunda 56 mg L^{-1}) uygulamasının soğuk aklimasyonundaki (+25 °C'den +5 °C'ye kademeli sıcaklık düşüşüne maruz bırakılmış ve ardından dondurucu sıcaklıklarla) kışlık ve yazlık arpa (*Hordeum vulgare L.*) çeşitlerinde etkisi incelenmiş, düşük sıcaklık koşulları altında büyüme engellenmesi, fotosentez azalması ve membran bütünlüğünün kaybı, yazlık çeşitte kışlık çeşide göre daha yüksek seyretmiş; ancak bu parametreler her iki çeşitte de Si tarafından benzer şekilde iyileştirilmiştir. Verilerinin, arpada yaprak apoplazmasındaki biyokimyasal özelliklerin modifikasyonu yoluyla, Si'nin hem üşüme hem de donma stresleri altında iyileştirici bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhao ve ark. (2026), 3 saat ve 48 saat süresince soğuk stresine maruz bırakılan *Elymus nutans* bitkilerinde yaptıkları çalışmada; 3 saatlik soğuk stresinin ardından Silicon Nanoparticles (SiNP) uygulanan fidelerdeki prolin (Pro) içeriğinin %16,38 oranında arttığını, 48 saatlik soğuk stresinden sonra ise SOD aktivitesinin %7,92 ve klorofil (Chl) içeriğinin %22,74 oranında arttığını, absisik asit (ABA) içeriğinin ise %12,83 oranında azaldığını bildirmişler ve SiNP uygulamasının fotosentetik koruma, ribozomal yeniden yapılanma ve amino asit metabolizmasını stres süresine bağlı bir şekilde sinerjik olarak düzenleyerek *E. nutans*'ın QL20-04 (QL) çeşidinde soğuk toleransını artırdığını ifade etmişlerdir.

Rahman ve ark. (2024), yoncada Si uygulamasının soğuk stresinin neden olduğu süperoksit radikali ve hidrojen peroksit oluşumunun şiddetini azalttığını göstermiştir. Bununla birlikte, soğuk stresi altında bitkilerde fotosentezin, hücresel bütünlüğünün ve biyokütle üretiminin iyileşmesini sağladığını, SOD, CAT, APX ve GR gibi antioksidan enzimlerinin aktivitelerini önemli ölçüde artırttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar SOD, CAT, APX ve GR gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerini önemli ölçüde arttığını ve soğuk stresi altında Si uygulamasının, bitkilerin Ca, magnezyum (Mg) ve kükürt (S) içeriklerini artırdığını ileri sürmüşlerdir.

Azarfam ve ark. (2020), silisyumun *Aloe vera* bitkisindeki SOD ve CAT gibi önemli antioksidanlar ile glukomannan, mannoz ve aloin içerikleri üzerindeki etkisini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada; 25 °C'de ve 4 °C'de (soğuk stresi) tuttukları bitkilere farklı Si konsantrasyonlarında (500, 1000, 1500 ve 2000 mg/l potasyum silikat ve silisilik asit)

uygulamalar yapmışlardır. Sonucunda; soğuk stresi uygulamasında SOD ve CAT aktivitelerinin arttığını, glukomannan, mannoz ve aloin konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir. Bunun yanında Si uygulamasının hem enzimatik antioksidan aktivitesini hem de çözünür şeker ve aloin konsantrasyonlarını iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemini harekete geçiren Si'nin, bitkilerin soğuk stresine karşı direnci artırmada önemli bir rol oynadığı, Si uygulamasının enzimatik antioksidan olan SOD ve CAT aktivitelerini artırdığı ve Si'nin soğuk stresi koşullarında bitki direncini yükseltmede faydalı olabileceği bildirilmiştir (Azarfam ve ark., 2020). Liang ve ark. (2008), buğdayda donma stresiyle, H_2O_2 ve serbest prolin konsantrasyonları ile MDA seviyelerinin kademeli olarak arttığını, Si uygulamasıyla da önemli ölçüde baskılandığını, donma stresi durumundaki bitkilerin yapraklarındaki başlıca antioksidan enzim aktiviteleri ve enzimatik olmayan antioksidanlarının (yani glutatyon ve askorbik asit) azaldığını, ancak dışarıdan verilen Si ile önemli ölçüde uyarıldığını belirtmişlerdir. Si'nin donma stresine karşı toleransı artırmasındaki olası mekanizmaları; yaprak dokularında suyun korunmasına bağlı olarak daha yüksek antioksidan savunma aktivitesi ve daha düşük lipit peroksidasyonu ile açıklamışlardır. Qian ve ark. (2019), Si uygulanan bambuların, antioksidan savunma sistemlerinin uyarılmasıyla ilişkili olarak soğuk toleransı gösterdiğini belirlemiş, Si uygulama dozunun artmasıyla birlikte SOD, POD ve CAT enzim aktivitelerinin, yükseldiğini ve MDA içeriği ile hücre zarı geçirgenliğinin azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar −5 °C'lik düşük sıcaklığın bambu yaprak kloroplastları üzerinde etkili olduğunu ancak Si uygulaması sonrasında kloroplastların ultrastrüktürel yapısının korunduğunu da belirtmişlerdir. 8 g kg^{-1} üzerinde Si uygulamasının bambu gelişimi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği de belirlenmiştir.

Tarımsal üretimde sürdürülebilir bitkisel üretim için farklı bitki türlerinde soğuk stresi koşullarında en uygun Si uygulama dozlarının ve uygulama yöntemlerinin belirlenmesi önemlidir. Kim ve ark. (2017)'nın da belirttiği gibi Si ile bitki antioksidan enzim sistemi arasındaki etkileşim hâlen yeterince anlaşılamamış, Si aracılı stres tepkilerinin düzenlenmesinden sorumlu mekanizmaların anlaşılabilmesi için transkriptomik düzeyde daha kapsamlı analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Öte yandan Si'nin tıpkı çeltikte iki farklı taşıyıcının giriş taşıyıcısı olan Lsi1 ile çıkış taşıyıcısı olan Lsi2'nin keşfedilmesi gibi diğer bitki türlerinde de Si taşıyıcılarının araştırılması önem arz etmektedir (Mitani-Ueno ve Ma, 2021). Dolayısıyla toprakta bulunan Si'nin bitki kökleri tarafından alımını artıran fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar ile taşınımında rol oynayan taşıyıcıların ve kolaylaştırıcı bileşiklerin fizyolojik işleyişinin kapsamlı bir şekilde incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Agurla, S., Gahir, S., Munemasa, S., Murata, Y., & Raghavendra, A. S. (2018). Mechanism of stomatal closure in plants exposed to drought and cold stress. *Adv Exp Med Biol.*, 215-232.

Ahmad, W., Coffman, L., Weerasooriya, A. D., Crawford, K., & Khan, A. L. (2024). The silicon regulates microbiome diversity and plant defenses during cold stress in Glycine max L. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1280251.

Azarfam, S. P., Nadian, H., Moezzi, A., & Gholami, A. (2020). Effect of silicon on phytochemical and medicinal properties of aloe vera under cold stress. *Applied Ecology & Environmental Research*, 18(1).

Bilgili, M., Tumse, S., & Nar, S. (2024). Comprehensive overview on the present state and evolution of global warming, climate change, greenhouse gasses and renewable energy. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(11), 14503-14531.

Chen, L. J., Xiang, H. Z., Miao, Y., Zhang, L., Guo, Z. F., Zhao, X. H., Lin, J. W., & Li, T. L. (2014). An overview of cold resistance in plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(4), 237-245.

Das, K., & Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 53.

Dodd, A. N., Kudla, J., & Sanders, D. (2010). The language of calcium signaling. *Annual Review of Plant Biology*, 61(1), 593-620.
Havlin, J. L, Tisdale, S. L, Nelson W. L, & Beaton J. D. (2016) Soil fertility and fertilizers. Delhi
Horuz, A. (2018). Silisyumun bitki gelişimine olan etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 151-163.
Imtiaz, M., Rizwan, M. S., Mushtaq, M. A., Ashraf, M., Shahzad, S. M., Yousaf, B., Saed, D.A., Rizwan, M., Nawaz, M. A., Mehmood, S., & Tu, S. (2016). Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: a review. *Journal of Environmental Management*, 183, 521-529.
Joudmand, A., & Hajiboland, R. (2019). Silicon mitigates cold stress in barley plants via modifying the activity of apoplasmic enzymes and concentration of metabolites. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(2), 29.
Kalberer, S. R., Wisniewski, M., & Arora, R. (2006). Deacclimation and reacclimation of cold-hardy plants: current understanding and emerging concepts. *Plant Science*, 171(1), 3-16.
Kandaswami, C., & Middleton Jr., E. (1994). Free radical scavenging and antioxidant activity of plant flavonoids. *Adv Exp Med Biol*., 351-376.
Khan, A. L. (2025). Silicon: A valuable soil element for improving plant growth and CO2 sequestration. *Journal of Advanced Research*, 71, 43-54.
Kim, Y. H., Khan, A. L., Waqas, M., & Lee, I. J. (2017). Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers in Plant Science*, 8, 256717.
Korkmaz, A., Değer, Ö., Szafrańska, K., Köklü, Ş., Karaca, A., Yakupoğlu, G., & Kocaçınar, F. (2021). Melatonin effects in enhancing chilling stress tolerance of pepper. *Scientia Horticulturae*, 289, 110434.
Korkmaz, A., Korkmaz, Y., & Demirkıran, A. R. (2010). Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedlings by exogenous application of 5-aminolevulinic acid. *Environmental and Experimental Botany*, 67(3), 495-501.
Li, J., Yu, Q., Liu, C., Zhang, N., & Xu, W. (2025). Flavonoids as key players in cold tolerance: Molecular insights and applications in horticultural crops. *Horticulture Research*, 12(4).
Liang, Y., Zhu, J., Li, Z., Chu, G., Ding, Y., Zhang, J., & Sun, W. (2008). Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 64(3), 286-294.
Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science And Plant Nutrition*, 50(1), 11-18.
Ma, J. F., Miyake, Y., & Takahashi, E. (2001). Chapter 2 silicon as a beneficial element for crop plants. *Studies in Plant Science,* 8: 17–39.
Ma, J. F., Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11(8), 392-397.
Mi, W., Liu, Z., Jin, J., Dong, X., Xu, C., Zou, Y., Xu, M., Zheng, G., Cao, X., Fang, X., Zhao, C., & Mi, C (2021). Comparative proteomics analysis reveals the molecular mechanism of enhanced cold tolerance through ROS scavenging in winter rapeseed (Brassica napus L.). *PloS One*, 16(1), e0243292.
Mitani, N., & Ma, J. F. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. *Journal Of Experimental Botany*, 56(414), 1255-1261.
Mitani-Ueno, N., & Ma, J. F. (2021). Linking transport system of silicon with its accumulation in different plant species. *Soil Science and Plant Nutrition*, 67(1), 10–17.
Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in Plant Science*, 22(1), 11-19.
Mittler, R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y., & Van Breusegem, F. (2022). Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 23(10), 663-679.
Örvar, B. L., Sangwan, V., Omann, F., & Dhindsa, R. S. (2000). Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. *The Plant Journal*, 23(6), 785-794.
Qian, Z. Z., Zhuang, S. Y., Li, Q., & Gui, R. Y. (2019). Soil silicon amendment increases Phyllostachys praecox cold tolerance in a pot experiment. *Forests*, 10(5), 405.

Rahman, M. A., Song, Y., Hasan, M. M., Jahan, M. S., Siddiqui, M. H., Park, H. S., Lee, S.-H., Singh, D., Corpas, F. J., Kabir, A. H., & Lee, K.-W. (2024). Mechanistic basis of silicon mediated cold stress tolerance in alfalfa (Medicago sativa L.). *Silicon*, 16(3), 1057-1069.
Sanghera, G. S, Wani, S. H, Hussain, W, & Singh, N. B. (2011). Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current Genomics*, 12(1), 30-43.
Shao, H. B., Chu, L. Y., Lu, Z. H., & Kang, C. M. (2007). Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells. *International Journal of Biological Sciences*, 4(1), 8.
Souri, Z., Khanna, K., Karimi, N., & Ahmad, P. (2021). Silicon and plants: current knowledge and future prospects. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(3), 906-925.
Thakral, V., Raturi, G., Sudhakaran, S., Mandlik, R., Sharma, Y., Shivaraj, S. M., Tripathi, D. K., Sonah, H., & Deshmukh, R. (2024). Silicon, a quasi-essential element: Availability in soil, fertilizer regime, optimum dosage, and uptake in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208, 108459.
Vitra, A., Lenz, A., & Vitasse, Y. (2017), Frost hardening and dehardening potential in temperate trees from winter to budburst. *New Phytol*., 216: 113-123. https://doi.org/10.1111/nph.14698
Wang, P., Liu, W. C., Han, C., Wang, S., Bai, M. Y., & Song, C. P. (2024). Reactive oxygen species: multidimensional regulators of plant adaptation to abiotic stress and development. *Journal of Integrative Plant Biology*, 66(3), 330-367.
Xie, X., Yang, S., Zhao, X., Shang, T., & Han, X. (2024). Mechanisms of silicon-mediated amelioration for Camellia sinensis using physiology, transcriptomics, and metabolomics under cold stress. *Beverage Plant Research*, 5(1).
Yadav, S. K. (2010). Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agronomy For Sustainable Development*, 30(3), 515-527.
Yang, F., Zhu, L., Cao, J., Yang, F., Codogno, B., Ma, Q., Liang, H., Wang, W., & Huang, J.-G. (2026). Tree growth response and adaptation to climate change and climate extremes: From canopy to stem. *Journal of Integrative Plant Biology*, 00 : 1–28
Zargar, S. M., Mahajan, R., Bhat, J. A., Nazir, M., & Deshmukh, R. (2019). Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. *3 Biotech*, 9(3), 73.
Zexer, N., Kumar, S., & Elbaum, R. (2023). Silica deposition in plants: scaffolding the mineralization. *Annals of Botany*, 131(6), 897-908.
Zhang, B.-Q., Huang, Y.-X., Zhou, Z.-F., Zhou, S., Duan, W.-X., Yang, C.-F., Gao, Y.-J., Zhang, G.-M., Song, X.-P., Zhang, X.-Q., Li, A.-M., Huang, D.-L., & Li, Y.-R. (2022). Cold-Induced physiological and biochemical alternations and proteomic insight into the response of Saccharum spontaneum to low temperature. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22), 14244.
Zhang, F., Zhao, Y., Zhang, Y., Shi, Y., Hou, L., Khan, A., Zhang, R., & Zhang, Y. (2024). Mechanism of exogenous silicon in enhancing cold stress tolerance in Solanum lycopersicum L. seedlings: insights from resistance and quality indicators. *Horticulturae*, 11(1), 4.
Zhao, Y., Liao, H., Lu, H., Tang, L., Qiu, Y., Wang, R., & Xie, W. (2026). Silicon Nanoparticles Enhance Cold Tolerance in Elymus nutans Seedlings by Regulating Growth, Physiology, and Gene Expression Under Cold Stress. *Food and Energy Security*, 15(2), e70222.

GÖNÜLLÜLERDEN BAĞIŞÇILARA: SAVAŞ SONRASI DÖNEMDE KAR AMACI GÜTMEYEN KURULUŞLARDA İLİŞKİ PAZARLAMASI ÇALIŞMALARI

Master Student Leyla Kudsi
İstanbul Ticaret University, Graduate School, Marketing Management
ORCID ID: 0009-0002-4651-5184
Asst.Prof. Abdülkadir ŞENCAN
İstanbul Kent University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences
ORCID ID: 0000-0001-7337-6218

ÖZET
İlişki Pazarlaması (Relationship Marketing- RM) yaklaşımından hareket eden bu çalışmanın amacı, genç gönüllülerin savunuculuk davranışları ve gelecekteki bağış niyeti gibi uzun vadeli örgütsel desteğe nasıl katkıda bulunabileceğini araştırmaktır. Bu destek; güven, bağlılık ve sosyal itibar gibi çeşitli temel faktörlere dayanmaktadır. Kâr amacı gütmeyen kuruluşlar alanındaki literatür, ilişki pazarlama mekanizmalarının uygulanışını çoğunlukla istikrarlı örgütsel bağlamlar çerçevesinde incelemiştir. Ancak, kaynak kıtlığı, psikolojik baskı ve istikrarsızlık ile karakterize edilen çatışma sonrası ortamlarda ilişki geliştirme süreçlerine sınırlı düzeyde odaklanılmıştır. Bu doğrultuda çalışma, Suriye kâr amacı gütmeyen kuruluşlar sektörü bağlamında ilişki pazarlama mekanizmalarının nasıl işlediğini incelemektedir.
Bu araştırma, Suriye'de faaliyet gösteren kâr amacı gütmeyen kuruluşlar bağlamında ilişki temelli katılımı analiz etmek amacıyla nitel bir araştırma yaklaşımı benimsemektedir. Veriler, yerel kâr amacı gütmeyen kuruluşlarda yer alan Suriyeli gençlerle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen veriler, çatışma sonrası bağlamlarda örgütsel destek ile ilişkili tekrar eden tema ve örüntüleri belirlemek amacıyla tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.
Önceki çalışmalarda belirlenen ilişki kurma faktörlerine (örneğin güven, duygusal aidiyet ve sosyal tanınma) ek olarak, bu çalışmanın bulguları çatışma sonrası toplumların doğasından kaynaklanan ek faktörleri de ortaya koymaktadır. Katılımcıların yanıtları, saha faaliyetleri sırasında duygusal ve psikolojik hazırlık ile güvenlik güvencesini içeren psikososyal destek ihtiyacını vurgulamıştır. Ayrıca, ulaşım desteği gibi finansal ihtiyaçlar da öne çıkmıştır. Bu bulgular, kırılgan ortamlarda ilişki pazarlama mekanizmalarının yalnızca geleneksel ilişki stratejilerine dayandırılamayacağını; aynı zamanda gönüllülerin uzun vadeli örgütsel desteğini sürdürebilmek için finansal ve psikososyal ihtiyaçları kapsayan daha geniş bir destek sisteminin gerekli olduğunu göstermektedir.
Bu çalışma, çatışma sonrası ortamların kendine özgü dinamikleri nedeniyle, genç gönüllü katılımının istikrarlı örgütsel bağlamlardan farklı şekilde şekillenebileceğini ortaya koyarak kâr amacı gütmeyen kuruluşlar literatürüne katkı sunmaktadır.
Anahtar Kelimeler: İlişki Pazarlaması, Kâr Amacı Gütmeyen Kuruluşlar, Genç Gönüllülüğü, Çatışma Sonrası Bağlamlar, Suriyeli STK'lar.

FROM VOLUNTEERS TO DONORS: RELATIONSHIP MARKETING EFFORTS IN NONPROFIT ORGANIZATIONS WITHIN POST-CONFLICT CONTEXTS

ABSTRACT
Drawing on Relationship Marketing (RM), the purpose of this paper is to investigate how youth volunteering may contribute to the long-term organizational support, such as advocacy and future donation intention. This support depends on several key factors, including Trust,

Commitment, and Social Reputation. Recent nonprofit literature has largely examined the implementation of relationship marketing mechanisms in the nonprofit sector, mostly within stable organizational contexts. However, limited attention has been given to the process of relationship-building that operates in post-conflict settings, which is marked by scarce resources, psychological pressure, and instability. Therefore, this study examines how relationship marketing mechanisms operate in such a context by focusing on the Syrian nonprofit sector.

This study utilizes a qualitative research approach to analyze relationship-based engagement within the Syrian nonprofit context. Data were gathered through semi-structured interviews conducted with Syrian youth involved in local nonprofit organizations. Using thematic analysis, the collected data were analyzed to identify recurring patterns and themes relevant to organizational support within post-conflict contexts.

In addition to the relationship-building factors identified in the previous studies (e.g., trust, emotional belonging, social recognition, etc.). The findings of this study further reveal additional factors imposed by the nature of post-conflict societies. The participants' answers identified the need for psychosocial support, which includes emotional and psychological preparedness, and safety insurance during field activities. Also, the need for financial support, such as transportation assistance. These findings suggest that the implementation of relationship marketing mechanisms within a fragile environment can't be based solely on the traditional relational strategies but also needs a broader support system that addresses the financial and psychosocial needs to maintain volunteer long-term organizational support.

This paper contributes to the nonprofit literature by exploring youth volunteer engagement in post-conflict settings, which, due to its distinct characteristics, might be different from those mainly discussed in stable organizational environments.

Keywords: Relationship Marketing, Nonprofit Sector, Youth Volunteering, Post-Conflict Contexts, Syrian NGOs

1. INTRODUCTION

Non-Profit Organizations are increasingly facing challenges in securing long-term donations due to growing competition for funding (Omura, 2014). A situation that can be precisely described as "never-ending demands in the face of limited resources." In her study, (Al Maalouf, 2025) noted that the number of NGOs has increased by 200%, reaching over 10 million NGOs operating globally. This funding competition is driven by several factors, such as shifting donor priorities, operational challenges, and corruption.

In response to these challenges, NGOs started to shift away from short-term transactional fundraising by adapting marketing-oriented approaches that focus on retention and long-term engagement. Within this context, volunteering may function as a strategic relational mechanism that an organization can build through trust, emotional attachment, and long-term commitment. From this perspective, the study explores the role of volunteering in the development of sustainable donor relationships and organizational advocacy.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Theoretical Foundation: Social Exchange Theory (SET)

To overcome the fundraising challenge, non-profit marketing researchers have highlighted the importance of shifting from transactional fundraising approaches toward relationship marketing strategies. (MacMillan, 2005). These strategies prioritize donor engagement and long-term relationships.

To understand these relationships, Social Exchange Theory offer a foundational lens that delves into the reasons behind such relationships. In an early work by (Homans, 1958), the author emphasized the exchange process that influences social behavior, which is based on

the calculation of rewards and costs, under which people tend to proceed with relationships whose benefits exceed their costs. Building on this (Blau, 1964) expanded the theory to broader social structures, emphasizing how repeated exchanges contribute to commitment, trust, and eventually long-term relationships.

Later, Cropanzano & Mitchell (2005) focused on reciprocity as the root of SET, defining it as a process under which long-term interactions contribute to the development of commitment, trust, and mutual obligations, where exchanges are often emotionally based (Mitchell C. &., 2005).

2.2 Relationship Marketing and Customer Engagement

In their paper, Morgan and Hunt (1994) argue that relationship marketing differs from the discrete transaction to a more relational exchange, through which trust and commitment function as key mediators of successful relationships. (Morgan, 1994).

(Gwinner, 1998) further examines the benefits a customer gains from the relationship itself, including confidence, social connections, and special treatment. Their studies conclude that long-term loyalty does not depend only on transactional value, but it is also shaped by the psychological and social benefits. These benefits can be interpreted as the "rewards" within the Social Exchange Theory.

With more studies about the customer engagement behavior (Van Doorn, 2010), in their article focuses on the motivational drivers such as advocacy and co-creation as key factors beyond customers' behavior. Similarly, Kumar and Pansari (2016) address engagement from a multidimensional construct that includes loyalty, satisfaction, and emotional attachment (Kumar, 2016).

2.3 Relationship Marketing and Nonprofit Sector

To understand donor behavior in the nonprofit sector, several researchers addressed the adaptation of relationship marketing principles. Sargeant and Lee discussed the role of commitment and trust in shaping donors' behavior, demonstrating that donor engagement may likely depend on the perceived transparency, reliability, and shared values of the organization. (Lee, 2004). Another study tried to analyze the key drivers behind the decision to donate. In their article about the charitable giving mechanisms, René and Pamala identified specific mechanisms behind an individual's decision to donate, among which are altruism, reputation, and awareness of need. These mechanisms can be interpreted as "rewards" of the relationship between the donor and the organizations. (Bekkers, 2011)

Focusing on the fundraising strategies, Sargeant and Jay (2014) emphasized the importance of emotional rewards in the process of building relationships with donors. Aligning this with SET, the donor gives importance to the intangible benefits of giving, not only the financial cost. (Sargeant, 2014). Meanwhile, other studies focused on applying relationship marketing to volunteer recruitment, addressing volunteers as internal customers, not as interim labor. In their studies, Bussell and Forbes (2006) outline how meeting volunteers' needs, such as social recognition and emotional benefits, positively impact their satisfaction and commitment. (Bussell, 2006). Another study by Mitchell and Clark (2021) explored the reasons volunteers choose a specific organization and found that identity, personal needs, and perceived organizational impact strongly shape the decision to volunteer. (Mitchell S. L., 2021)

It is worth noting that the existing literature related to nonprofit relationship marketing remains largely centered on stable organizational contexts; meanwhile, limited attention has been given to post-conflict environments, where more complicated challenges arise, especially regarding sustainability. Therefore, this study aims to explore youth volunteering as a long-term engagement mechanism within the post-conflict setting, with particular attention to the Syrian nonprofit context.

3. METHODOLOGY

To investigate how the use of relationship marketing within NGOs may influence long-term volunteer engagement and future advocacy in post-conflict contexts, this study adopts a qualitative research design, under which semi-structured interviews were conducted. The Study targeted eight Syrian participants aged between 20 and 32 who were previously part of volunteering activities within NGOs. It is worth noting that all participants were female, which itself reflects the higher visibility of women in the Syrian nonprofit sector. This can be attributed to the women's empowerment initiatives by local and international organizations. Thus, within the study context, volunteering among young women appeared more accessible, compared to many young men who tend to prioritize income-generating opportunities due to the economic challenges and societal pressures imposed on them.

The interview questions were designed to explore participants' opinions about the importance of organizational transparency and trust, emotional support, humanitarian motivation, and personal growth **(see Table 1)**. The collected data were addressed using thematic analysis.

Table 1. Interview Questions

Category / Construct	Theoretical Source	Interview Question / Probe
1. Initial Motivation	Social Exchange Theory (Homans, 1958)	If you had the opportunity to volunteer, what would motivate you to participate? What benefits would you expect to gain?
2. Perceived Org Support (POS)	Percieved Organizational Support (Eisenberger, 1986)	If you volunteered, how important would it be for you to feel appreciated and supported? Why?
3. Perceived Value (Core Variable)	Social Exchange Theory (Blau, 1964)	What would make a volunteering experience "worth it" for you? What could make it feel like a "waste of time"?
4. Social Approval & Recognition	Social Exchange Theory (Homans, 1961)	How important is it that others (friends, society, social media) recognize your involvement?
5. Organizational Trust	Relationship Marketing ((Morgan, 1994)	What would make you trust a nonprofit organization enough to support it long-term?
6. Altruism vs. Exchange	Mixed-Motive Model (Kelly, 2002)	How important is "helping others" versus "personal growth" in your decision to participate?

7. Norm of Reciprocity	(Gouldner, 1960)	Do you think volunteering would influence your willingness to donate to that organization in the future? Why?
8. Managerial Implications	Engagement Strategy	What should organizations do to attract and keep young people like you engaged as "lifelong partners"?

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Trust, Transparency, and Organizational Authenticity

The role of organizational transparency, honesty, and effective humanitarian impact represents one of the strongest themes extracted from the interviews. Participants repeatedly mentioned that volunteering experience is the most important factor that shapes trust toward an NGO, as it allows volunteers to investigate if the NGO has authentic assistance efforts, or just performative and symbolic activities that target mainly public visibility. Respondents emphasized the significance of real activities, justified distribution practices, and genuine humanitarian engagement. This can be strongly aligned with relationship marketing literature, according to (Morgan, 1994) trust operates as the key factor for long-term organizational relationships.

Moreover, participants repeatedly demonstrated that organizational credibility is related to well-defined organizational goals, a healthy work environment, and responsible teamwork. Most respondents mentioned that their willingness for long-term support (through donation or advocacy) is only determined after they have personally experienced the NGO's transparency, effective management, and impactful humanitarian outcomes.

4.2 Emotional Support and Organizational Belonging

The findings also show how moral support, appreciation, and organizational belonging significantly influence long-term engagement. As respectful communication, perceived value within the organization, and, most importantly, inclusion in decision-making were repeatedly emphasized by the participants as important factors that influence their willingness to support the organization in the future. Several respondents conveyed the need to feel that their participation has a meaning, and that their efforts were recognized by organizational leadership.

It is worth noting that the post-conflict contexts necessitate additional psychological and emotional dimensions to achieve volunteer long-term engagement. All participants highlighted the sensitive nature of field activities in Syria. These field activities are significantly characterized by emotional intensity, under which there is a high psychological burden resulting from exposure to vulnerable populations and their traumatic stories. Therefore, the respondents highlighted the importance of psychosocial support, emotional preparedness, and offering volunteers safe spaces to build relations with each other.

4.3 Reciprocal Value: Humanitarian Purpose and Personal Growth

While helping others represents a key motivation for most of the respondents, answers also reveal the importance of personal growth and self-improvement, skill development, and networking. Most of the respondents aim at both humanitarian and developmental achievements. Since focusing on humanitarian help doesn't necessarily require joining an NGO. Meanwhile, organizational volunteering additionally offers opportunities for training, building skills, and professional development.

Accordingly, the findings reveal that volunteer engagement within NGOs is achieved through reciprocal value exchange, as volunteers seek development and relational benefits, in addition to social contribution. This strongly improves the assumptions of Social Exchange Theory, which addresses relational participation through mutual benefit.

4.4 Volunteering as a Pathway Toward Long-Term Advocacy and Support

A final theme emerging from the interviews is the relationship between the positive experiences the volunteer had and his/her intention for long-term organizational support, as the participants consistently mentioned that if they had an experience characterized by trust, meaningful engagement, and organizational authenticity, they would support the organization by recommending it to others, and financially support it in the future.

Respondent mostly described positive word-of-mouth communication as a spontaneous outcome of meeting volunteers' needs. Many participants convey their willingness to encourage friends, family, and wider social circles to volunteer for or support organizations that meet their humanitarian, emotional, and self-growth needs. The findings suggest that the experiences with an NGO may function as long-term relationship-building mechanisms that contribute to strengthening organizational advocacy and volunteer loyalty within the nonprofit sector.

5. CONCLUSION

The findings of this study suggest that long-term organizational support within the context of non-profit does not depend solely on temporary humanitarian participation, but rather requires relationship-building approaches, through which advocacy, involvement in decision- making, and a sense of belonging should be guaranteed. Participants repeatedly mentioned the importance of transparency, trust, psychosocial support, emotional preparedness, meaningful participation, and organizational honesty in influencing their decision to remain engaged with the NGO.

However, within post-conflict contexts such as Syria, Volunteer engagement appears to involve higher social significance. The 14 years of war that the country witnessed resulted in the largest

displacement crisis in recent history, with millions of Syrians displaced internally and externally across different countries.

It is worth noting that the destruction of this war goes beyond the infrastructure and economy, as this displacement affected social identity and emotional belonging, especially among the young generation who have been born and raised outside Syria. This reality offers a double-edged sword, as it imposes social and cultural challenges on identity and social integration, it also offers a rich pull of skills, languages, and experiences. Therefore, nonprofit organizations can provide a nurturing environment for these youth to reconnect through shared humanitarian engagement.

From a relationship marketing perspective, achieving sustainable volunteer engagement by providing trust, emotional support, and inclusion may not only improve organizational advocacy and support but may also contribute to rebuilding social belonging and identity within post-conflict societies.

Therefore, this study emphasized the significance of applying nonprofit relationship marketing efforts to the social realities within fragile settings, in which volunteers themselves may be beneficiaries, supporters, and key actors in societal rebuilding.

REFERENCES

Al Maalouf, N. J., Sawaya, C., & Elia, J. (2025). Evaluating the influence of organizational capability on fundraising success in lebanese non-governmental organizations. *Heliyon*, *11*(2).

MacMillan, K., Money, K., Money, A., & Downing, S. (2005). Relationship marketing in the not-for-profit sector: an extension and application of the commitment–trust theory. *Journal of business research*, *58*(6), 806-818.

Homans, G. C. (1958). Social behavior as exchange. *American journal of sociology*, *63*(6), 597-606.

Blau, P. (2017). *Exchange and power in social life*. Routledge.

Cropanzano, R., & Mitchell, M. S. (2005). Social exchange theory: An interdisciplinary review. *Journal of management*, *31*(6), 874-900.

Sargeant, A. (2001). Relationship fundraising: How to keep donors loyal. *Nonprofit Management and Leadership*, *12*(2), 177-192.

Morgan, R. M., & Hunt, S. D. (1994). The commitment-trust theory of relationship marketing. *Journal of marketing*, *58*(3), 20-38.

Gwinner, K. P., Gremler, D. D., & Bitner, M. J. (1998). Relational benefits in services industries: the customer's perspective. *Journal of the academy of marketing science*, *26*(2), 101-114.

Eisenberger, R., Huntington, R., Hutchison, S., & Sowa, D. (1986). Perceived organizational support. *Journal of Applied psychology*, *71*(3), 500.

Van Doorn, J., Lemon, K. N., Mittal, V., Nass, S., Pick, D., Pirner, P., & Verhoef, P. C. (2010). Customer engagement behavior: Theoretical foundations and research directions. *Journal of service research*, *13*(3), 253-266.

Sargeant, A., & Lee, S. (2004). Donor trust and relationship commitment in the UK charity sector: The impact on behavior. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, *33*(2), 185-202.

Bekkers, R., & Wiepking, P. (2011). A literature review of empirical studies of philanthropy: Eight mechanisms that drive charitable giving. *Nonprofit and voluntary sector quarterly*, *40*(5), 924-973.

Sargeant, A. (2014). *Fundraising management: Analysis, planning and practice*. Routledge.

Bussell, H., & Forbes, D. (2006). Developing relationship marketing in the voluntary sector. *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, *15*(1-2), 151-174.

Usadọlọ, Q. E. (2016). *The impact of social exchange on volunteer's workplace outcomes in non-profit organisations* (Doctoral dissertation, Southern Cross University).

Cropanzano, R., & Mitchell, M. S. (2005). Social exchange theory: An interdisciplinary review. *Journal of management*, *31*(6), 874-900.

Mitchell, S. L., & Clark, M. (2021). Telling a different story: How nonprofit organizations reveal strategic purpose through storytelling. *Psychology & Marketing*, *38*(1), 142-158.

Kumar, V., & Pansari, A. (2016). Competitive advantage through engagement. *Journal of marketing research*, *53*(4), 497-514.

BELEDİYELERDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KONULU ÇALIŞMALARIN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Doç. Dr. Gözde KOCA
Bilecik Şeyh Edebali University, FEAS, Department of Business Administration, 11230 Bilecik
ORCID ID: 0000-0001-6847-6812
Yeşim ANKARA
Bilecik Şeyh Edebali University, FEAS, Department of Business Administration, 11230 Bilecik
ORCID ID: 0000-0001-6901-1777
Maher JARADA
Bilecik Şeyh Edebali University, FEAS, Department of Business Administration, 11230 Bilecik
ORCID ID: 0009-0008-4721-5144

ÖZET
Bu araştırmanın amacı, belediyelerde sürdürülebilirlik literatürünün bibliyometrik analizini ortaya koymaktır. Bu kapsamda Web of Science (WOS) veri kaynağı içeriğinde yer alan sürdürülebilir belediye alan yazını araştırılmıştır. Dünya genelinde sanayinin gelişmesi, insan popülasyonundaki artış, şehirleşme ve teknolojinin ilerlemesi ile meydana gelen olumsuz sorunlarla başa çıkabilme süreci olan sürdürülebilirlik, özellikle son yıllarda dikkat çeken bir unsur olmuştur. Sürdürülebilirlik uygulamaları için yapılan iktisadi, toplumsal ve çevresel çalışmalarda belediyeler oldukça önemli roller üstlenmektedirler.
Çalışma bağlamında "munucipal sustainability" anahtar kelimesi kullanılarak Web of Science (WOS) veri tabanında yer alan ve 1994-2026 yılları aralığında yayınlanmış 6402 akademik kaynak irdelenmiştir. Elde edilen verilerin analizi için R Studio program içeriğinde yer alan biblioshiny uygulanması kullanılmıştır. Sürdürülebilir belediye kavramı senelere göre değişen yayın sayısı, alana katkı sağlayan kaynaklar ve yazarlar, kelime bulutu, uluslararası iş birlikleri ve farklı bibliometrik indikatörler açısından incelenmiştir.
Bibliyometrik analiz bulguları sürdürülebilir belediye çalışmalarının yıllar içerisinde arttığını göstermektedir. Sürdürülebilirlik konusuna karşı gelişen duyarlılık araştırma eğiliminin güçlenmesini desteklemiştir. Sürdürülebilir belediye kavramına yönelik gerçekleştirilen bu araştırmanın yapılacak diğer çalışmalara perspektif sunabileceği düşünülmektedir.
Anahtar kelimeler: Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir belediye, bibliyometrik, R studio, Biblioshiny

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SUSTAINABILITY STUDIES IN MUNICIPALITIES

ABSTRACT
The aim of this research is to present a bibliometric analysis of the sustainability literature in municipalities. In this context, the sustainable municipality literature included in the Web of Science (WOS) database was investigated. Sustainability, the process of coping with negative problems arising from industrial development, population growth, urbanization, and technological advancements worldwide, has become a prominent issue, especially in recent

years. Municipalities play significant roles in economic, social, and environmental studies conducted for sustainability practices.
In this study, 6402 academic sources published between 1994 and 2026 in the Web of Science (WOS) database were examined using the keyword "municipal sustainability". The biblioshiny application within the R Studio program was used for data analysis. The concept of sustainable municipalities was examined in terms of varying publication numbers over the years, contributing sources and authors, word cloud, international collaborations, and various bibliometric indicators.
The bibliometric analysis findings show that studies on sustainable municipalities have increased over the years. The growing awareness of sustainability has supported the strengthening of research trends in the field. It is believed that this research on the concept of sustainable municipalities can offer perspectives for other studies to be conducted.
Keywords: Sustainability, sustainable municipality, bibliometrics, R Studio, Biblioshiny

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, son yılların en yaygın kullanılan ve ön plana çıkan kavramlardan birisidir. “Sürdürülebilir” terimi, “zaman içinde devam ettirilebilen” unsurları ifade etmektedir. Kavramın Avrupa’da bilinen ilk kullanımı Alman bilim insanı Hans Carl von Carlowitz tarafından 1712 tarihli Sylvicultura Oeconomica adlı eserinde, ormanların uzun vadede nasıl yönetilmesi gerektiğini belirtmek amacıyla ortaya atılması şeklinde olmuştur. Ancak, bu terim 1980'lere kadar çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmamıştır.
Sürdürülebilirlik teriminin yaygın kullanımı ise 1980’lerin sonlarında Birleşmiş Milletler’in “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama imkânlarını tehlikeye atmadan bugünkü neslin ihtiyaçlarını karşılamaya” odaklanan bir toplumsal işleyiş biçimi olarak tanımlaması ile gerçekleşmiştir. Yapılan bu tanımlama kaynak sınırlaması ve eşitlik konularını kabul ederek sürdürülebilirlik için gerekli şartları belirler, ancak “ihtiyaçların” tanımlanması veya nasıl uygulanacağının açıklanması gibi bazı noktaları açık uçlu bırakmaktadır (WCED, 1987). Sürdürülebilirliğin bu biraz belirsiz tanımı, hâlâ yaygın olarak kullanılsa da, “sürdürülebilirlik” kavramının tanımının ve kullanımının daha da genişletilmesine ve netleştirilmesine yol açmıştır. Çeşitli kuruluşlar ve akademisyenler, Brundtland tanımına taşıma kapasitesi, antroposentrizm, doğal sermaye, büyümeye karşı duruş, teknolojinin rolü ve sosyal adalet gibi unsurlar eklemişlerdir. Sürdürülebilik genellikle çevre koruma, ekonomik uygulanabilirlik ve sosyal adalet arasında bir denge kurmak olarak tanımlanır ve birbiriyle iç içe geçmiş çeşitli konuları kapsayabilir (Wheeler, 2004)
Sürdürülebilirliğin tartışma konusu olmasının nedeni, bunun çok yönlü bir kavram olması ve aynı zamanda neredeyse herkesin bu kavrama kendine göre farklı bir anlam yüklemek istemesidir. Sonuç olarak, sürdürülebilirliği tam ve kesin bir şekilde tanımlamak zordur. Sürdürülebilirliği tanımlamadaki zorluklardan biri de bu kavramın dinamik yapısı nedeniyle zaman içinde sürekli olarak gelişmesidir.
1990'ların sonlarından bu yana sürdürülebilirliğe olan ilgi giderek artmaktadır. Linton, Klassen ve Jayaraman'a (2007) göre, sürdürülebilirlik “karar alıcılar, popüler basın ve çeşitli teknik alanlardaki dergiler tarafından giderek daha fazla tartışılmaktadır.” Çevreciler, mühendisler, sosyologlar ve biyologlar, sürdürülebilirlikle ilgili bilgi arayışındadır. İşletme yönetimi alanında, sürdürülebilirlikle ilgili makalelerin sayısı hızla artmaktadır.

Literatürde Sürdürülebilirlik Konusunda Yapılan Çalışmalar

Litrico ve Lee (2018) tarafından yapılan “Naturalizing Sustainability: How Industry Actors Make Sense of a Threatening Concept” başlıklı çalışmada sivil havacılık sektöründe dışsal meşruiyet değerlendirmeleri, içsel kimlik inançları ve sürdürülebilirlik anlayışları arasındaki

etkileşimi incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre sektörün değerlerini yeniden teyit ederken, tehdit unsuru oluşturan sürdürülebilirlik kavramını yeniden yorumlamayı ve etkisiz hale getirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Throsby ve Petetskaya (2016) tarafından "Sustainability Concepts in Indigenous and Non-Indigenous Cultures" yapılan başlıklı araştırmada Avustralya'nın Aborjin ve Torres Boğazı Adalı halklarının deneyim ve uygulamalarından bir dizi örnek vererek, yerli ve yerli olmayan toplumlarda anlaşıldığı şekliyle sürdürülebilirlik kavramları tartışılmıştır. Sürdürülebilirliğe yönelik iki yaklaşımın birçok ortak kaygıyı paylaştığı, ancak önemli farklılıkların da belirgin olduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilirlik, sosyal, politik veya kültürel bağlamdan bağımsız olarak uygulanabilen evrensel bir kavram olarak görülebilirken, yerli olmayan toplumlarda uygulanacak tam anlamıyla gerçekleştirilmiş bir sürdürülebilirlik modelinin ancak kültürün önemini kabul etmesi ve yerli bilgi sistemlerinde nesiller boyunca biriken içgörüleri içermesi durumunda mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Sürdürülebilirlik ile ilgili alanyazın taraması Tablo 1 ile sunulmuştur.

Tablo 1: Sürdürülebilirlik Teriminin Alanyazın Taraması

Yazar	**Konu**
Barton,JR, Kopfmüller,J. (2012)	Sürdürülebilirlik kavramına ve özellikle Santiago de Chile'deki mevcut duruma, tartışmalara ve ihtilaflara ilişkin temel bilgiler
Karunasena, Rathnayake ve Senarathne, (2016)	İnşaat sektörü için gereksiz maliyetleri azaltmak ve kullanıldığında müşterileri cezbeden değer planlamasına sürdürülebilirlik kavramlarını entegre etmektir.
Lee ve Jung (2019)	Sosyal sürdürülebilirlik kavramını ve kapsamını belirlemek için veri odaklı bir yaklaşım değerlendirmesi
Tøllefsen, T.O. (2021)	Sürdürülebilirlik kavramının kavramsal tarih ve söylemler üzerine analizin yapılması
Schilling, T., Wyss, R., ve Binder, C. R. (2018)	Sürdürülebilirlik geçişlerinin başarısını belirleyen faktörlere ilişkin araştırma

Literatürde Sürdürülebilirlik Konulu Bibliyometrik Analiz Çalışmaları

Ellili (2024), tarafından "Bibliometric analysis of sustainability papers: Evidence from *Environment, Development and sustainability"* başlığı ile yapılan araştırmada Çevre, Kalkınma ve Sürdürülebilirlik kaynağı içeriğindeki sürdürülebilirlik makalelerinin bibliyometrik bir incelemesi uygulanarak sürdürülebilirlik literatüründeki güncel eğilimlerin vurgulanması amaçlamanmıştır. Sonuç olarak dergi içeriğinde konunun araştırma makaleleri ve atıflarda önemli bir büyüme gösterdiği tespit edilmiştir.

Nobaneev vd. (2021), tarafından yapılan "A Bibliometric Analysis of Sustainability and Risk Management" başlıklı çalışmada ilgili literatürü analiz etmek için bibliyometrik yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda sürdürülebilirliğin küresel perspektifte bireyin ve/veya kuruluşun bakış açılarını zorlayan bir konu olmaya devam ettiği tespit edilmiştir.

Sürdürülebilirlik konulu bibliyometrik analiz çalışmalarının ilgili alanyazın taraması Tablo 2 ile sunulmuştur.

Tablo 2: Literatürde Sürdürülebilirlik Konulu Bibliyometrik Analiz Çalışmaları

Yazar	Konu
Wang D,Dong L ve Di S (2023)	Veriye dayalı kentsel sürdürülebilirlik karşılaştırması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında sürdürülebilir kentsel kalkınmaya yönelik bibliyometrik analiz
Alcaide-Ruiz, M. vd. (2022)	Sürdürülebilirlik komiteleri üzerine yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi
Bruyn, C., Said, F.B., Meyer, N. ve Soliman, M. (2023)	Turizm sürdürülebilirliği konusunda kapsamlı bir bibliyometrik ve sistematik inceleme
Gremo, M. vd. (2026)	Birleşik bir bibliyometrik analiz ve kapsamlı inceleme yoluyla ergonomi ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin araştırılması
Sharma, H. ve Jain, S. (2025)	Yeşil finansmandaki son trendlerin ve çevresel sürdürülebilirliğe katkısının bibliyometrik analiz yöntemi ile araştırılması

Yapılan literatür taraması sonucunda sürdürülebilirlik üzerine ve sürdürülebilirlik konulu bibliyometrik araştırmalar olduğu gözlenmekle beraber sürdürülebilir belediyelerin bibliyometrik analizinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamştır. Bu durumda çalışmanın literatürdeki bu boşluğu doldurabileceği düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bibliyometrik analiz, uzman görüşleri ile hesaplamalı yöntemleri birleştirir; bu yaklaşımda yorumlar ve sonuçlar nicel hesaplamalarla desteklenir. Bu yöntem sayesinde, çok daha büyük hacimli bilimsel yayın kütleleri işlenir, güncel konular ve gelecek vaat eden araştırma alanları ortaya çıkarılır (Han vd., 2020). Nicel hesaplama yöntemlerinin uygulanması, incelenen bilimsel konuya dair daha objektif bir tablo oluşturur ve konunun çeşitli unsurları arasındaki bağlantıları ortaya çıkarmaya olanak tanır (Han vd., 2020; Zhai vd., 2021). Buna, ağ şeması şeklinde sunulan atıf, ortak yazarlık ve bilimsel faaliyetin diğer yönlerine ilişkin haritaların oluşturulması gibi görselleştirme araçları katkıda bulunur (Gibson vd., 2018). İncelenen alanın yayınlanmış bilimsel literatürün nicel analizini kullanarak araştırma alanlarının gelişim eğilimlerini ve bilgi yapısını ortaya koyar (Liu vd., 2024).

Biblioshiny R-Studio aracı, ortak atıf analizi yapmak, coğrafi işbirliği ağlarını görselleştirmek ve ilgili konunun gelecekteki yönünü belirlemek için kullanılmaktadır. Aracın nicel ve bilimsel yöntemleri kullanarak kapsamlı bibliyometrik analizler yapma yeteneği, onu veri işleme ve grafik görüntüleme konusunda en iyi yazılımlarından biri haline getirmektedir (Rodrıguez-Soler vd., 2020; Abdullah vd., 2022).

Bu çalışma, belediyelerde sürdürülebilirlik konusunu daha iyi anlamak amacıyla Web of Science bibliyografik verilerini analiz etmektedir. Web of Science, bilimsel dergi ve kitapların önemli bir atıf veritabanıdır ve yazarlar, ülkeler, atıflar ve özetler gibi kapsamlı bibliyometrik bilgiler içermektedir. Bibliyografik eşleştirme, atıf analizi ve ortak atıf analizi, ortak kelime analizi ve ortak yazarlık analizi gibi teknikler, bibliyometrik analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Xu vd., 2018; Caviggioli ve Ughetto, 2019).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

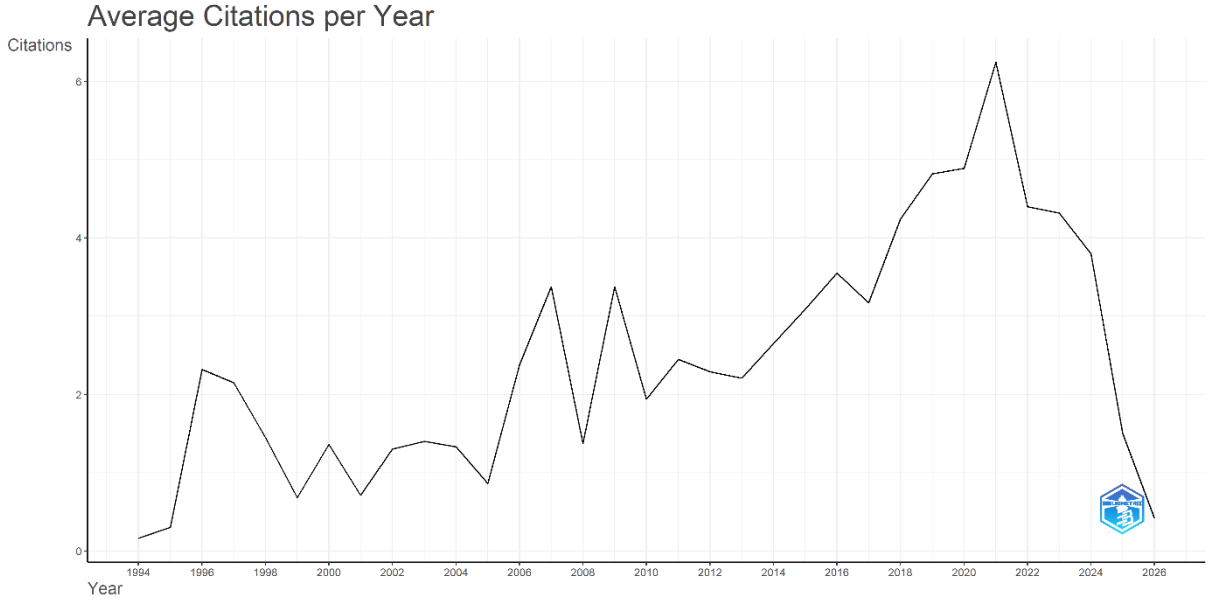
Bu çalışmanın amacı, uluslararası atıf veritabanlarında yer alan ve indekslenmiş, belediyelerde sürdürülebilirlikle ilgili araştırmaların bibliyografik istatistiksel özelliklerini incelemektir. Çalışma için değerlendirilen veriler Web of Science veritabanından alınmıştır. "Web of Science Core Collection" veritabanında "municipal sustainability" anahtar kelimesi

kullanılarak bulunan 1994 ve 2026 yılları arasında yayınlanan 6402 araştırma, bibliyografik özelliklerine göre analiz edilmiştir.
Veri analizi sonucunda, 6402 araştırmanın 4990'ının akademik dergi makalesi olduğu, diğer kaynakların ise konferans bildirileri, kitaplar ve kitap bölümlerinden oluştuğu görülmüştür. Sürdürülebilir belediyecilik alanındaki araştırma konuları, sosyal bilimler, çevre bilimleri, ergonomi, kamu yönetimi, iktisat ve sosyolojiyi kapsamaktadır. Her bir yayının ortalama atıf sayısı 24,03 olup, 634 yayın tek yazarlıdır ve yayın başına ortalama ortak yazar sayısı 4,27'dir. Bu çalışmaya ilişkin özet Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Çalışmanın Genel Bilgileri

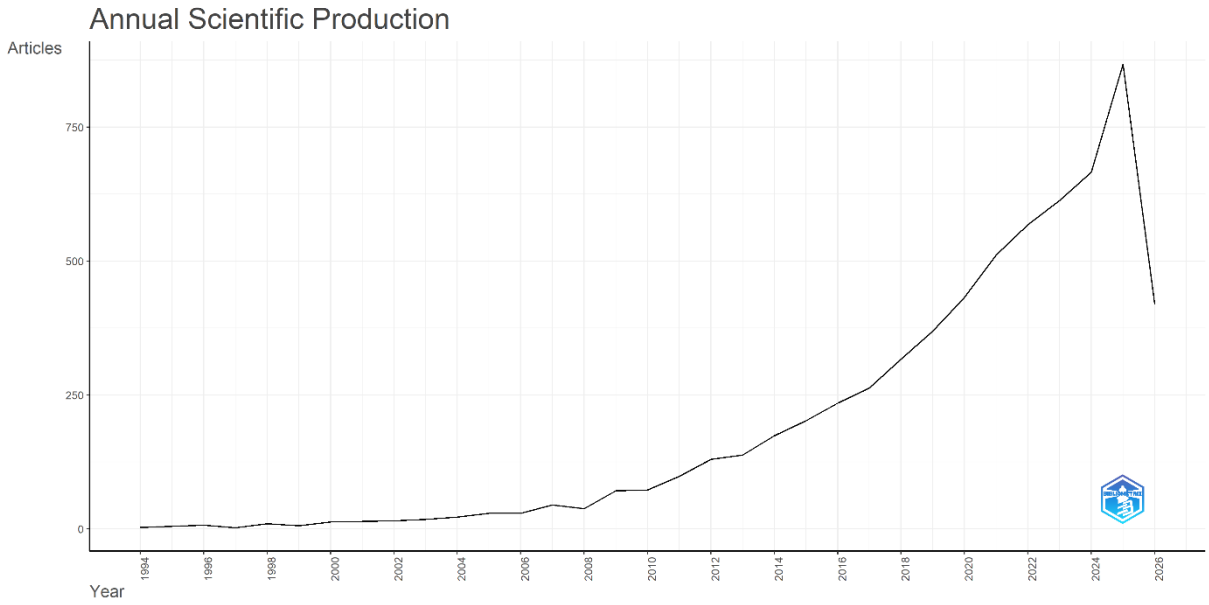
Veri İsimleri	**Sonuçlar**
İncelenen Dönem	1994-2026
Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)	2056
Dokümanlar	6402
Makale Sayısı	4990
Yıllık Büyüme Oranı %	16,69
Doküman Başına Ortalama Atıf	24,03
Yazar Sayısı	23642
Tek Yazarlı Dokümanlar	681
Doküman Başına Ortak Yazarlar	4,27

Şekil 1, ortalama atıf sayısını göstermektedir. Şekil 1'e göre, 2020 ve 2022 en çok atıf alan yıllar olmuştur. Zaman içindeki dalgalanmalara rağmen, ortalama atıf sayısı 2022'den bu yana düşüş eğilimi göstermiştir.



Şekil 1: Yıllık Ortalama Atıf Sayısı

Yıllık bilimsel üretim grafiği Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, sürdürülebilir belediyeler alanındaki yıllık bilimsel üretkenliği 2006 yılına kadar sabit kalmış, o tarihten itibaren ise artış göstermiştir. Özellikle 2018'den sonra yıllık bilimsel üretkenlikte önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2: Yıl Bazında Bilimsel Üretim Sayısı

Tablo 4'te ülkelerin üretim düzeyleri gösterilmektedir. Tablodan da anlaşıldığı üzere, Çin Halk Cumhuriyeti 659 yayınla en fazla yayına sahip ülke konumundadır; Amerika Birleşik Devletleri 657 yayınla ikinci, İtalya ise 434 yayınla üçüncü sıradadır. Bununla birlikte atıf sayıları değerlendirildiğinde 21389 atıf sayısı ile Çin Halk Cumhuriyeti ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 4: Ülkelerin Üretkenlik Verileri

Ülkeler	**Yayın Sayısı**	**%**	**Atıf Sayısı**	**Ortalama Atıflar**
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	659	10,3	21389	32,50
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	657	10,3	17326	26,40
İTALYA	434	6,8	10412	24,00
BREZİLYA	416	6,5	3599	8,70
HİNDİSTAN	344	5,4	8645	25,10
İSPANYA	290	4,5	7227	24,90
KANADA	262	4,1	11026	42,10
İSVEÇ	229	3,6	5190	22,70
BİRLEŞİK KRALLIK	198	3,1	8993	45,40
ALMANYA	169	2,6	3394	20,10
AVUSTRALYA	134	2,1	5643	42,10
PORTEKİZ	134	2,1	2826	21,10
GÜNEY AFRİKA	116	1,8	1706	14,70
İRAN	105	1,6	2345	22,30
MALEZYA	98	1,5	5376	54,90
HOLLANDA	97	1,5	2620	27,00
POLONYA	93	1,5	1466	15,80
YUNANİSTAN	84	1,3	1764	21,00
MEKSİKA	79	1,2	-	-
FİNLANDİYA	70	1,1	-	-
JAPONYA	69	1,1	1315	19,10
ÇEK CUMHURİYETİ	68	1,1	-	-
SUUDİ ARABİSTAN	67	1	1438	21,50

DANİMARKA	64	1	1728	27,00
RUSYA	63	1	-	-

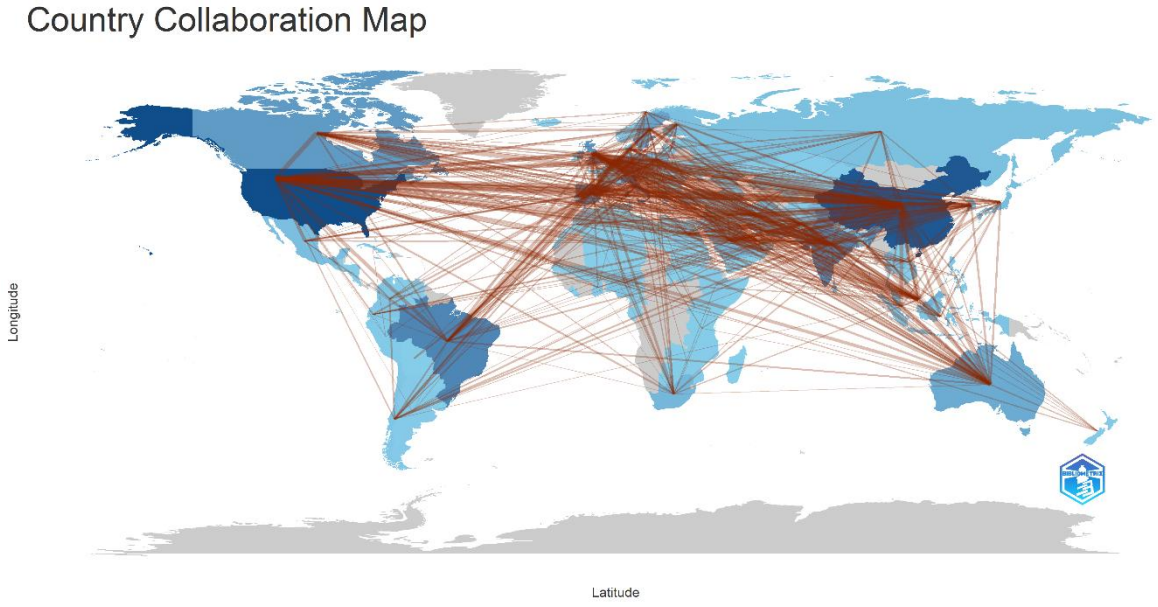
Tablo 5, uluslararası bilimsel araştırma işbirliğindeki eğilimleri göstermektedir. Tablodan da görüldüğü gibi, Çin Halk Cumhuriyeti 523 işbirliği araştırma projesiyle başı çekmekte olup, Amerika Birleşik Devletleri ise 194 işbirliği projesiyle ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 5: Ülkelerin Ortak Çalışma Bilgileri

Nereden	**Nereye**	**Frekans**
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	71
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	BİRLEŞİK KRALLIK	58
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	MALEZYA	55
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	PAKİSTAN	49
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	AVUSTRALYA	42
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	HİNDİSTAN	40
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	KANADA	38
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	SUUDİ ARABİSTAN	30
HİNDİSTAN	SUUSİ ARABİSTAN	30
SUUDİ ARABİSTAN	PAKİSTAN	30
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	HİNDİSTAN	29
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	KANADA	27
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	SİNGAPUR	27
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	İRAN	26
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	GÜNEY KORE	26
MALEZYA	SUUSİ ARABİSTAN	26
HİNDİSTAN	MALEZYA	25
BİRLEŞİK KRALLIK	HOLLANDA	25
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	BREZİLYA	24
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	BİRLEŞİK KRALLIK	24
HİNDİSTAN	GÜNEY KORE	23
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	İSPANYA	23
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	JAPONYA	22
MALEZYA	İRAN	22
BİRLEŞİK KRALLIK	AVUSTALYA	22
İTALYA	BİRLEŞİK KRALLIK	21
MALEZYA	PAKİSTAN	21
BİRLEŞİK KRALLIK	ALMANYA	21
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	HOLLANDA	20
BİRLEŞİK KRALLIK	MALEZYA	20
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	AVUSTRALYA	20
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	İTALYA	19
HİNDİSTAN	BİRLEŞİK KRALLIK	18
BİRLEŞİK KRALLIK	FRANSA	18
ALMANYA	HOLLANDA	17
SUUDİ ARABİSTAN	MISIR	17

AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	GÜNEY KORE	17
İTALYA	FRANSA	16
İTALYA	İSPANYA	16
SUUDİ ARABİSTAN	GÜNEY KORE	16
İSPANYA	PORTEKİZ	16
İSPANYA	BİRLEŞİK KRALLIK	16
BREZİLYA	PORTEKİZ	15
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	DANİMARKA	15
ÇİN HALK CUMHURİYETİ	İTALYA	15
HİNDİSTAN	AVUSTRALYA	15
İSPANYA	ŞİLİ	15
İSPANYA	HOLLANDA	15
BİRLEŞİK KRALLIK	GÜNEY AFRİKA	15
BİRLEŞİK KRALLIK	İSVEÇ	15

Şekil 3, uluslararası işbirliğinin durumunu bir harita üzerinde göstermektedir. Tablo 5'de listelenen ortak projeler burada da gösterilmiştir ve görüldüğü gibi, Çin Halk Cumhuriyeti bu alanda öncü bir rol oynamaktadır.



Şekil 3: Ülkelerin Ortak Çalışma Ağı

Sürdürülebilir belediyeler alanında en fazla makale yayınlayan kaynaklar Tablo 6 ile sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, Sustainability (457) ve Journal of Cleaner Production (241) çalışma sayısı bakımından alana öncülük etmektedir.

Tablo 6: Sürdürülebilir Belediyeler Kavramı Yer Alan Kaynaklar

Kaynaklar	**Makale Sayısı**	**Toplam Atıf**	**Ortalama Atıf**
SUSTAINABILITY	457	6841	15.98
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	241	12370	57.25
WASTE MANAGEMENT	119	7759	70.16
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	93	3863	42.41
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	81	4342	55.67

RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING	79	3802	51
WASTE MANAGEMENT & RESEARCH	74	1190	1749
ENERGIES	72	1234	1761
RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	69	5438	83.54
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	56	1657	30.11
WATER	49	1652	34.04

Sürdürülebilir belediyeler konulu çalışmaların Web of Science kategorileri Tablo 7 ile gösterilmiştir. Tablo değerlendirildiğinde sürdürülebilir belediye anahtar kelimesinin kategoriler bağlamında en fazla Çevre Bilimleri (Environmental Sciences 2486:38,59), Yeşil Sürdürülebilir Bilim Teknolojisi (Green Sustainable Science Technology: 1365: 21,19) ve Çevre Mühendisliği (Engineering Environmental 1097: 17,03) alanlarında incelendiği dikkat çekmektedir.

Tablo 7: WOS Bilim Alanı Bazında* Sürdürülebilir Belediye Çalışmaları

WOS Bilim Alanı	**Yayın Sayısı**	**%**
Environmental Sciences	2486	38,59
Green Sustainable Science Technology	1365	21,19
Engineering Environmental	1097	17,03
Environmental Studies	1094	16,98
Energy Fuels	633	9,83
Water Resources	444	6,89
Urban Studies	384	5,96
Engineering Chemical	315	4,89
Regional Urban Planning	284	4,41
Engineering Civil	270	4,20

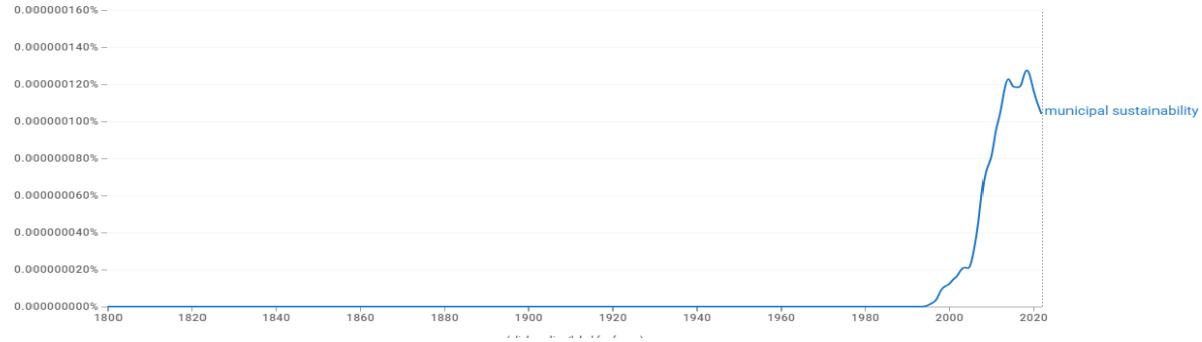
*Çeviri karışıklığını önleyebilmek için bilim alanlarına orijinal yer verilmiştir.

Şekil 4, sürdürülebilir belediyeler üzerine yapılan araştırmalarda kullanılan anahtar kelimelerin sıklığını göstermektedir. Bu kelimelerin sıklığı incelendiğinde, en öne çıkanlar "sürdürülebilirlik", "belediye katı atıkları" ve "döngüsel ekonomi"dir. Bununla beraber "atık yönetimi", "sürdürülebilir kalkınma" ve "yaşam döngüsü değerlendirmesi" gibi terimler de en öne çıkanlar arasında yer almaktadır.



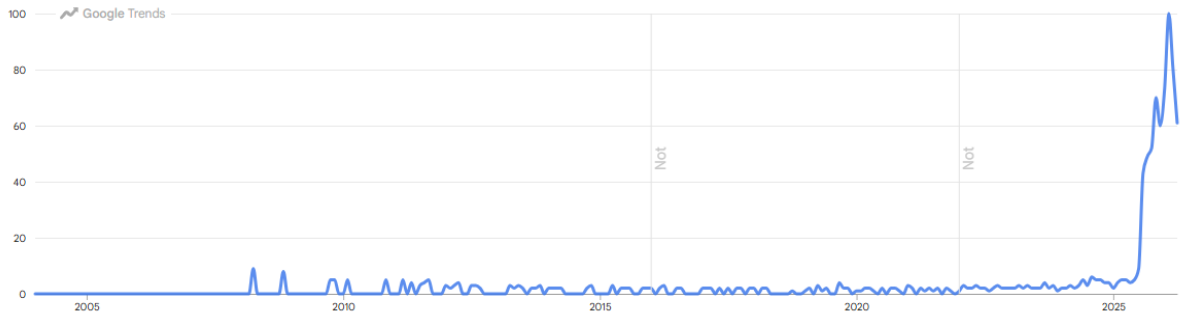
Şekil 4: Anahtar Kelimelerin Kelime Bulutu

Belediyelerde sürdürülebilirlik konusu Şekil 5'te Google Ngram görüntüleyicisi ile sunulmuştur. Google Ngram görüntüleyicisi 1500 yılından itibaren yayınlanan kitaplarda geçen belirli kelimelerin sıklığını hesaplayabilen bir araştırma motorudur. Bu araç, ilgilenilen kelimelerin, veri tabanlarında bulunan dijitalleştirilmiş kitap sayısına göre yüzdesini vermektedir (Younes ve Reips, 2018). Bu aracın sınırlılıklarından biri, kitap koleksiyonunun yalnızca 2008 yılına kadar uzanmasıdır. Bununla birlikte, bilimsel yayınlar dışındaki edebi eserlerde kelimelerle ifade edilen bir konunun ve bu konunun yıldan yıla geçirdiği değişimin ilginç bir değerlendirmesini yapmayı mümkün kılar. Sunulan bilgiler doğrultusunda şekil değerlendirildiğinde konunun 2000'li yıllardan sonra kitaplarda bulunma sıklığının arttığı görülmektedir.



Şekil 5: Sürdürülebilir belediyeler kavramının Google Ngram grafiği

Şekil 6 ile sürdürülebilir belediyeler kavrramının Google trends analiz sonucu sunulmuştur. Google Trends, Google tarafından sunulan bir açık veri hizmetidir ve araştırmacıların belirli anahtar kelimelere dayalı olarak internet arama faaliyetlerinin zamansal eğilimlerini incelemelerine olanak tanır (Houghton vd., 2023). Bu bağlamda şekil incelendiğinde dönem dönem aranma sıklığında az miktarda arrtış ve azalışlar olsada konunun popüleritesinin 2025 yılından sonra gelişim gösterdiği tespit edilmektedir.



Şekil 6: Sürdürülebilir belediyeler kavramının Google Trends grafiği

4. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, 1994-2026 yılları arasında belediyelerde sürdürülebilirlik konusundaki 6402 belgeyi niceliksel olarak analiz etmektir. Web of Science veritabanından elde edilen veriler, RStudio ve Web of Science Analizi gibi araçlar kullanılarak incelenmiştir. Aramalar, yıllık atıf sayısını, en etkili ülkeleri, ülkelerarası iş birliğini, önde gelen dergileri ve anahtar kelime verilerini ortaya koymuştur.

Konu bağlamında en etkili ve alana liderlik eden ülkeler Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İtalya, Brezilya ve Hindistan olmuştur. Bugüne kadarki en önemli uluslararası araştırmaların

gözlemlenmesi, bu alanda en baskın ülkelerin Çin Halk Cumhuriyeti ve Amerika Birleşik Devletleri olduğunu göstermiştir.

Sürdürülebilir belediyeler alanında en ilgili kaynak ise 1710 atıf sayısı ile Al-Salem vd., (2009) tarafından yapılan ve Waste Management kaynağında yayınlanan "Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review" başlıklı çalışma şeklindedir.

Bu çalışma, belediyelerde sürdürülebilirlik konusu için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, diğer bilimsel metodolojileri ve araçları kullanabilir veya araştırmanın kapsamı genişletilerek değeri artırılabilir. Bu çalışma, belediyelerde sürdürülebilirlik konusunun kapsamlı bir incelemesini sunarak bu konudaki literatüre daha net bir genel bakış sağlamaya yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

Abdullah, S.S., Rahmat, M.I.Y., Ariffin, A., Rahim, S.A., Jamalludin, N.M. ve Wahab, N.A. (2022). Exploring the structure and trends of research on single mother: a bibliometrics analysis. *Journal of Global Business and Social Entrepreneurship, 7(23),* 26-40.

Alcaide-Ruiz, M. D., Bravo-Urquiza, F. ve Moreno- Ureba, E. (2022). Sustainability Committee Research: A Bibliometric Study. *Sustainability, 14(23),* 16136. doi:https://doi.org/10.3390/su142316136.

Al-Salem, S.M. vd. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management, 29*, 2625–2643.

Barton, JR, Kopfmüller, J. (2012). Sustainable Urban Development in Santiago de Chile: Background – Concept –: Heinrichs, D., Krellenberg, K., Hansjürgens, B., Martínez, F. (eds) Risk Habitat Megacity. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-11544-8_4.

Bruyn, C., Said, F.B., Meyer, N. ve Soliman, M. (2023). Research in tourism sustainability: A comprehensive bibliometric analysis from 1990 to 2022. *Heliyon*, 9 (8) doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18874.

Caviggioli, F. ve Ughetto, E. (2019). A bibliometric analysis of the research dealing with the impact of additive manufacturing on industry, business and society. *International Journal of Production Economics, 208*, 254-268, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.022.

Ellili, N. O. D. (2024). Bibliometric analysis of sustainability papers: Evidence from *Environment, Development and sustainability, 26(4),* 9923-9944 doi: https://doi.org/10.1007/s10668-023-03067-6.

Gibson E., Daim T., Garces E., Dabic M. (2018) Technology foresight: A bibliometric analysis to identify leading and emerging methods. *Foresight and STI Governance*, 12(1), 6–24. doi: https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.1.6.24.

Gremo, M., F. Sguaizer, R. Cioffi, M. Micheletti Cremasco ve F. Caffaro. (2026). The relation between ergonomics and environmental sustainability: a bibliometric analysis and scoping review. *Sustainable Development 1–26*. doi: https://doi.org/10.1002/sd.70978.

Han J., Kang H.J., Kim M., Kwon G.H. (2020) Mapping the intellectual structure of research on surgery with mixed reality: Bibliometric network analysis (2000–2019). *Journal of Biomedical Informatics, 109,* 103516. doi: https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103516.

Houghton, S., Boy, F., Bradley, A., James, R., Wardle, H. ve Dymond, S. (2023). Tracking online searches for gambling activities and operators in the United Kingdom during the COVID-19 pandemic: A google trends™ analysis. *Journal of Behavioral Addictions, 12(4),* 983–991.

Karunasena, Gayani, Rathnayake, RMNU ve Senarathne, Duşan. (2016). Integrating sustainability concepts and value planning for sustainable construction. *Built Environment*

Project And Asset Management, 6(2), 125-138 Special Issue:SI doi: https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2014-0047.
Lee ve Jung (2019). Dynamic semantic network analysis for identifying the concept and scope of social sustainability. *Journal of Cleaner Production, 233,* 1510-1524 .
Linton, J. D., Klassen, R., ve Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of Operations Management, 25*,1075-1082.
Litrico, JB. ve Lee, MD., (2018). Naturalizing sustainability: how ındustry actors make sense of a threatening concept. *Sustainability, Stakeholder Governance, and Corporate Social Responsibility, 38,* 259-288. doi: https://doi.org/10.1108/S0742-332220180000038015.
Liu S, Hu X, Zhang J, vd(2024). Bibliometric analysis of Tcells in allergic rhinitis. *Heliyon. 2024;10(12)*32756 doi: https//doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32756.
Nobanee, H., Al Hamadi, F. Y., Abdulaziz, F. A., Abukarsh, L. S., Alqahtani, A. F., AlSubaey, S. K., … Almansoori, H. A. (2021). A bibliometric analysis of sustainability and risk management. *Sustainability, 13(6),* 3277. doi: https://doi.org/10.3390/su13063277.
Rodrıguez-Soler, R., Uribe-Toril, J. ve De Pablo Valenciano, J. (2020), Worldwide trends in the scientific production on rural depopulation, a bibliometric analysis using bibliometrix R-tool. *Land Use Policy, 97,* 104787, doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104787.
Schilling, T., Wyss, R., ve Binder, C. R. (2018). The resilience of sustainability transitions. *Sustainability, 10*(12), 4593. doi: https://doi.org/10.3390/su10124593.
Sharma, H., Jain, S. (2025). Mapping the evolution of green finance for environmental sustainability through bibliometric analysis. *Discov Sustain 6,* 799. doi: https://doi.org/10.1007/s43621-025-01555-5.
Throsby D, Petetskaya E. (2016). Sustainability concepts in indigenous and non- indigenous cultures. *International Journal of Cultural Property, 23 (2)*: 119-140. doi: https://doi.org/10.1017/S0940739116000084.
Tøllefsen, T.O. (2021). Sostenibilidad Como "concepto mágico". *Cuadernos Europeos De Deusto, 64,* 29-52. doi: https://doi.org/10.18543/ced-64-2021pp29-52.
Wang, D, Dong, L. ve Di, S. (2023) Corrigendum: Data-driven comparison of urban sustainability towards sustainable urban development under sustainable development goals (SDGs): a review based on bibliometric analysis. *Front. Energy Res. 11:1319498*. doi: https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1319498.
WCED. (1987). World commission on environment and development. Our common future. http://www.un-documents. net/our-common-future.pdf adresinden erişildi.
Wheeler, S.M. (2004). *Planning for sustainability: Creating livable, equitable, and ecological communities.* Routledge Press New York NY.
Xu, X., Chen, X., Jia, F., Brown, S., Gong, Y. ve Xu, Y. (2018), Supply chain finance: a systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics, 204,* 160-173, doi: https:/doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.003.
Younes N, Reips UD. (2018) The changing psychology of culture in German-speaking countries: a Google Ngram study. *Int J Psychol, 53(Suppl 1,* 53—62.
Zhai Z., Shan M., Darko A., Chan A.P.C. (2021) Corruption in construction projects: Bibliometric analysis of global research. *Sustainability, 13 (8),* 4400. doi: https://doi.org/10.3390/su13084400.

SAMSUN İLİNDE TÜKETİCİLERİN SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ TÜKETİM ALIŞKANLIKLARININ BELİRLENMESİ

Sinan DURSUN
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 55200 Atakum, Samsun, Türkiye
ORCID ID: 0009-0003-2913-5056
Dr.Öğr.Üyesi Kerem HAZNECİ
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 55200 Atakum, Samsun, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2567-1260

ÖZET
Bu araştırma, Samsun ilinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarını ortaya koymak ve pazarlama stratejileri gelişmek amacıyla yapılmıştır. 2023 yılı, mart ve nisan aylarında Samsun ilinde 271 tüketiciye anket uygulanmıştır. Tam yağlı sütün %44,9 ile daha fazla tercih edildiği, tüketicilerin daha çok açık süt % 54,4 tercih ettikleri gözlenmiştir. Tüketiciler açık sütü ve tereyağını daha çok köyden çiftçi tanıdıklarından temin ederken, tüketicilerin % 61'i yoğurdu kendileri yaptıkları, peyniri ise marketten satın aldıkları saptanmıştır. Kişi başı yıllık ortalama süt tüketimi 39 lt, yoğurt tüketimi 43,3 kg, peynir tüketimi 9,98 kg ve tereyağı tüketimi 5,72 kg olarak belirlenmiştir. Süt ve peynir tüketimi gelişmiş ülkelerin tüketimleriyle kıyaslandığında daha düşük kalmaktadır. Satın alınan sütün %30,5'i yoğurt yapımında kullanılırken, %18,7'si içme sütü olarak kullanılmaktadır. Yaş artıkça yoğurt tüketiminde pozitif yönde artış görülmüştür. Sütü sevmeyenlerin %67,2 bunun nedeni olarak alışkanlıklarının olmadıklarını göstermişlerdir Açık süt tüketimine etki eden faktörler incelendiğinde en önemli faktörlerin yoğurdunun güzel olması, katkı maddesi içermemesi ve taze olması iken, paket süt tüketimine etki eden en önemli faktör hijyen güvenli olarak saptanmıştır. Süt ürünleri tüketimine etki eden faktörler ise tadı, besin içeriği olarak sıralanmıştır. Paket süt pazarlamasında hijyen, tat ve besin içeriği kriterleri üzerinden alışkanlıklar kazandırılması için reklam ve pazarlama stratejileri geliştirmeleri etkili olacağı düşülmektedir.
Anahtar kelimeler: Samsun, süt ve süt ürünleri, tüketim miktarı, tüketimi etkileyen faktörler

DETERMINING CONSUMERS' MILK AND DAIRY PRODUCT CONSUMPTION HABITS IN THE PROVINCE OF SAMSUN

ABSTRACT
This research was conducted to reveal the milk and dairy product consumption habits of consumers in Samsun province and to develop marketing strategies. A survey was administered to 271 consumers in Samsun province during March and April 2023. It was observed that full-fat milk was preferred more by 44.9% of consumers, while raw milk was preferred by 54.4%. Consumers mostly obtained raw milk and butter from farmers they knew in villages, while 61% of consumers made their own yogurt and bought cheese from supermarkets. The average annual per capita milk consumption was determined to be 39 liters, yogurt 43.3 kg, cheese 9.98 kg, and butter 5.72 kg. Milk and cheese consumption remains lower compared to developed countries. 30.5% of purchased milk is used for yogurt production, while 18.7% is used as drinking milk. A positive increase in yogurt consumption was observed with increasing age. 67.2% of those who dislike milk cited a lack of habits as the reason. When examining the factors influencing open milk consumption, the most important factors were found to be the quality of the yogurt, the

absence of additives, and freshness, while the most important factor influencing packaged milk consumption was identified as hygiene and safety. Factors influencing dairy product consumption were ranked as taste and nutritional content. It is believed that developing advertising and marketing strategies based on hygiene, taste, and nutritional content criteria to instill consumption habits in packaged milk marketing would be effective.
Keywords: Samsun, milk and dairy products, consumption amount, factors affecting consumption

1. GİRİŞ

Sağlıklı bir şekilde insan hayatının devam ettirilebilmesi için beslenmenin dengeli bir şekilde yapılması esastır. Dengeli ve yeterli beslenme demek, insan bedeninin gerek duyduğu enerji vitamin, mineral ve besin değerlerinin yediğimiz yiyeceklerle vücudumuza alınmasıdır. Dolayısıyla süt ve süt ürünleri tüketmek sağlıklı ve kaliteli bir yaşam için olmazsa olmazdır. (Ünal ve Besler, 2008) Bu konu üzerinde daha önce yapılan çalışmalarda, günlük olarak tüketilen 1lt. süt, yetişkin bir insanın, günlük alması gereken minerallerden fosfor ve kalsiyumun tümünü, vitaminlerden ise B2 ve B12 nin tamamını karşılarken, protein ihtiyacının ise yarısını karşılamaktadır. (Erdal ve Tokgöz, 2011). Süt, birçok canlı gibi insanoğlunun da doğduktan sonra ilk besin kaynağıdır. İlk aylardan itibaren bebeklerin beslenmesi için gerekli olan gıda maddelerini ihtiva eden süt, bu yönüyle dünyanın en mükemmel besinidir. Süt işlem yapılmadan tüketilebildiği gibi, çeşitli işlemlere tabi tutularak yoğurt, peynir, tereyağı, kaymak, çökelek gibi ürünlere dönüştürülerek de tüketilebilmektedir. Süt ve süt ürünleri canlıların büyümeleri ve sağlıklı bir şekilde hayatlarını devam ettirebilmeleri için, gerekli birçok besin maddesini içerisinde bulundurur. Yaşamın her döneminde, süt ve süt ürünleri tüketimi önemli bir yer tutmaktadır.

Tablo 1. Bazı sütlerin bileşimi (ESK,2023).

Sütler	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Laktoz(%)	Mineral Madde (%)
İnek Sütü	87,3	3,4	3,5	4,8	0,75
Keçi Sütü	87,14	3,71	4,09	4,20	0,78
Koyun Sütü	82,90	5,44	6,24	4,29	0,85
Manda Sütü	82,09	4,16	7,96	4,86	0,78

Türkiye' de son on yılda üretilen toplam çiğ süt miktarı, bir önceki yıla göre % 1,2 azalırken, on yıl öncesine göre ise %33 artarak, 23,2 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Yine son on yılda üretiminde en büyük oranda artış görülen tür %68,5 ile keçi sütü olmuştur. Toplam üretimin %92,1'ini, 21,3 milyon tonla inek sütü oluşturmaktadır. TUİK verilerine göre toplanan inek sütünün % 15,34'ü içme sütü olarak piyasaya sunulmaktadır.

Çeşitli hayvanlardan elde edilen sütlere ait su, protein, yağ, laktoz, mineral madde içeriği tablo 1' de verilmiştir. 1000 gram süte ait enerji değerleri tablo 2 de sunulmuştur.

Tablo 2. 1000 gram sütün enerji değerleri (ESK, 2023).

Açıklama	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Su (g)	87,9	89,2	90,8
Enerji (kcal)	61	50	35
Protein (g)	3,3	3,3	3,4
Yağ (g)	3,3	1,9	0,2
Karbonhidrat (g)	4,7	4,8	4,9
Kül (g)	0,7	0,7	0,8

Kalsiyum (mg)	119	122	123
Demir (mg)	0,1	0,1	0,0
Fosfor (mg)	93	95	101
Potasyum (mg)	152	154	166
Sodyum (mg)	49	50	52
Vit. A ve Karoten (IU)	126	205	204
Tiamin (mg)	0,04	0,04	0,04
Riboflamin (mg)	0,16	0,17	0,14
Niasin (mg)	0,1	0,1	0,1
Vit C. (mg)	1	1	1

Sütün besin değerlerinin korunarak süt proteinin, peynir mayası ve peynir kültürü ile pıhtılaştırılması ve bu pıhtıdan peynir suyunun ayrılması ile yapılan; çok çeşitli aroma, tat, yapı ve şekle sahip fermente süt ürünleri genel olarak peynir olarak adlandırılır. (Asuder,2023) Üretilen peynirlerin %97,3'ü inek sütü, %2,7'si koyun, keçi, manda veya karışık sütlerden elde edilmiştir. 2022 yılında bir önceki yıla göre %5,3 azalış, son on yıllık ortalama göre ise %3,8 artış göstererek 722.807 ton peynir üretilmiştir.

Bu araştırmanın amacı Samsun ilinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesidir. İl bazında süt ve süt ürünlerinin kişi başı ortalama tüketimlerin ne seviyede olduğunu belirlemek. Süt ve süt ürünleri tüketim harcamaların genel harcamalar içerisindeki yerini belirlemek. Ekonomik, sosyal veya bireysel etkenlerin tüketim harcamalarına etkilerini analiz ederek, tüketim miktarını etkileyen faktörleri saptamaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın materyalini, Samsun'da ikamet eden hane halklarından, "Ana kitle oranlarına Dayalı Basit Tesadüfî Olasılık Örneklemesi" yöntemiyle belirlenmiştir. Yöntem aşağıdaki gibi formüle edilmektedir

$$n = (z^2)\frac{p * q}{d^2}$$

n: Örnek hacmi (Anket uygulanacak aile sayısı)
z: İstatistiki olarak belirli bir güven düzeyine karşılık gelen standart z-değeri, (1.645)
p: İncelenen konuyla ilgili ön bilgi veya tahmine dayalı olarak belirli bir özelliğe sahip anakitle oranı (0.5).
q : (1−p) İlgili özelliğe sahip olmayan anakitle oranı.
d: Kabul edilen hata düzeyi (0.05)

Örneklem sonucu 271 kişi olarak bulunmuş ve araştırmanın temelini bu kişilerle yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Aynı zamanda konuyla ilgili daha önce yapılmış araştırmalar taranmış, resmi istatistik sitelerinden ve kamu kuruluşlarından elde edilen verilerde kullanılmıştır.

Analizi yapılan verilerde, ilk başta cinsiyet, yaş, eğitim durumu, gibi özellikler ortaya çıkarılmış ve sonrasında ise bu özelliklere göre süt ve süt ürünleri tüketimleri, tüketimlere etki eden faktörler, satın alma yerleri gibi etkenler incelenerek anketlerden alınan veriler; ortalama, yüzde hesaplamaları, frekans dağılımı gibi açıklayıcı istatistikler, tablo ve şekiller ile yorumlanmıştır. Kolmogov-Simirnov testi ile, sürekli verilerin normal dağılıma sahip olmadığı tespit edilmiştir. Anlamlılık seviyeleri testlerinde Ki-Kare, Mann-Whitney analizlerinden faydalanılmıştır. Tüketime etki eden faktörlerin önem derecesinin belirlenmesinde, beşli likert ölçeği kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada, Samsun ili merkez ilçelerinde tüketicilerin sosyo-ekonomik özellikleri, süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları ve tercihleri, süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarını etkileyen faktörler, katılımcıların yaşı ve aile birey sayıları incelenmiştir.

Tablo 3. Araştırmaya Katılan Bireylerin Cinsiyetlerine Göre Dağılımı

Cinsiyet	Birey Sayısı	Oran (%)
Kadın	122	45,02%
Erkek	149	54,98%
Toplam	271	100,00%

Kadınlar ankete katılım sağlayanların %45,02'sini oluştururken, geriye kalan %54,98'ini ise erkekler oluşturmaktadır.

Tablo 4. Araştırmaya Katılan Bireylerin Yaş Gruplarına Göre Dağılımı

Yaş Grupları	Birey Sayısı	Oran (%)
18-23	4	1,48%
24-29	14	5,17%
30-35	60	22,14%
36-41	84	31,00%
42-47	59	21,77%
48-53	28	10,33%
54 ve üstü	22	8,12%
Genel Toplam	271	100,00%

Ankete katılım sağlayan bireylerin yaş gruplarına göre dağılımları "Tablo 4. de verilmiştir. Yaş grupları daha önce benzer çalışmalar incelenerek oluşturulmuştur. Ankete en fazla katılım 36-41 yaş aralığında olup, bu grubu 30-35 ve 42-47 yaş grupları takip etmektedir.

Tablo 5. Araştırmaya Katılan Bireylerin Eğitim Düzeyleri

Eğitim Düzeyi	Birey Sayısı	Oran (%)
Bir okul bitirmedi	2	0,74%
İlkokul	6	2,21%
Lisansüstü (Yüksek Lisans/Doktora)	20	7,38%
Lise	36	13,28%
Ortaokul	4	1,48%
Üniversite (Lisans)	167	61,62%
Yüksekokul (Ön lisans)	36	13,28%
Genel Toplam	271	100,00%

Ankete katılım sağlayanların çoğunluğunu %62 ile lisans mezunları oluştururken, bunu %13 ile lisansüstü ve ön lisans mezunu katılımcılar izlemektedir. En az katılımcı ise %0,7 ile bir okul mezunu olmayan katılımcılara aittir.

Tablo 6. Araştırmaya Katılan Bireylerin Meslek Dağılımları

Mesleği	Birey Sayısı (n)	Oran (%)
Çalışmıyor	6	2,21%
Çiftçi	4	1,48%
Diğer	28	10,33%
Emekli	10	3,69%
Esnaf	4	1,48%

Ev Hanımı	28	10,33%
İşçi	22	8,12%
Memur	157	57,93%
Öğrenci	6	2,21%
Serbest Meslek	6	2,21%
Toplam	271	100,00%

Tüketim alışkanlıklarının etkenlerinden en önemlilerinden birisi hiç şüphesiz o ailenin veya bireyin kazançlarıdır. Kazançlar doğrudan kişilerin meslekleriyle ilgilidir. Gelir, dolayısıyla kişilerin meslekleri tüketim alışkanlıklarını belirleyicisi olduğundan ankete katılım sağlayan bireylerin ve hanelerinin meslek ve gelir bilgileri incelenmiştir. Anket dolduran katılımcıların yarısından fazlasını %58 oranla memurlar oluştururken, ev hanımları %10 ve yine ankette yer verilmeyen diğer meslek guruplarında çalışanlar %10 oranla memurları takip etmektedir.

Hanedeki kişi sayısına bakıldığında, dört kişilik aileler %42, üç kişilik aileler %35, iki kişilik aileler %10 oranda dağılıma sahiptir. Ankette ailedeki en fazla kişi sayısı 7 kişi olduğu görülmekte fakat bunun dağılımı %1' i geçmemektedir.

Ailelerin %45'i iki çocuklu, %32'si bir çocuklu, %7'si üç çocuklu olup, dört ve beş çocuklu aile %1 iken, ailelerin % 15'inin çocuğu yoktur.

Haftalık hane başı süt tüketimi, hanelerin %23'ünde 2 kg, %19'unda 5 kg, %18'inde 1 kg olurken hanelerin %7'sinde süt tüketilmediği görülmektedir. Haftalık hane başı yoğurt tüketimi, hanelerin %30'unda 5 kg, %24' ünde 2 kg, %18'inde 3 kg tüketilmekte iken %1'inde hiç tüketilmemektedir. Haftalık hane başı peynirde ise hanelerin %55' 500 gr ve altında tüketimde bulunurken, %21'i 1kg, %13'ü 750 gr, %5 ise 1 kg'dan daha fazla tüketim yapmakta iken %2'si hiç peynir kullanmamaktadır. Tereyağında ise aileler %65'i 250 gr. – 500 gr. arasında tüketimde bulunurken, hanelerin %7'si hiç tereyağı tüketmemektedir.

Ortalama kişi başı süt tüketimi, haftalık 0,750 lt,, yıllık ise 39 kg, yoğurt tüketimi haftalık 0,833 kg, yıllık ise 43,3 kg, peynir tüketimi haftalık 0,192 kg, yıllık 10 kg. ve kişi başı tereyağı tüketimi 0,110 kg. yıllık ise 5,7 kg olarak tespit edilmiştir.

Kişi başı yıllık tüketimler, haftalık tüketimlerin bir yıldaki hafta sayısı olan elli iki ile çarpımı sonu elde edilen değerin, kişi başına bölünmesiyle elde edilmiştir.

Tablo 7. Cinsiyete göre Süt ve Süt Ürünleri Tüketimleri

Grup Türü	Grup Adı	N	Kişi Başı Süt Tüketimi	Kişi Başı Yoğurt Tüketimi	Kişi Başı Peynir Tüketimi	Kişi Başı Tereyağı Tüketimi
Cinsiyet	Kadın	122	39,28	45,04	9,75	5,66
	Erkek	149	38,73	41,96	10,2	5,66

Ankete katılım sağlayan bireyler içerisinde kadınlar; ortalama kişi başı 39,28 lt. süt, 45,04 kg. yoğurt, 9,75 kg. peynir, 5,66 kg. tereyağı tüketirken, erkekler; kişi başı 38,73 lt. süt, 41,96 kg. yoğurt, 10,2 kg. peynir, 5,66 kg. tereyağı tüketmektedir. Tabloda cinsiyete göre süt ve süt ürünleri tüketiminde farklılıklar görünse de yapılan test sonucu bu farklılığın anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 8. Yaş Gruplarına göre Süt ve Süt Ürünleri Tüketimleri

Grup Türü	Grup Adı	N	Kişi Başı Süt Tüketimi	Kişi Başı Yoğurt Tüketimi	Kişi Başı Peynir Tüketimi	Kişi Başı Tereyağı Tüketimi
Yaş Grupları	18-23	4	56,33	30,33	10,83	2,17

24-29	14	27,86	37,14	14,39	8,82
30-35	60	40,29	35,1	7,58	3,95
36-41	84	37,59	38,75	9,93	5,64
42-47	59	45,34	51,86	11,12	6,1
48-53	28	38,75	56,4	10,11	6,7
54 ve üstü	22	27,58	49,83	10,7	8,82

Tabloda yer alan verilerde, yaş gruplarına göre, 18-23 yaş aralığında süt tüketiminin, 48-53 yaş aralığında yoğurt tüketiminin, 24-29 yaş aralığında peynir ve tereyağı tüketiminin diğer yaş gruplarına göre daha çok olduğu görülmektedir. Yapılan testlerde yaş gurupları ile süt, peynir ve tereyağı tüketimleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($p>0,05$), buna karşın artan yaş gurubunda yoğurt tüketiminde istatistiki açıdan anlamlı bir şekilde artış olduğu sonucuna varılmıştır ($p=0,042<0,05$).

Tablo 9. Bireylerin Sütü Neden Sevmediklerinin Dağılımı

Nedeni	**Sütü sevmeyenler içinde oran (%)**	**Tüm katılımcılar içinde Oran (%)**
Kokusundan dolayı	13,80%	5,90%
Alerjik Rahatsızlıklar	10,30%	4,40%
Diğer Rahatsızlıklar	6,90%	2,90%
Tadından Dolayı	12,10%	5,10%
Alışkanlığım Yok	67,20%	28,70%

Süt içmeyi sever misiniz? Sorusuna katılımcıların %62,5 severim, %15.4'ü sevmem ama içerim, %22,1 sevmem yanıtı vermişlerdir. Bireylerin sütü neden sevmediklerinin frekans dağılımı "Tablo 9." de verilmiştir. Süt içmeyi sevmemenin en büyük nedeni aslında bireylerin süt içmenin alışkanlık haline gelmemesinden (%67,2) kaynaklandığı görülmektedir. Tüketicilerin %44,9'u tam yağlı, %34,6'sı yarım yağlı, %1,5'i ise yağsız süt tüketmektedirler.

10. Cinsiyet göre sütün temin yeri frekans dağılımı

Grup Türü	Grup Adı	**Toplam katılımcılara oranı**	**Köyden (çiftçi tanıdıklarından)**	**Sokak sütçüsünden**	**Pazardan**	**Sürekli alışveriş yaptığım Marketten**	**Şarküteriden**
Cinsiyet	Kadın	45,02%	62,30%	9,80%	13,10%	9,80%	47,50%	6,60%
	Erkek	54,98%	64,00%	2,70%	6,70%	5,30%	50,70%	8,00%

Cinsiyete göre sütün temin edildiği yerlere ait frekans dağılımı "tablo 10" de verilmiştir. Kadınların %62.3'ünün, erkeklerin ise %64'ünün köyden ve çiftçi tanıdıklarında süt aldıkları görünmektedir.

Satın alınan sütün yoğurt yapımında kullanılmasında erkekler ve kadınlar arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılık vardır. ($p=0,036<0,05$) Alınan sütü, kadınlar erkeklerden daha fazla oranda yoğurt yapmakta kullanmaktır. Benzer şekilde cinsiyete göre sütün, sütlü tatlı yapımında

(p=0,042<0,05) kullanılmasında ve pasta, kek vb. ürünlerin yapımında (p=0,021<0,05) kullanılmasında da istatistiki olarak anlamlı farklılıklar vardır.

Tablo 11. Araştırmaya Katılan Bireylerin Açık Süt tüketimine etki eden faktörler ve önem dereceleri

Faktörler minumum - maksimum (1-5)	**(%)**					**Ort.**	**Std. Sapma**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Fiyat düşük olması	43,8	20,5	17,9	10,7	7,1	2,17	1,294
Sağlığa yararlı olması	7,5	8,3	13,3	26,7	44,2	3,92	1,261
Tadının güzel olması	11,2	10,3	18,1	30,2	30,2	3,58	1,32
Üreticiye olan güven	6,1	9,6	12,2	26,1	46,1	3,97	1,235
Kapıya kadar getirilmesi	31,3	12,5	14,3	20,5	21,4	2,88	1,564
Yoğurdunun güzel olması	8,3	3,3	6,6	19,8	62	4,24	1,232
Pasta sütlaç yapmaya müsait	21,9	20,2	14	20,2	23,7	3,04	1,499
Aileden gelen alışkanlık	15,5	16,4	13,8	23,3	31	3,38	1,461
Katkı madde içermemesi	7,6	5,1	9,3	22,9	55,1	4,13	1,237
Daha taze olması	8,3	3,3	10	24,2	54,2	4,13	1,234

1:Önemli Değil. 2:Biraz Önemli. 3:Orta Derecede Önemli. 4:Oldukça Önemli. 5:Çok Önemli.

Katılımcıların açık süt almasını etkileyen faktörler “Tablo 11.” de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre açık süt tüketimine etkisi olan en önemli faktör, yoğurdunun güzel olmasıdır (p<0,05 anlamlı). Bunun yanı sıra önemli diğer faktörlerin ise, üreticiden işlem görmeden alındığı için katkı maddesi içermemesi (p<0,05) ve daha taze olması (p<0,05) olarak tespit edilmiştir. Pasta sütlaç yapmaya müsait olması.(p=0,56>0,05)

Tablo 12. Araştırmaya Katılan Bireylerin paketlenmiş (sterilize-UHT) Süt tüketimine etki eden faktörler ve önem dereceleri

Faktörler minumum - maksimum (1-5)	**(%)**					**Ort.**	**Std. Sapma**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Fiyatı	24,6	14,4	24,6	21,2	15,3	2,88	1,4
Markası	9,8	9,8	203	31,7	28,5	3,59	1,27
Hijyen Güvenliği	9,1	5,8	20,7	30,6	33,9	3,74	1,24
Diabete uygun light çeşitler	36,4	14,4	22	16,1	11	2,51	1,41
Ambalaj ve albenisi	41,9	17,1	23,1	11,1	6,8	2,24	1,29
Korunan besin içeriği	17,1	8,5	17,9	26,5	29,9	3,44	1,44
Etiketlenmiş olması	16,2	11	16,2	28,2	28,2	3,41	1,42
Raf ömrü uzunluğu	14,2	12,5	23,3	25	25	3,34	1,36

Reklam promosyon olması	17,1	12,8	21,4	23,1	25,6	2,03	1,2
Bozuk olma ihtimali az	12,8	8,5	22,2	23,1	33,3	3,56	1,37
Uzmanlarca önerilmesi	17,1	12,8	21,4	23,1	25,6	3,27	1,42

1:Önemli Değil. 2:Biraz Önemli. 3:Orta Derecede Önemli. 4:Oldukça Önemli. 5:Çok Önemli.

Hazır ambalajlı (sterilize) süt tüketimine etki eden faktörler Tablo 12.'de verilmiştir. Hijyenik olması, markası, bozuk olma ihtimalinin az olması, korunan besin içeriği, etiketlendirilmiş olması tüketicilerin hazır paket süt alımında en çok dikkat etiği etkenler olarak sıralanmıştır. Hazır paket sütün üretim ve paketleme sırasında ortamın sterilize olması, ürünün paket içerisinde ve uygun koşullarda saklanması vb. nedenlerle sütün bozuk olma ihtimalinin az olması ve ürünle ilgili bilgilere ambalajında yer verilmesi gibi etkenler, daha çok tüketicinin kendini güvende hissedebileceği unsurlara dikkat ettiğini göstermektedir.

Tablo 13. Süt Ürünleri Tüketimine Etki Eden Faktörler

Faktörler minumum - maksimum (1-5)	**N**	**(%)**					**Mean**	**Std. Deviation**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Tadı	271	4,4	3,7	11	23,5	57,4	4,26	1,08
Organik olması	271	3,7	4,4	14,7	27,2	50	4,15	1,07
Raf ömrü	271	7,4	12,5	16,2	28,7	35,3	3,72	1,27
Ambalajı ve albenisi	271	28,7	26,5	18,4	11	15,4	2,58	1,41
Besin içeriği	271	5,9	3,7	11,8	25,7	52,9	4,16	1,14
Etiketlenmiş olması	271	11,8	7,4	23,5	25	32,4	3,59	1,33
Markası	271	10,3	8,1	22,1	29,4	30,1	3,61	1,28
Uzmanlarca tavsiye edilmesi	271	8,1	12,5	23,5	25	30,9	3,58	1,27

1:Önemli Değil. 2:Biraz Önemli. 3:Orta Derecede Önemli. 4:Oldukça Önemli. 5:Çok Önemli.

Anketimize katılım sağlayan bireylerden süt ürünleri (yoğurt, peynir, tereyağı, kaymak, kefir vb.) alırken üründe dikkat ettikleri hususların ne derecede önemli olduğunu önem derecesine göre belirtmelerini istedik. Çıkan sonuçlara göre tüketicilerin önem verdiği konuların, en çok sırası ile; ürünün lezzeti (tadı), besin içeriği ve organik olması olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Samsun ilinde yaptığımız çalışmada, ankete katılanların ortalama yaşı 40,6 olarak bulunurken, hane başı ortalama birey sayısı 3,5 kişidir. Hane başı aylık ortalama gelir 24,398 TL olup, bu gelirin 6.601,50 TL' si gıda harcamalarında kullanılırken süt ve süt ürünleri için aylık ortalama 974.86 TL harcanmaktadır.

Ukrayna'da 114.1 lt/yıl, Avustralya'da 95.8 lt/yıl, İngiltere'de 92.1 lt/yıl olan yıllık kişi başı süt tüketimi, Ulusal Süt Konseyinin 2021 süt raporunda ülkemizde kişi 39.1 lt/yıl, yaptığımız çalışmada da Samsun ilinde 39 lt/yıl olarak tespit edilmiştir. Kişi başı peynir tüketimi AB'de 20.4 kg/yıl, ABD'de 17.9 kg/yıl iken ülkemizde 19.6 kg/yıl olup, yaptığımız çalışmada Samsunda ise yılda 10 kg peynir tüketilmektedir. Samsunda yılda kişi başı 5.7 kg tüketilen tereyağı, ülkemizde 2.75 kg, AB'de 4,3 kg tüketilmektedir.

Sütü sevmeyenlerin % 67,2 bunun nedeni olarak alışkanlıklarının olmadıklarını göstermişlerdir. İleriki yaşlarda yoğurt tüketiminin artması gibi süt sevmeyenlere bu

alışkanlıkların kazanılabilmesi için eğitim dönemindeki çocuklar için, müfredatlarına süt ve süt ürünlerinin tüketilmesinin önemini de kapsayan sağlıklı beslenme ile ilgili konular eklenmelidir. Günlük yaşantının tüm kademelerine sağlıklı beslenmenin gündemde tutulması, etkili ve olumlu bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Kadın katılımcılar, erkek katılımcılara kıyasla sütü değerlendirme noktasında; daha fazla ev yoğurdu yapımında, sütlü tatlı yapımında ve pasta, kek vb. ürünlerin yapımında kullanılmasında anlamlı farklılıklarının olduğu, istatistiki olarak ortaya konulmuştur.

Yaş gruplarına göre yoğurt tüketiminde anlamlı farklılıklar vardır. Artan yaş gurubunda yoğurt tüketiminin daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun dışında yaş, eğitim göre oluşturulan gruplarda süt, süt ürünleri tüketim miktarı arasında anlamlı farklılık yoktur.

Sağlığa faydalı olmasının düşünülmesi ve pasta sütlaç vb. ürünleri yapmaya müsait olması kadınlar tarafından, erkeklere oranla daha önemli bulunmuştur. Paket süt pazarlamasında Hijyen, tad ve besin içeriği kriterleri üzerinden ayrıca süt tüketmeyenlere alışkanlık kazandırılması için reklam ve pazarlama stratejileri geliştirmeleri etkili olacağı düşülmektedir.

KAYNAKÇA

Asüder. (2023a). *Peynir nedir?* Retrieved December 22, 2023, from ASÜDER

Asüder. (2023b). *Sütün tarihi*. Retrieved December 22, 2023, from ASÜDER

AYNES. (2016). *Sütün faydaları*. Retrieved December 22, 2023, from AYNES

Erdal, G., & Tokgöz, K. (2011). Tüketicilerin ambalajlı ve açık süt tüketim tercihlerini etkileyen faktörler: Erzincan ili örneği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13*, 111–115.

Et ve Süt Kurumu. (2023). *Sütün besin değeri nedir?* Retrieved December 22, 2023, from Et ve Süt Kurumu

Karakayacı, Z., vd. (2018). Selçuk Üniversitesi lisans öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32*(3), 289–296.

Şeker, İ., vd. (2012). Elazığ ili merkez ilçede tüketicilerin süt tüketim alışkanlıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi.

Terin, M. (2015). Türkiye'de süt ürünleri tüketim harcamalarına etki eden faktörlerin analizi. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 21*, 500–515.

Türk Gıda Kodeksi. (2005). *Tereyağı, diğer süt yağı esaslı sürülebilir ürünler ve sadeyağ tebliği (Tebliğ No: 2005/19).* Resmî Gazete (Sayı: 25784).

Ünal, R. N., & Besler, H. T. (2008). *Beslenmede sütün önemi* (s. 40). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü.

Ulusal Süt Konseyi. (2018). *Süt sektör özeti ve temel bilgiler*. Retrieved December 2, 2023, from Ulusal Süt Konseyi

Ulusal Süt Konseyi. (2021). *2021 süt raporu: Dünya ve Türkiye'de süt sektör istatistikleri*. Ankara: Ulusal Süt Konseyi

YAPAY ZEKA'NIN PSİKİYATRİK HASTALIKLARDA BİLGİ KAYNAĞI OLARAK KULLANIMI: CHATGPT VE DEPRESYON ÖRNEĞİ

Asst. Prof. Dr. İbrahim KARAKAYA
İstanbul Gelişim University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of Psychology, Istanbul, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8027-8365

ÖZET

Arka Plan: ChatGPT gibi büyük dil modelleri, halk tarafından ruh sağlığı bilgisi almak amacıyla kullanılmaktadır ancak içeriklerin kalitesi ve okunabilirliği belirsizdir.
Amaç: ChatGPT'nin depresyon hakkında en sık aranan sorulara verdiği yanıtların bilgi kalitesini, okunabilirliğini ve hasta güvenliğini değerlendirmek.
Yöntem: Google Trends kullanılarak depresyonla ilgili popüler 21 soru belirlenmiş ve ChatGPT'ye sunulmuştur (63 yanıt). Bilgi kalitesi iki değerlendirici tarafından 20 maddelik "Hastalar İçin Kaliteli Bilgi Sağlama" (EQIP) aracıyla ölçülmüş; değerlendiriciler arası tutarlılık Spearman ρ ile incelenmiştir. Okunabilirlik, Flesch–Kincaid Sınıf Seviyesi (FKGL) ve Flesch Okuma Kolaylığı (FRE) ile değerlendirilmiştir. Kategoriler arası farklar Kruskal-Wallis testi ile, EQIP ve okunabilirlik ilişkileri Pearson korelasyonu ile test edilmiştir.
Bulgular: Ortalama EQIP skoru $60,78 \pm 4,26$ saptanmıştır. EQIP skorları kategoriler arasında farklılık göstermiş; Tedavi ve İlaç kategorisi, Genel Bilgi ve Toplumsal Algı kategorilerine göre daha yüksek sonuç vermiştir. Okunabilirlik genel olarak zor bulunmuş ve kategorilere göre değişmiştir. Yüksek EQIP skorları, daha yüksek FKGL ve daha düşük FRE ile korele bulunmuştur. Değerlendiriciler arası tutarlılık güçlüdür.
Sonuç: ChatGPT yanıtları, orta düzeyde kalite ancak zor okunabilirlik sergilemiştir; bu durum okunabilirlik optimizasyonu ve güvenlik odaklı yönlendirmelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, kalite ve okunabilirlik arasında ters bir ilişki tanımlamaktadır. Gelecek çalışmaların çok dilli çıktıları değerlendirmeye, yüksek riskli içerikleri incelemeye ve büyük dil modeli yanıtlarının değerlendirilmesine uygun araçlar geliştirmeye odaklanması önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: ChatGPT, depresyon, LLM, bilişim, okunabilirlik, okuryazarlık.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN INFORMATION SOURCE IN PSYCHIATRIC DISORDERS: THE CASE OF CHATGPT AND DEPRESSION

ABSTRACT

Background: Large language models such as ChatGPT are increasingly used by the public to seek mental health information, yet the quality and readability of such content remain uncertain.
Objective: To evaluate the information quality, readability, and patient-safety considerations of ChatGPT's answers to the most frequently searched public questions about depression.
Methods: Using Google Trends, the top 21 depression-related queries were identified and submitted to ChatGPT across three independent sessions (63 responses). Two raters assessed information quality with the 20-item Ensuring Quality Information for Patients (EQIP) tool; inter-rater consistency was examined using Spearman's ρ. Readability was assessed with Flesch–Kincaid Grade Level (FKGL) and Flesch Reading Ease (FRE). Between-category differences were tested with Kruskal–Wallis, and EQIP–readability associations with Pearson correlation.
Results: Mean EQIP was 60.78 ± 4.26. EQIP differed by category ($p < 0.001$), highest in Treatment & Medication versus General Knowledge & Symptoms and Public Perception &

Clinical Reality. Readability was difficult overall and varied by category. Higher EQIP correlated with higher FKGL and lower FRE. Inter-rater consistency was strong ($\rho = 0.77$). **Conclusion:** ChatGPT responses showed moderate quality but difficult readability, suggesting the need for readability optimization and safety-oriented signposting. This study identifies an inverse relationship between quality and readability. Future studies should assess multilingual outputs, examine high-risk content, and develop evaluation frameworks better suited to large language model responses.
Keywords: ChatGPT; depression; LLM; informatics; readability; literacy.

1. INTRODUCTION

Depressive disorder is a mental disorder characterized by a decrease in interest in activities and a prolonged depressed mood (World Health Organization [WHO], 2025). Approximately 25% of the global population experiences at least one mental health-related problem in their lifetime (Sayers, 2001). Despite this prevalence, individuals encounter systemic barriers to accessing effective mental health support, including a shortage of specialists, long waiting times, regional limitations, and stigma (Coombs et al., 2021; Kilbourne et al., 2018).

To reduce these gaps, artificial intelligence-based technologies have paved the way for new digital approaches in service delivery (Cruz-Gonzalez et al., 2025). Developed by OpenAI, ChatGPT systems are increasingly preferred for understanding complex medical and psychological topics, offering advantages in accessibility and effective resource utilization (Ediboğlu, 2023). People frequently use AI for quick feedback on the causes, symptoms, and coping methods of depression. However, ChatGPT's responses pose risks; it cannot interact with users to gather clinical diagnosis information, and its lack of critical thinking and clinical reasoning limits its transferability to clinical use (Dergaa et al., 2024).

Consequently, it is premature to conclude that ChatGPT can be used as a standalone safe tool in medical applications. Existing studies mostly compare AI responses with human counselors regarding appropriateness and explainability (Liu et al., 2024). However, they do not systematically evaluate ChatGPT's responses using information quality scales like EQIP and readability indices (FKGL, FRE). This study aims to fill this gap in digital mental health communication by assessing the information quality, readability, and consistency of ChatGPT's responses to the most common public questions about depression.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study Design and Data Collection

This cross-sectional content analysis examined the quality of information and readability level of ChatGPT's responses to questions about depression. Data collection was conducted between October 20 and 25, 2025. Ethical committee approval was not necessary because the study did not involve human participants or animal subjects, but only used publicly available text generated by artificial intelligence.

Before starting the research, personal browser history was cleared to ensure unbiased interaction. The most frequently searched keywords and questions about depression were identified using Google Trends, covering the last 12 months worldwide under the "Health/Mental health" category. Analyses were conducted on English search terms: “depression,” “depression disorder,” “depression symptoms,” and “antidepressant”. Similar queries in Google Trends' “related queries” and “related topics” sections were combined into a question format, identifying 21 original questions.

The questions were entered into ChatGPT (GPT-5 model, via OpenAI API) sequentially. To ensure distinct sessions, a new account was used, and all browser data was cleared before each search. Each query was conducted on separate chat pages and repeated in three independent

sessions to assess consistency. The responses were saved as text files for readability and quality assessment.

2.2 Quality Assessment

The validated 20-item short version of the Ensuring Quality Information for Patients (EQIP) tool was used to assess the quality of information, examining dimensions such as clarity, accuracy, and writing quality (Moult et al., 2004). The EQIP items are answered with "yes," "no," "partially," or "not applicable". The scoring system assigned 1 point for "yes," 0.5 points for "partially," 0 points for "no," and NA for "not applicable". The scoring was conducted independently by a psychiatrist and a clinical psychologist. For each response, only applicable items (not marked as NA) were considered, and the percentage EQIP score was calculated using the following formula:

EQIP percentage score = (total points / number of applicable items) × 100

Since ChatGPT responses are text-based and lack visuals, EQIP item Q7 ("Contains easy-to-understand illustrations, diagrams or photos...") was scored as 0 for all responses. This situation is addressed in the discussion section as a limitation for LLM outputs.

2.3 Readability Analysis

The Flesch-Kincaid Grade Level (FKGL) and Flesch Reading Ease (FRE) parameters were used to examine the readability of the obtained texts. FKGL estimates the educational level required to understand the text; a low score indicates that the text is easier to understand. The FRE formula evaluates readability on a scale of 0–100; high scores indicate that the text is easier to read (scores below 30 indicate that a college graduate level of reading is required) (Kincaid et al., 1975). These readability indices were calculated using natural language processing (NLP)-based automated tools (e.g., Python's textstat library).

2.4 Categorization of Questions and Responses

By consensus of two raters (Rater 1 and Rater 2), the 21 most common questions were classified into three main categories based on content type.

1. General Knowledge & Symptoms: Consists of questions covering the definition, causes, and symptoms of depression.
2. Treatment & Medication: Consists of questions about medications and treatment methods used in depression treatment.
3. Public Perception & Clinical Reality: Questions about how depression is perceived

2.5 Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using SPSS Statistics (Version 27.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA). Descriptive statistics (means, standard deviations, medians, ranges, frequencies, and percentages) were calculated for all variables. To assess differences in Rater 1 EQIP scores and readability metrics (Word Count, Flesch–Kincaid Grade Level, Flesch Reading Ease) across the three question categories, the non-parametric Kruskal–Wallis H test was employed. Pearson's correlation coefficient (r) was used to examine relationships between Rater 1 EQIP scores and continuous readability variables. Inter-rater agreement between Rater 1 and Rater 2 EQIP scores was evaluated using Spearman's rank correlation coefficient (ρ). For all analyses, a two-tailed p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

3. RESULTS AND DISCUSSION

A total of 63 ChatGPT responses (21 questions × 3 sessions) were analyzed using the EQIP scores provided by Rater 1. The United States, Jamaica, and Saint Helena are the top three regions where the term "depression" was most frequently searched during 2024–2025, showing a geographically diverse distribution across North America, the Caribbean, Europe, and Australia.

Temporal trends indicated that global search interest remained relatively stable with moderate fluctuations throughout the examined period.

Overall descriptive statistics showed that the mean total EQIP score was 60.78±4.26 (range: 53.33–68.42), indicating that the responses were generally of moderate-to-high informational quality. The mean word count was 202.1±9.1 (181–238), suggesting a narrow dispersion in response length. In terms of readability, the mean Flesch–Kincaid Grade Level (FKGL) was 12.85±1.28 (9.80–15.90), corresponding to a reading level around the end of high school to early university. The mean Flesch Reading Ease (FRE) score was 33.69±7.85 (13.80–47.80), placing the responses predominantly within the "difficult to read" range.

The analysis revealed that differences in EQIP scores among the three main question categories were statistically significant (Kruskal–Wallis, $p<0.001$). ChatGPT produced more structured and comprehensive answers for treatment- and medication-related questions (65.70±1.73), whereas responses to general information (58.47±3.28) and perception/reality questions (58.16±2.07) received lower quality scores.

Regarding readability metrics, there was no significant difference in word count between categories ($H=2.46, p=0.293$); however, FKGL and FRE scores differed significantly. Responses in the Treatment & Medication category were of higher quality but written in a more complex, less accessible style. The other two categories were relatively more readable, yet they still exceeded the level recommended for the average patient population.

Furthermore, the data point to an inverse relationship between information quality and linguistic simplicity: higher EQIP scores were significantly associated with higher grade levels ($r=0.28, p=0.0301$) and lower reading ease scores ($r=-0.48, p<0.001$), while word count showed no significant relationship ($r=-0.21, p=0.0982$). Thus, responses of higher informational quality tended to be more difficult for patients to understand. Analysis of inter-rater agreement showed that the Spearman correlation coefficient between Rater 1 and Rater 2 was $\rho=0.77$, indicating a strong positive correlation and a high level of consistency.

Our findings regarding information quality and high linguistic complexity align with previous research. Studies in chronic medical conditions similarly report that ChatGPT provides good quality information but at an FKGL requiring 11–13 years of education, exceeding the 6th–8th grade reading level recommended for patient education (Özbek, 2025). For depression patients struggling with cognitive and emotional difficulties, low readability regarding treatments may increase the risk of misunderstanding side effects and adherence processes. Therefore, instead of using ChatGPT outputs directly as patient brochures, using versions simplified by experts is a safer approach.

The identified quality-readability relationship suggests that ChatGPT responses are more suitable for healthcare professionals or highly educated users. When maximizing quality, the model draws from its scientific training corpora (Abdullah et al., 2022), producing technical details that deviate from AMA and NIH health literacy guidelines recommending a 6th–8th grade reading level (Rooney et al., 2021). In clinical communication, technical language emphasizing side effects might trigger cognitive distortions in depressed patients, such as hopelessness or fear.

Limitations

This study has several limitations. First, the analyses are limited to 63 English responses to 21 depression-related questions, restricting generalizability to other languages, cultures, or diagnoses. Second, the evaluation is based on a single AI model at a specific point in time, and subsequent updates may alter output quality. Third, the limited question sample does not cover all public information-seeking patterns. Fourth, EQIP and readability tools provide quantitative findings but cannot assess clinical risks like suicidal ideation or comorbidity. Fifth, because the EQIP scale was designed for multi-media materials, item 7 (visuals/diagrams) was scored 0 for

all text-only responses, artifactually lowering total scores. Future studies should focus on developing quality assessment tools optimized specifically for text-only LLM responses.

4. CONCLUSION

This study evaluated ChatGPT's responses to common depression-related questions, finding moderate information quality alongside poor readability. Treatment- and medication-related answers achieved higher EQIP scores but used more complex language, limiting usability for individuals with lower health literacy. The inverse relationship between quality and readability suggests that improving informational completeness may compromise accessibility. Therefore, ChatGPT-generated depression information should not be used as stand-alone patient education material without expert review and safety-oriented signposting. Future studies should assess multilingual outputs, examine high-risk content, and develop evaluation frameworks suited to large language model responses.

REFERENCES

Abdullah, M., Madain, A., & Jararweh, Y. (2022). ChatGPT: fundamentals, applications and social impacts. *In 2022 Ninth International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS)*, IEEE, pp. 1–8. https://doi.org/10.1109/SNAMS58071.2022.10062688

Coombs, N. C., Meriwether, W. E., Caringi, J., & Newcomer, S. R. (2021). Barriers to healthcare access among U.S. adults with mental health challenges: a population-based study. *SSM - Population Health*, *15*, 100847. https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100847

Cruz-Gonzalez, P., He, A. W.-J., Lam, E. P.-P., Ng, I. M. C., Li, M. W., Hou, R., Chan, J. N.-M., Sahni, Y., Guasch, N. V., Miller, T., Lau, B. W.-M., & Sánchez Vidaña, D. I. (2025). Artificial intelligence in mental health care: a systematic review of diagnosis, monitoring, and intervention applications. *Psychological Medicine*, *55*, e18. https://doi.org/10.1017/S0033291724003295

Dergaa, I., Fekih-Romdhane, F., Hallit, S., Loch, A. A., Glenn, J. M., Fessi, M. S., Ben Aissa, M., Souissi, N., Guelmami, N., Swed, S., El Omri, A., Bragazzi, N. L., & Ben Saad, H. (2024). ChatGPT is not ready yet for use in providing mental health assessment and interventions. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, 1277756. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1277756

Ediboğlu, G. O. (2023). Yapay zekanın insan zekasına psikoterapötik yaklaşımı [Psychotherapeutic approach of artificial intelligence to human intelligence]. *Çukurova Tıp Öğrenci Dergisi*, *3*(1), 12–18. https://dergipark.org.tr/tr/pub/cukurovatip/issue/78489/1314136

Kilbourne, A. M., Beck, K., Spaeth-Rublee, B., Ramanuj, P., O'Brien, R. W., Tomoyasu, N., & Pincus, H. A. (2018). Measuring and improving the quality of mental health care: a global perspective. *World Psychiatry*, *17*(1), 30–38. https://doi.org/10.1002/wps.20482

Kincaid, J. P., Fishburne, R. P., Jr., Rogers, R. L., & Chissom, B. S. (1975). *Derivation of new readability formulas (Automated Readability Index, Fog Count and Flesch Reading Ease Formula) for Navy enlisted personnel* (Research Branch Report No. 8–75). Naval Air Station Memphis. https://eric.ed.gov/?id=ED108134

Liu, Y., Ding, X., Peng, S., & Zhang, C. (2024). Leveraging ChatGPT to optimize depression intervention through explainable deep learning. *Frontiers in Psychiatry*, *15*, 1383648. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1383648

Moult, B., Franck, L. S., & Brady, H. (2004). Ensuring quality information for patients: development and preliminary validation of a new instrument to improve the quality of written health care information. *Health Expectations*, *7*(2), 165–175. https://doi.org/10.1111/j.1369-7625.2004.00273.x

Özbek, İ. C. (2025). Evaluation of artificial intelligence-supported osteoarthritis information texts: content quality and readability analysis. *Turkiye Klinikleri Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Sciences*, *28*(1), 21–29. https://doi.org/10.31609/jpmrs.2024-103532

Rooney, M. K., Santiago, G., Perni, S., D. P. Horowitz, A. R. McCall, A. J. Einstein, R. Jagsi, & Golden, D. W. (2021). Readability of patient education materials from high-impact medical journals: a 20-year analysis. *Journal of Patient Experience*, *8*, 2374373521998847. https://doi.org/10.1177/2374373521998847

Sayers, J. (2001). The world health report 2001—Mental health: new understanding, new hope. *Bulletin of the World Health Organization*, *79*(11), 1085. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2566704/

World Health Organization. (2025, August 29). *Depressive disorder (depression)* [Fact sheet]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression

NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) SİSTEMLERİ İÇİN MATLAB ORTAMINDA YAPAY ZEKA TABANLI MQTT SİBER GÜVENLİK AĞ GEÇİDİ TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YÜCE
Marmara University, Faculty of Technology, Mechatronics Engineering 34854 Maltepe/İstanbul
ORCID ID: 0000-0001-5525-7733
Dr. Öğr. Üyesi Uğur KESEN
Marmara University, Faculty of Technology, Mechatronics Engineering 34854 Maltepe/İstanbul
ORCID ID: 0000-0003-3460-9060
Burak Süha MİNAZ
Marmara University, Institute of Pure and Applied Sciences, Mechatronics Engineering 34722 Kadıköy/İstanbul
ORCID ID: 0009-0009-7142-252X

ÖZET
Nesnelerin İnterneti (IoT) ekosisteminin hızla büyümesi, düşük güç tüketimi ve hafif iletişim protokollerine olan ihtiyacı artırmıştır. Bu bağlamda, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protokolü, IoT uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak, MQTT'nin varsayılan yapılandırmasında kimlik doğrulama ve şifreleme mekanizmalarının bulunmaması, Hizmet Reddi (DoS), Kaba Kuvvet (Bruteforce), Taşma (Flood), Bozuk Paket (Malformed) ve Yavaş DoS (Slowite) saldırılarına karşı ciddi güvenlik açıkları oluşturmaktadır. Bu çalışmada, MQTT tabanlı IoT ağlarını hedef alan beş farklı siber tehdit türünü gerçek zamanlı olarak tespit eden ve otonom olarak müdahale eden yapay zeka destekli bir ağ geçidi sistemi geliştirilmiştir.
Sistem, gerçek dünya IoT siber güvenlik veri seti olan MQTTEEB-D üzerinde eğitilmiş; sınıf dengesizliğini gidermek için SMOTE (Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Tekniği) uygulanmıştır. 11 temel ağ özelliği kullanılarak K-En Yakın Komşu (KNN, k=5, Euclidean) algoritması ile eğitilen model, 222.813 test örneğinde %98,58 doğruluk ve 0,9789 makro F1-skoru elde etmiştir. Geliştirilen "Akıllı Yayıncı" (Smart Publisher) mimarisi, MATLAB/Simulink ortamında modellenmiş olup; meşru trafiği Mosquitto MQTT broker'a iletmekte, saldırı tespit edildiğinde ise paket yayınını otonom olarak durdurmaktadır. Sistem, paket başına ortalama 0,300 ms tahmin gecikmesi ve saniyede 220.744 paket işleme kapasitesi ile gerçek zamanlı IoT uygulamaları için uygun bir performans profili sunmaktadır. Bu otonom müdahale yeteneği, IoT ağlarında manuel müdahale gereksinimini azaltarak olası zararı en aza indirmektedir.
Anahtar kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Siber Güvenlik, MQTT, Makine Öğrenmesi, K-En Yakın Komşu, SMOTE, Simulink, Otonom Müdahale.

AI-BASED MQTT CYBERSECURITY GATEWAY DESIGN IN MATLAB FOR INTERNET OF THINGS (IOT) SYSTEMS

ABSTRACT
The rapid growth of the Internet of Things (IoT) ecosystem has increased the demand for low-power, lightweight communication protocols. The Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol has emerged as a widely adopted publish/subscribe-based solution for IoT applications. However, the lack of built-in authentication and encryption mechanisms in MQTT's default configuration exposes IoT networks to critical security threats, including Denial of Service (DoS), Bruteforce, Flood, Malformed packet injection, and Slow DoS (Slowite) attacks. In this study, an AI-supported network gateway system capable of real-time detection and

autonomous intervention against these five MQTT-based cyber threats is developed. The system is trained on MQTTEEB-D, a real-world IoT cybersecurity dataset, with the Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) applied to address class imbalance. A K-Nearest Neighbors (KNN, k=5, Euclidean) classifier utilizing 11 core network features achieved 98.58% accuracy and a macro F1-score of 0.9789 on 222,813 test samples. The proposed "Smart Publisher" architecture, modeled in MATLAB/Simulink, forwards legitimate traffic to a Mosquitto MQTT broker while autonomously blocking packet transmission upon attack detection. The system achieves an average per-packet prediction latency of 0.300 ms and a throughput of 220,744 packets per second, demonstrating a performance profile suitable for real-time IoT deployments. This autonomous intervention capability reduces the need for manual intervention, thereby minimizing potential damage in IoT networks.
Keywords: Internet of Things, Cybersecurity, MQTT, Machine Learning, K-Nearest Neighbors, SMOTE, Simulink, Autonomous Intervention.

1. GİRİŞ

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel cihazların internet üzerinden birbirleriyle ve merkezi sistemlerle iletişim kurmasını sağlayan, günümüzde 50 milyarı aşkın cihazın bağlı olduğu devasa bir ekosistemdir [1]. Bu cihazların sahip olduğu sınırlı enerji, bellek ve işlem kapasiteleri, geleneksel internet protokolleri yerine hafif ve verimli iletişim protokollerinin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu gereksinimler doğrultusunda, 1999 yılında IBM tarafından geliştirilen ve 2013'te OASIS standardı olarak kabul edilen Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), günümüzde en yaygın kullanılan IoT iletişim protokollerinden biri haline gelmiştir [2]. Yayınla/Abone Ol (Publish/Subscribe) mimarisine dayanan MQTT, düşük bant genişliğine sahip ağlarda dahi güvenilir veri aktarımı sağlamakta ve özellikle makineden-makineye (M2M) iletişim için optimize edilmiş yapısıyla öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, IoT cihazlarının hızla yaygınlaşması ve kritik altyapılarda kullanılması, bu cihazları siber saldırganların hedefi haline getirmiştir. MQTT protokolünün varsayılan yapılandırmasında yalnızca kullanıcı adı/parola tabanlı temel kimlik doğrulama sunması, şifreleme ve yetkilendirme mekanizmalarının isteğe bağlı olması; Hizmet Reddi (DoS), Kaba Kuvvet (Bruteforce), Taşma (Flood), Bozuk Paket (Malformed) ve Yavaş DoS (Slowite) gibi saldırıların kolayca gerçekleştirilebilmesine olanak tanımaktadır [3, 4]. Bu saldırılar, cihazların hizmet veremez hale gelmesine, hassas verilerin ele geçirilmesine veya ağın tamamen çökmesine neden olabilmektedir [5].

Geleneksel Saldırı Tespit Sistemleri (IDS), imza tabanlı (signature- based) yaklaşımları nedeniyle yalnızca bilinen saldırı kalıplarını tanıyabilmekte; karmaşık, dinamik ve heterojen IoT ortamlarında sıfırıncı gün (zero-day) saldırılarına karşı yetersiz kalmaktadır [6]. Bu kısıt, anomali tabanlı (anomaly-based) tespit sistemlerine ve makine öğrenmesi (ML) algoritmalarına dayalı akıllı tehdit tespit yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmıştır. Literatürde MQTT ağları için çeşitli ML tabanlı tespit sistemleri önerilmiştir [7, 8, 9]. Khan vd. [9], MQTT trafiği üzerinde Derin Sinir Ağı (DNN) kullanarak %99'a varan doğruluk elde etmiş; Hariprasad vd. [7], SENMQTT-SET veri seti üzerinde KNN dahil yedi farklı ML algoritmasını karşılaştırmıştır. Hindy vd. [8] ise MQTT-IoT-IDS2020 veri setini oluşturarak altı farklı ML tekniğinin MQTT tabanlı saldırı tespit performansını değerlendirmiştir. Ancak, bu sistemlerin büyük çoğunluğu yalnızca saldırı tespitiyle sınırlı kalmakta; tespit sonrası otonom bir koruma ve müdahale mekanizması sunmamaktadır.

Bu çalışmada, literatürdeki bu boşluğu doldurmak amacıyla, MQTT tabanlı IoT ağlarına yönelik beş farklı siber tehdit türünü gerçek zamanlı olarak tespit eden ve tespit anında otonom müdahalede bulunan, K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, MQTTEEB-D gerçek dünya veri seti kullanılarak eğitilmiş; sınıf dengesizliği SMOTE

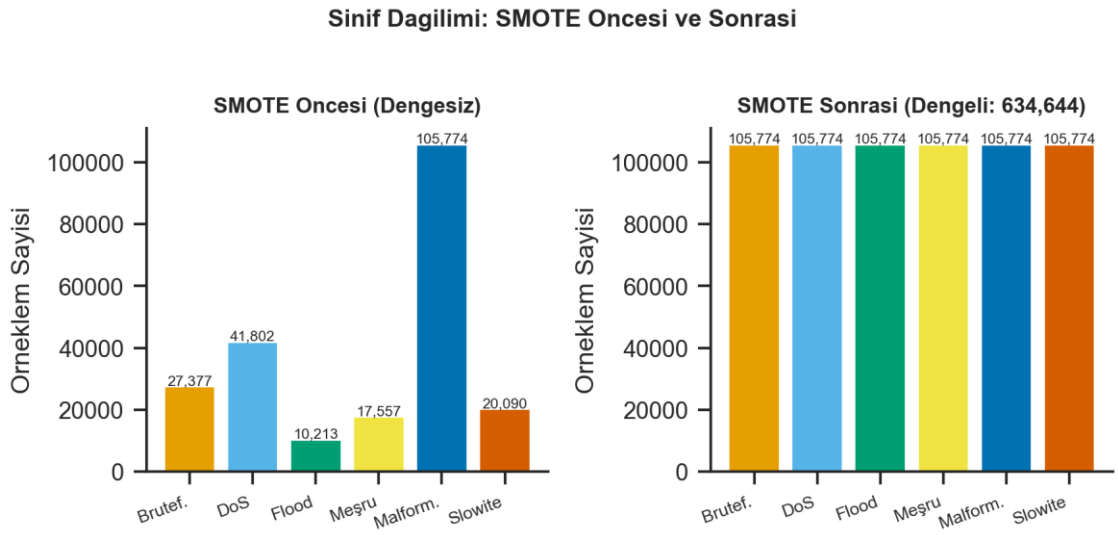
tekniği ile giderilmiş [10] ve MATLAB/Simulink ortamında "Akıllı Yayıncı" (Smart Publisher) mimarisi olarak modellenmiştir. Mevcut IoT IDS literatürü ağırlıklı olarak derin öğrenme tabanlı yaklaşımlara odaklanmakta [11]; MQTT güvenliği ise çoğunlukla kimlik doğrulama ve şifreleme katmanında ele alınmaktadır [12, 13]. Önerilen sistem, bu yaklaşımlardan farklı olarak, saldırı tespit edildiğinde iletişimi paket düzeyinde kesen yazılımsal bir şalter görevi görmekte ve bu sayede zararlı trafiğin ağa yayılmasını kaynağında engellemektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, MQTT tabanlı IoT ağlarında siber tehdit tespiti ve otonom müdahale amacıyla geliştirilen sistemin tasarım aşamaları detaylandırılmaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti, uygulanan ön işleme adımları, tercih edilen makine öğrenmesi modeli ve MATLAB/Simulink tabanlı sistem mimarisi sırasıyla ele alınmaktadır.

2.1. Veri Seti ve Ön İşleme

Çalışmada, MQTT tabanlı ağlardaki siber tehditleri tespit etmek amacıyla oluşturulmuş, gerçek dünya IoT trafiğini içeren MQTTEEB-D (A Real-World IoT Cybersecurity Dataset for AI-Powered Threat Detection in MQTT Networks) veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti, mevcut IoT saldırı tespit veri setlerine (ör. BoT-IoT [14]) kıyasla MQTT protokolüne özgü saldırı türlerini içermesi bakımından öne çıkmaktadır. Veri seti, Bruteforce, DoS, Flood, Malformed, Slowite ve Legitimate (Meşru) trafik türlerini içermektedir. SMOTE uygulaması öncesi ve sonrası sınıf dağılımları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: SMOTE öncesi ve sonrası sınıf dağılımı.

Veri setindeki dengesiz sınıf dağılımını gidermek ve modelin azınlık sınıflarını (saldırı türlerini) daha iyi öğrenmesini sağlamak için SMOTE (Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Tekniği) [10, 15, 16] uygulanmış versiyonu (MQTTEEB-D_dataset_Processed_SMOTE.csv) üzerinden modeller eğitilmiştir.

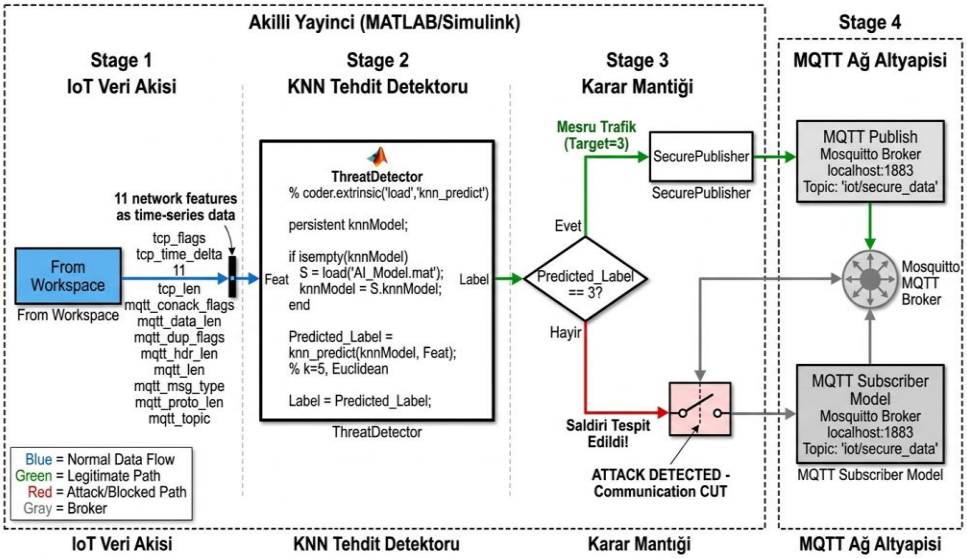
Overfitting (aşırı öğrenme) riskini önlemek amacıyla timestamp ve modelin eğitilmesine doğrudan katkısı olmayan hedefsiz veriler çıkarılmış, model girdisi olarak sadece ağ trafiğini temsil eden 11 temel özellik (tcp_flags, tcp_time_delta, tcp_len, mqtt_conack_flags, mqtt_conflag_cleansess, mqtt_conflags, mqtt_dupflag, mqtt_hdrflags, mqtt_kalive, mqtt_msg, mqtt_qos) kullanılmıştır.

2.2. Makine Öğrenmesi Modeli

Veri setinde hedef sınıflar *0: Bruteforce, 1: DoS, 2: Flood, 3: Legitimate (Meşru), 4: Malformed, 5: Slowite* olarak etiketlenmiştir. Sınıflandırma için K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması, düşük hesaplama karmaşıklığı ve gerçek zamanlı uygulamalara uygunluğu nedeniyle tercih edilmiştir [7, 17]. Orijinal veri setindeki 222.813 örneklemin tamamı test seti olarak ayrılmış; SMOTE algoritması [10] ile bu test setinden bağımsız olarak sentetik örneklem üretilerek 634.644 örneklemli dengeli bir eğitim seti oluşturulmuştur. Model, k=5 komşu sayısı ve Euclidean mesafe metriği ile yapılandırılmıştır. MATLAB Statistics and Machine Learning Toolbox üzerinden eğitilen KNN modeli (AI_Model.mat), Simulink simülasyon ortamına entegre edilecek formatta kaydedilmiştir.

2.3. Simulink ile Sistem Mimarisi ve Otonom Müdahale Tasarımı

Geliştirilen sistem, tespit edilen tehdide düşük gecikmeyle ve otonom olarak müdahale edebilen kapalı döngü bir yapıya sahiptir. Simülasyon mimarisi, iki temel MATLAB/Simulink modelinden oluşmaktadır: "MQTT_Threat_Detection.slx" (Akıllı Yayıncı) ve "MQTT_Subscriber_Model.slx" (Alıcı). Sistem mimarisi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: MQTT tehdit tespit ve otonom müdahale sistem mimarisi

Akıllı Yayıncı (Publisher) Modeli: Bu model, ağdan akan veriyi temsil eden bir FromWorkspace bloğu ile başlamaktadır. Gelen veriler, ThreatDetector isimli bir MATLAB Function bloğuna aktarılır. Bu blok içerisinde, coder.extrinsic metodu ile dışarıdan çağrılan eğitilmiş KNN modeli, persistent değişken yardımıyla bellekte tutularak düşük gecikmeli çıkarım sağlamaktadır. Model, gelen her paket için verinin meşru (Target = 3) mu yoksa saldırı mı olduğunu sınıflandırmaktadır. Tespit sonucuna göre otonom müdahale devreye girer:

Veri meşru ise, SecurePublisher bloğu içerisindeki MQTT istemcisi (Mosquitto localhost:1883) veriyi "iot/secure_data" kanalından iletir.

Saldırı tespit edilirse, sistem otonom olarak ilgili paketin yayınını durdurarak "ATTACK DETECTED - Communication CUT" durumuna geçer. Bu sayede saldırı paketlerinin ağın geri kalanına yayılması engellenirken, sistem bir sonraki paket için değerlendirmeye devam etmektedir.

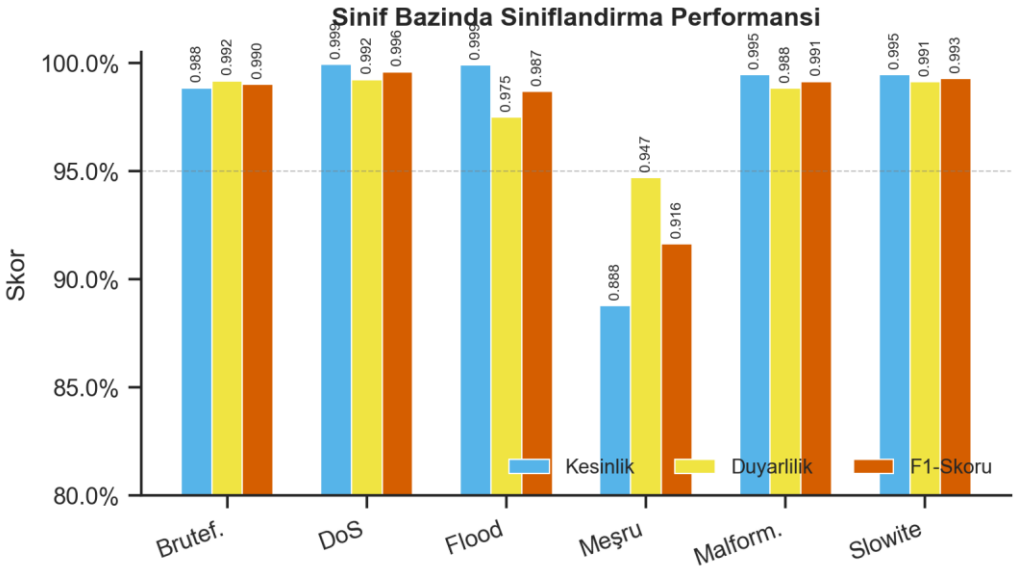
Alıcı (Subscriber) Modeli: Ağa bağlı diğer IoT cihazlarını veya sunucuları temsil eden bu model, yalnızca "iot/secure_data" kanalını dinler. Akıllı yayıncı, veri akışını kestiğinde alıcı tarafına hiçbir zararlı paket ulaşmaz. Bu asimetrik koruma mimarisi, MQTT'nin yayınla/abone ol modelinin [2] güvenlik amaçlı bir uzantısı olarak değerlendirilebilir.

3. BULGULAR VE SİMÜLASYON SONUÇLARI

Önerilen mimarinin etkinliğini doğrulamak amacıyla, geliştirilen Simulink modelleri üzerinde yerel bir Mosquitto MQTT Broker (localhost:1883) bağlantısı ile gerçek zamanlı testler gerçekleştirilmiştir. SMOTE ile dengelenmiş 634.644 örneklem ile eğitilen KNN (k=5, Euclidean) modeli, 222.813 örneklemden oluşan test dizisi üzerinde değerlendirilmiştir.

3.1. Sınıflandırma Performans Metrikleri

Model, test seti üzerinde %98,58 genel doğruluk (accuracy) ve 0,9789 makro ortalama F1-skoru elde etmiştir. Bu sonuç, güncel IoT IDS çalışmalarında raporlanan performans değerleriyle [18] karşılaştırılabilir düzeydedir. Her sınıf için ayrıntılı metrikler Tablo 1'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Sınıf bazında sınıflandırma performansı.

Tablo 1. Sınıf Bazında Performans Metrikleri

Sınıf	Precision	Recall	F1-Skor	Destek
Bruteforce	0,9884	0,9917	0,9901	27.377
DoS	0,9993	0,9923	0,9958	41.802
Flood	0,9990	0,9749	0,9868	10.213
Legitimate	0,8876	0,9469	0,9163	17.557
Malformed	0,9945	0,9883	0,9914	105.774
Slowite	0,9945	0,9912	0,9928	20.090

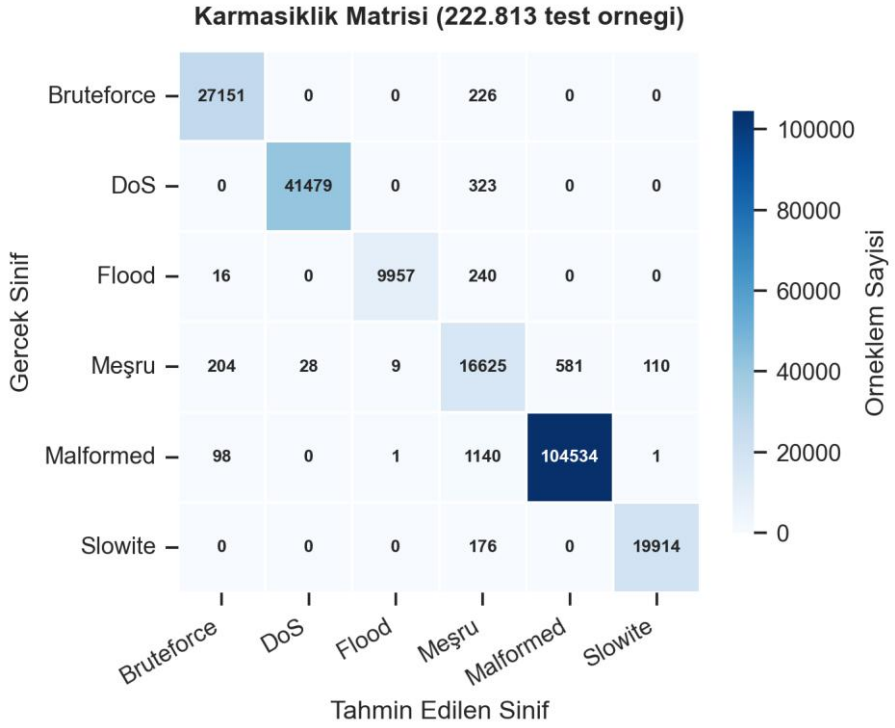
DoS ve Flood saldırıları sırasıyla %99,93 ve %99,90 precision ile en yüksek tespit başarısını gösterirken, Legitimate sınıfı %88,76 precision ve %94,69 recall ile görece daha düşük performans sergilemiştir.

3.2. Karmaşıklık Matrisi (Confusion Matrix) ve Hata Analizi

False positive (yanlış alarm) oranı Legitimate sınıfı için %1,02 olarak hesaplanmıştır. Bu, meşru trafiğin yaklaşık %1'inin sistem tarafından yanlışlıkla saldırı olarak sınıflandırıldığı ve iletişimin gereksiz yere kesilebileceği anlamına gelmektedir. Özellikle Malformed saldırı türü ile Legitimate sınıfı arasında 581 örneklemde karışıklık gözlemlenmiştir. Bu durum, sistemin

otonom müdahale mekanizması açısından bir ödünleşim (trade-off) oluşturmakta olup, hassasiyetin artırılması için eşik değeri optimizasyonu önerilmektedir.

Elde edilen karmaşıklık matrisi Şekil 4'te gösterilmektedir.

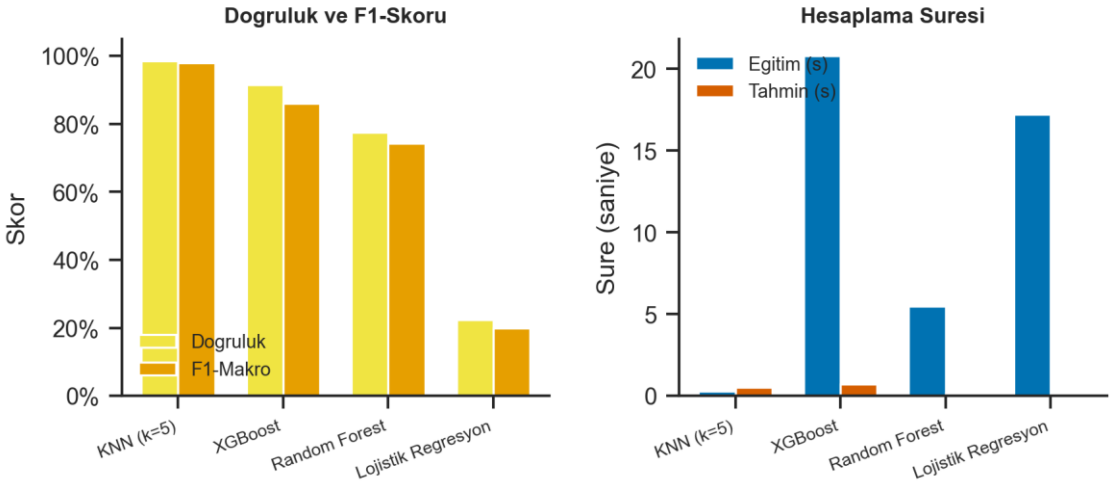


Şekil 4: Karmaşıklık matrisi (222.813 test örneği)

False negative (kaçırılan saldırı) oranı ise en yüksek Legitimate (%5,31) ve Flood (%2,51) sınıflarında gözlemlenmiştir. Buna karşın, DoS saldırıları için false negative oranı yalnızca %0,77 olup, sistemin en kritik saldırı türlerine karşı etkin bir koruma sağladığını göstermektedir.

3.3. Model Karşılaştırması

KNN algoritmasının MQTT tehdit tespitindeki performansını değerlendirmek amacıyla, aynı SMOTE-dengeli veri seti üzerinde Random Forest, XGBoost (Histogram Tabanlı Gradient Boosting) ve Lojistik Regresyon modelleri eğitilmiş ve karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 2'de ve Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5: Model karşılaştırması - doğruluk, F1-skoru ve hesaplama süresi.

Tablo 2. Model Karşılaştırma Sonuçları

Model	**Doğruluk**	**F1-Macro**	**Eğitim(s)**	**Tahmin(s)**
KNN (k=5)	0,9858	0,9789	0,3	0,51
XGBoost	0,9144	0,8595	20,8	0,71
Random Forest	0,7748	0,7433	5,5	0,15
Lojistik Regresyon	0,2247	0,1997	17,2	0,01

KNN modeli %98,58 doğruluk ve 0,9789 makro F1-skoru ile tüm alternatif modellerden belirgin şekilde üstün performans sergilemiştir. Bu üstünlük, SMOTE algoritmasının sentetik örneklem üretiminde KNN tabanlı interpolasyon kullanmasından kaynaklanmaktadır [10]. SMOTE ile oluşturulan veri dağılımı, KNN'nin karar sınırlarıyla doğal bir uyum gösterirken; ağaç tabanlı modeller (Random Forest, XGBoost) bu yapay dağılımda daha düşük genelleme başarısı elde etmiştir. Ayrıca KNN'nin 0,3 saniyelik eğitim ve 222.813 test örneğini 0,51 saniyede sınıflandırma hızı, gerçek zamanlı IoT uygulamaları için uygun bir gecikme profili sunmaktadır.

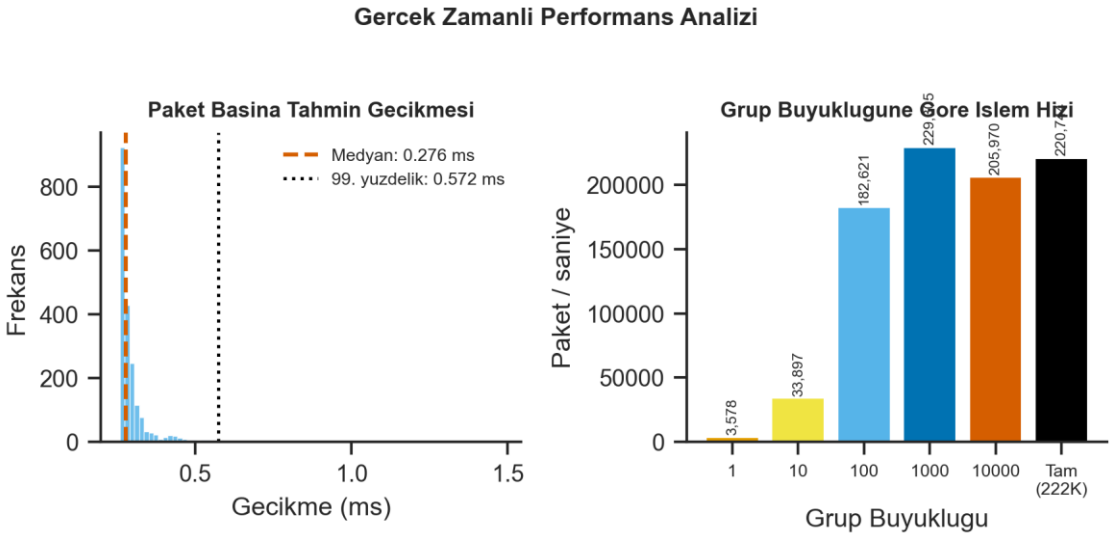
3.4. Simülasyon Davranışı

T=1 ile T=7 arasındaki süreçte gelen verilerin meşru (Legitimate) trafik olduğu tespit edilmiş ve MQTT üzerinden veri aktarımı kesintisiz şekilde sağlanmıştır. T=8 anında, veri setindeki ilk DoS saldırı paketi sisteme ulaştığında, ThreatDetector (KNN Modeli) durumu düşük gecikmeyle saptamış ve kontrol sinyalini sıfıra çekmiştir. Bu sinyal değişimiyle birlikte otonom müdahale sistemi devreye girerek ağ üzerinden ilgili paket yayınını (publish) durdurmuştur.
Simülasyon çıktıları ve MATLAB komut penceresi kayıtları, sistemin meşru trafik ile zararlı trafik arasında yüksek doğrulukla ayrım yapabildiğini ve otonom koruma mekanizmasının etkin şekilde çalıştığını göstermiştir.

3.5. Gerçek Zamanlı Performans Değerlendirmesi

Sistemin gerçek zamanlı çalışma yeteneğini nicel olarak değerlendirmek amacıyla, paket başına tahmin gecikmesi ve toplu işleme kapasitesi ölçülmüştür. Testler Intel Core i5 işlemci (8 GB RAM) üzerinde Python/Scikit-learn ortamında gerçekleştirilmiştir (MATLAB Simulink ortamındaki C kod üretimi ile daha düşük gecikme değerleri elde edilebileceği not edilmelidir).

Tek paket tahmin gecikmesi ortalaması 0,300 ms (medyan 0,268 ms) olarak ölçülmüş olup, 99. yüzdelik dilimde dahi gecikme 0,430 ms'nin altında kalmıştır (Tablo 3, Şekil 6). Toplu işleme senaryosunda sistem saniyede 220.744 paket işleyebilmekte ve 222.813 örneklemden oluşan test setinin tamamını yaklaşık 1 saniyede sınıflandırabilmektedir.



Şekil 6: Gerçek zamanlı performans-paket gecikmesi ve işlem hızı.

Tablo 3. Gerçek Zamanlı Performans Ölçümleri

Metrik	**Değer**
Ortalama gecikme (paket)	0,300 ms
Medyan gecikme	0,268 ms
95. yüzdelik	0,302 ms
99. yüzdelik	0,430 ms
Toplu işleme hızı	220.744 paket/s
Tam test seti (222.813)	1,009 s

Bu sonuçlar, KNN modelinin IoT ağ geçitlerinde gerçek zamanlı paket denetimi için yeterli hız ve düşük gecikme profiline sahip olduğunu göstermektedir. Tipik bir IoT ağında saniyede yüzlerce veya binlerce paket aktığı göz önüne alındığında, 0,3 ms'lik tahmin gecikmesi ağ performansı üzerinde ihmal edilebilir düzeydedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, IoT tabanlı MQTT ağları için makine öğrenmesi destekli, gerçek zamanlı bir saldırı tespit ve otonom müdahale sistemi sunulmuştur. Geleneksel Saldırı Tespit Sistemlerinden (IDS) farklı olarak [4], önerilen mimari yalnızca bir uyarı üretmekle kalmamakta; "Akıllı Yayıncı" yaklaşımı ile saldırı tespit edildiğinde iletişim kanalını fiziksel katmana eşdeğer bir şekilde keserek zararlı paketlerin ağa yayılmasını engellemektedir.

MQTTEEB-D veri seti kullanılarak eğitilen KNN modeli, test setinde %98,58 genel doğruluk ve 0,9789 makro F1-skoru elde etmiştir. SMOTE ile veri dengesizliğinin giderilmesi, özellikle azınlık sınıfları olan Flood (%99,90 precision) ve Slowite (%99,45 precision) saldırılarında yüksek tespit başarısı sağlamıştır. Bununla birlikte, Legitimate sınıfında gözlemlenen %1,02

false positive oranı, otonom müdahale mekanizmasının meşru trafiği gereksiz yere kesme riskini ortaya koymaktadır. MATLAB/Simulink entegrasyonu ise modelin gerçek dünya IoT ve endüstriyel kontrol sistemleri senaryolarına doğrudan uyarlanabilirliğini ortaya koymuştur.
Çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, SMOTE algoritması test setinden bağımsız sentetik örneklem üretmesine rağmen, KNN tabanlı enterpolasyon mekanizması nedeniyle sentetik örneklemler gerçek test örneklemlerine yakın özellik uzayında konumlanmaktadır. Bu durum, KNN modelinin test performansını bir miktar iyimser kılabilir. İkinci olarak, %1,02 false positive oranı, meşru trafiğin yaklaşık her 100 paketinden birinin sistem tarafından engellenmesine yol açmaktadır. Paket bazlı çalışan otonom müdahale mekanizması, bu senaryoda meşru cihazlar için bir tür kendi kendine hizmet reddi (self-DoS) riski oluşturmaktadır. Ayrıca, sistem tek bir MQTT broker (Mosquitto) ve yerel ağ ortamında test edilmiş olup, farklı ağ topolojileri ve broker yazılımları üzerindeki performansı henüz değerlendirilmemiştir. Ayrıca, Simulink simülasyon ortamında elde edilen sonuçların, gömülü IoT cihazları üzerindeki gerçek zamanlı başarımı doğrudan yansıtmayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Gelecek çalışmalarda, bu mimarinin derin öğrenme modelleri (LSTM, CNN) ile performans karşılaştırması yapılması [9, 15], uç bilişim (Edge Computing) cihazları üzerinde donanımsal doğrulama gerçekleştirilmesi, dağıtık müdahale stratejilerinin [19] incelenmesi ve farklı IoT protokollerine (CoAP, AMQP) genişletilmesi ve otonom bilişim (autonomic computing) paradigmalarının [20] entegrasyonu planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Aqeel, M., Ali, F., Iqbal, M. W., Rana, T. A., Arif, M., & Auwul, M. R. (2022). A review of security and privacy concerns in the Internet of Things (IoT). Journal of Sensors, 2022, 5724168. doi:10.1155/2022/5724168

[2] Mishra, B. & Kertész, A. (2020). The use of MQTT in M2M and IoT systems: A survey. IEEE Access, 8, 201071-201086. doi:10.1109/access.2020.3035849

[3] Andy, S., Rahardjo, B., & Hanindhito, B. (2017). Attack scenarios and security analysis of MQTT communication protocol in IoT system. In 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI) (pp. 1-6). IEEE. doi:10.1109/EECSI.2017.8239179

[4] Husnain, M., Hayat, K., Cambiaso, E., Fayyaz, U. U., Mongelli, M., Akram, H., & Ghazanfar Abbas, S. (2022). Preventing MQTT vulnerabilities using IoT-enabled intrusion detection system. Sensors, 22(2), 567. doi:10.3390/s22020567

[5] Syed, N. F., Baig, Z., Ibrahim, A., & Valli, C. (2020). Denial of service attack detection through machine learning for the IoT. Journal of Information and Telecommunication, 4(4), 482-503. doi:10.1080/24751839.2020.1767484

[6] Thamilarasu, G. & Chawla, S. (2019). Towards deep-learning-driven intrusion detection for the Internet of Things. Sensors, 19(9), 1977. doi:10.3390/s19091977

[7] Hariprasad, S., Deepa, T., & Chandhar, P. (2022). SENMQTT-SET: An intelligent intrusion detection in IoT-MQTT networks using ensemble multi cascade features. IEEE Access, 10, 33095-33110. doi:10.1109/access.2022.3161566

[8] Hindy, H., Bayne, E., Bureš, M., Atkinson, R., Tachtatzis, C., & Bellekens, X. (2021). Machine learning based IoT intrusion detection system: An MQTT case study (MQTT-IoT-IDS2020 Dataset). In INC 2020: International Networking Conference (pp. 73-84). Springer. doi:10.1007/978-3-030-64758-2_6

[9] Khan, M. A., Khan, M. A., Jan, S. U., Ahmad, J., & Jeon, G. (2021). A deep learning-based intrusion detection system for MQTT enabled IoT. Sensors, 21(21), 7016. doi:10.3390/s21217016

[10] Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. Journal of Artificial Intelligence Research, 16, 321-357. doi:10.1613/jair.953
[11] Al-Haija, Q. A. & Droos, A. (2024). A comprehensive survey on deep learning-based intrusion detection systems in Internet of Things (IoT). Expert Systems, 42(2), e13726. doi:10.1111/exsy.13726
[12] Sahmi, I., Abdellaoui, A., & Mazri, T. (2021). MQTT-PRESENT: Approach to secure internet of things applications using MQTT protocol. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 11(5), 4577-4586. doi:10.11591/ijece.v11i5.pp4577-4586
[13] Tian, S. & Vassilakis, V. G. (2023). On the efficiency of a lightweight authentication and privacy preservation scheme for MQTT. Electronics, 12(14), 3085. doi:10.3390/electronics12143085
[14] Koroniotis, N., Moustafa, N., Sitnikova, E., & Turnbull, B. (2019). Towards the development of realistic botnet dataset in the Internet of Things for network forensic analytics: Bot-IoT dataset. Future Generation Computer Systems, 100, 779-796. doi:10.1016/j.future.2019.05.041
[15] Sayegh, H. R., Wang, D., & Al-madani, A. M. (2024). Enhanced intrusion detection with LSTM-based model, feature selection, and SMOTE for imbalanced data. Applied Sciences, 14(2), 479. doi:10.3390/app14020479
[16] Xu, B., Sun, L., Mao, X., & Liu, C. (2023). IoT intrusion detection system based on machine learning. Electronics, 12(20), 4289. doi:10.3390/electronics12204289
[17] Aláiz-Moretón, H., Aveleira-Mata, J., Ondicol-Garcia, J., Muñoz-Castañeda, A. L., García, I., & Benavides, C. (2019). Multiclass classification procedure for detecting attacks on MQTT-IoT protocol. Complexity, 2019, 6516253. doi:10.1155/2019/6516253
[18] Alosaimi, S. & Almutairi, S. (2023). An intrusion detection system using BoT-IoT. Applied Sciences, 13(9), 5427. doi:10.3390/app13095427
[19] Potrino, G., De Rango, F., & Fazio, P. (2019). A distributed mitigation strategy against DoS attacks in edge computing. In 2019 Wireless Telecommunications Symposium (WTS) (pp. 1-7). IEEE. doi:10.1109/WTS.2019.8715543
[20] Ashraf, Q. M., Tahir, M., Habaebi, M. H., & Yusoff, S. H. (2023). Toward autonomic Internet of Things: Recent advances, evaluation criteria, and future research directions. IEEE Internet of Things Journal, 10(16), 14725-14748. doi:10.1109/jiot.2023.3285359

GERÇEK ZAMANLI TELEMETRİK SAHA VERİSİ TOPLAMA İÇİN MOBİL HABERLEŞME TABANLI BİR SİSTEM TASARIMI

Ali Can Tellioğlu
Tümosan Teknoloji Mühendislik Sanayi Ticaret A. Ş., 34025 Zeytinburnu, İstanbul
ORCID ID: 0000-0003-0181-0921
Dr. Uğur Kesen
Marmara University, Department of Mechatronics Engineering, 34854 Maltepe, Istanbul
ORCID ID: 0000-0003-3460-9060
Dr. Hüseyin Yüce
Marmara University, Department of Mechatronics Engineering, 34854 Maltepe, Istanbul
ORCID ID: 0000-0001-5525-7733
Aykut Dana
Tümosan Teknoloji Mühendislik Sanayi Ticaret A. Ş., 34025 Zeytinburnu, İstanbul
ORCID ID: 0009-0000-9317-121X

ÖZET
Günümüzde mobil iş makineleri ve tarımsal araçlar gibi dinamik çalışma koşullarına sahip sistemlerde, gerçek çalışma verilerinin çevrimiçi olarak izlenmesi; performans değerlendirmeleri, hata tespiti ve kontrol algoritmalarının geliştirilmesi açısından önemli bir gereksinim haline gelmiştir. Geleneksel saha testlerinde veriler çoğunlukla çevrim dışı olarak kaydedilip test sonrasında analiz edilmekte olup, bu yaklaşım test sürecinde anlık değerlendirme ve hızlı müdahale imkanlarını sınırlandırmaktadır. Özellikle yüksek frekanslı ve uzun süreli saha testlerinde verilerin gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi, sistem davranışlarının anlık değerlendirilmesi ve olası anormalliklerin erken tespit edilebilmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, gerçek zamanlı telemetrik saha verisi toplama amacıyla mobil haberleşme tabanlı bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistemde, istemci tarafında Linux tabanlı gömülü cihazlar kullanılarak araç üzerindeki elektronik kontrol ünitelerinden elde edilen verilerin toplanması ve mobil haberleşme altyapısı üzerinden sunucuya iletilmesi sağlanmıştır. Sunucu tarafında ise yüksek veri trafiğini eş zamanlı olarak yönetebilen WebSocket tabanlı bir haberleşme mimarisi oluşturulmuştur. Tasarlanan sistem sayesinde saha testlerinden elde edilen verilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, kayıt altına alınması ve analiz edilmesi mümkün hale getirilmiş; böylece test süreçlerinde karar verme ve sistem değerlendirme kabiliyetlerinin artırılması hedeflenmiştir.
Anahtar kelimeler: Gerçek zamanlı telemetri sistemleri, mobil haberleşme altyapısı, dağıtık veri toplama mimarisi, çevrim içi saha verisi izleme

A MOBILE COMMUNICATION-BASED SYSTEM DESIGN FOR REAL-TIME TELEMETRIC FIELD DATA ACQUISITION

ABSTRACT
Today, in systems operating under dynamic working conditions such as mobile work machines and agricultural vehicles, online monitoring of real operational data has become an important requirement for performance evaluation, fault detection, and the development of control algorithms. In conventional field tests, data are generally recorded offline and analyzed after the completion of testing; however, this approach limits instantaneous evaluation and rapid intervention capabilities during the test process. Particularly in high-frequency and long-duration field tests, real-time monitoring of data provides significant advantages in terms of instantaneous assessment of system behavior and early detection of potential anomalies. In this study, a mobile communication-based system was designed for real-time telemetric field data acquisition. In the

developed system, Linux-based embedded devices were employed on the client side to collect data obtained from on-board electronic control units and transmit them to the server through a mobile communication infrastructure. On the server side, a WebSocket-based communication architecture capable of handling high data traffic concurrently was developed. The proposed system enables real-time monitoring, recording, and analysis of field test data, thereby improving decision-making and system evaluation capabilities during test processes.
Keywords: Real-time telemetry systems, mobile communication infrastructure, distributed data acquisition architecture, online field data monitoring

1. GİRİŞ

Tarım sektöründe ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan mobil iş makineleri, karmaşık çalışma ortamları ve değişken yük koşulları nedeniyle yoğun elektronik kontrol altyapısına ihtiyaç duymaktadır. Modern traktörler ve iş makineleri; motor yönetim sistemleri, transmisyon kontrol üniteleri, hidrolik kontrol modülleri ve çeşitli çevre birimi kontrolcülerinden oluşan çok sayıda elektronik kontrol ünitesi (EKU) içermektedir. Bu EKU'lar arasındaki haberleşme, büyük ölçüde SAE J1939 standardına dayalı Controller Area Network (CAN-BUS) protokolü aracılığıyla sağlanmaktadır (SAE International, 2015).

Geleneksel saha test yöntemlerinde veriler çevrimdışı olarak toplanmakta, test sonrasında masaüstü ortamında analiz edilmektedir. Bu yaklaşım; test sırasında anlık sistem durumunun değerlendirilememesi, olası anormalliklerin gecikmeli fark edilmesi ve uzun süreli testlerde müdahale kabiliyetinin kısıtlı kalması gibi önemli dezavantajlar doğurmaktadır (Wua ve ark., 2019). Özellikle yüksek frekanslı ve uzun süreli saha testlerinde verilerin gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi, sistem güvenilirliği açısından kritik önem taşımaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin ve LTE/5G mobil iletişim altyapısının yaygınlaşmasıyla birlikte, araç telemetri sistemi önemli ölçüde gelişmiş ve gerçek zamanlı uzaktan izleme uygulamaları pratik hale gelmiştir (Fernandes ve ark., 2018; Dekkiche ve ark., 2016). Öte yandan, bu sistemlerin tarımsal ve endüstriyel iş makinelerinde uygulanması; kırsal alanlardaki bağlantı güçlükleri, geniş bant genişliği gereksinimleri, güç yönetimi kısıtlamaları ve gömülü platform seçimi gibi özgün mühendislik sorunlarını beraberinde getirmektedir (Hamida ve ark., 2018).

Bu çalışmada, söz konusu gereksinimleri karşılayan ve özgün bir sistem mimarisi sunan mobil haberleşme tabanlı gerçek zamanlı telemetri platformu tasarlanmış ve prototip düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın özgün katkıları şu şekilde özetlenebilir: (1) Raspberry Pi CM4 tabanlı, çok işlevli gömülü donanım platformu tasarımı; (2) RP2040 MCU ile akü korumalı güç yönetimi mimarisi; (3) WebSocket tabanlı düşük gecikmeli gerçek zamanlı haberleşme çerçevesi; (4) Sunucu tarafında DBC dosyası kullanılarak gerçekleştirilen otomatik CAN mesajı çözümleme altyapısı. Sistemin başarımı, tarım traktörü üzerinde yürütülen kapsamlı saha testleriyle deneysel olarak doğrulanmıştır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Araç telemetri sistemleri, özellikle son on yılda hızlı bir gelişim ivmesi kazanmıştır. Erken dönem çalışmalar ağırlıklı olarak GSM/GPRS altyapısı üzerine inşa edilmiş ve düşük bant genişliğine sahip verilerin düzenli aralıklarla iletilmesiyle sınırlı kalmıştır (Jain ve ark., 2012). Buna karşın modern uygulamalar, LTE ve 5G teknolojilerinin sunduğu yüksek kapasiteden yararlanarak çok kanallı yüksek frekanslı gerçek zamanlı veri iletimini gerçekleştirmeye yönelmiştir.

Tarımsal makine telemetrisi alanında yapılan çalışmalar, ISOBUS (ISO 11783) standardının benimsenmesiyle önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu standart, tarım araçları ve ekipmanları

arasında standartlaştırılmış veri alışverişini mümkün kılmakta; elektronik kontrol ünitelerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamaktadır (ISO 11783, 2017). Fernandes ve arkadaşları (2018) GSM ağları üzerinden traktör performans izleme sistemi geliştirmiş; yakıt tüketimi, motor yükü ve konum verilerinin anlık takibini başarıyla gerçekleştirmiştir. Benzer şekilde Hamida ve arkadaşları (2018), mobil veri ağları kullanarak tarımsal araç takip ve izleme platformu ortaya koymuş; GSM bağlantısının kırsal alanlardaki güvenilirliğini değerlendirmiştir.

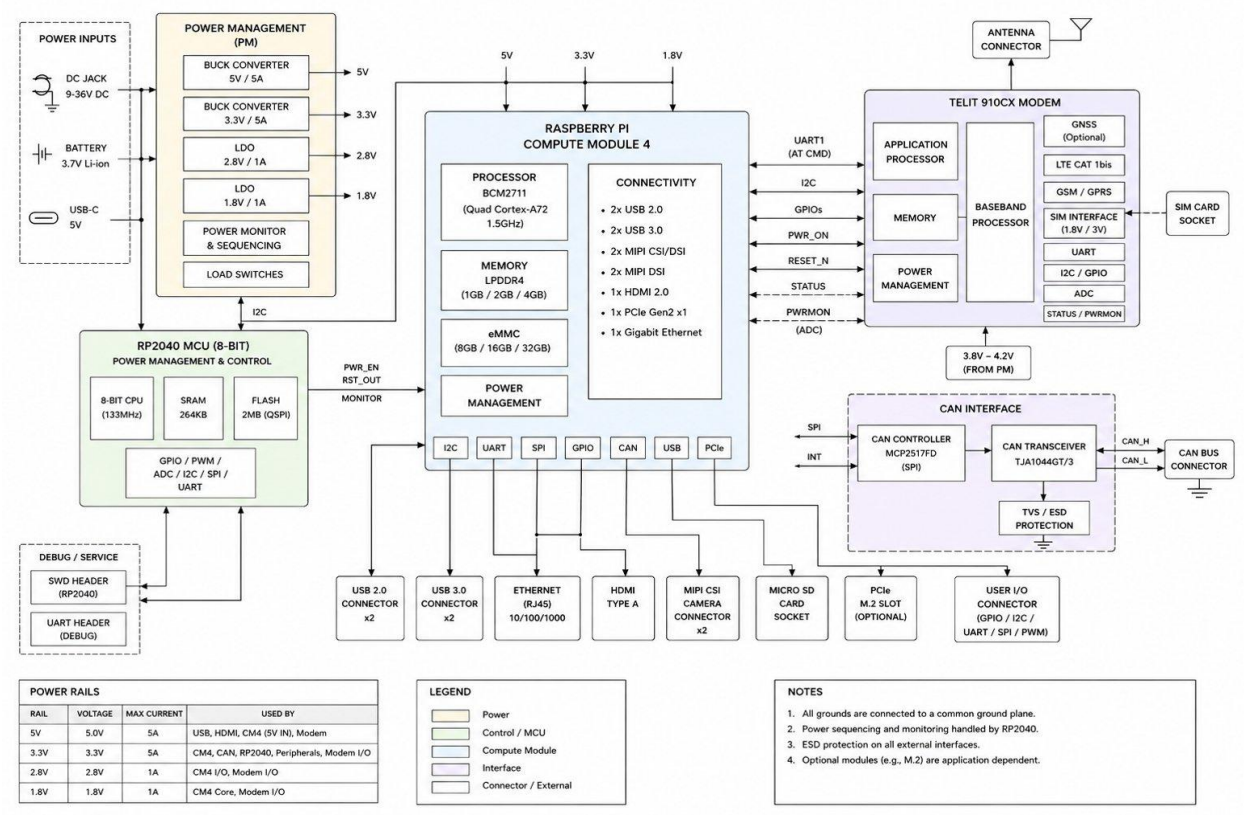
Endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT) alanındaki gelişmeler ise araç telemetri sistemlerine yeni mimari yaklaşımlar kazandırmıştır. Xia ve ark. (2012) fabrika otomasyonu için IoT tabanlı izleme çerçevesi önermiş; gerçek zamanlı veri toplama ile bulut entegrasyonunu başarıyla sağlamıştır. Dekkiche ve ark. (2016) ise araç CAN-BUS verilerinin mobil cihazlar üzerinden uzaktan izlenmesi için Bluetooth ve Wi-Fi tabanlı bir mimari önermiştir. WebSocket protokolünün gerçek zamanlı web uygulamalarındaki üstünlüğü de kapsamlı biçimde araştırılmış; bu protokolün geleneksel HTTP yoklama yöntemleriyle kıyaslandığında önemli ölçüde daha düşük gecikme süresi ve bant genişliği tüketimi sunduğu gösterilmiştir (Pimentel ve Nickerson, 2012).

Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu ya belirli bir araç platformuna özgü çözümler sunmakta ya da sınırlı kanal sayısıyla düşük frekanslı veri toplama ile yetinmektedir. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurarak çok kanallı yüksek frekanslı CAN-BUS verilerini gerçek zamanlı olarak aktarabilen, güç yönetimine sahip, ölçeklenebilir bir platform sunmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. DONANIM MİMARİSİ

Telemetri veri toplama kartının çekirdeği, Broadcom BCM2711 dört çekirdekli Cortex-A72 işlemci içeren Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4) üzerine inşa edilmiştir. CM4, 1/2/4 GB LPDDR4 RAM, 8/16/32 GB eMMC depolama seçenekleri ve PCIe Gen2, Gigabit Ethernet, USB 3.0 ile Wi-Fi/Bluetooth bağlantılarını tek bir modülde sunmaktadır (Raspberry Pi Ltd., 2021). Linux işletim sistemi üzerinde çalışan bu platform; görev planlaması, protokol kütüphanelerinin kullanımı ve ağ yönetimi açısından güçlü bir yazılım ekosistemi sağlamaktadır. Kart mimarisinde CAN-BUS haberleşmesi için Microchip MCP2517FD denetleyicisi kullanılmaktadır. MCP2517FD, CAN 2.0 ve CAN FD (Flexible Data Rate) standartlarını destekleyen, SPI arayüzü üzerinden CM4'e bağlanan bir denetleyicidir. Fiziksel katmanda ise TJA1044GT/3 CAN alıcı-vericisi kullanılmakta; TVS/ESD koruma devreleriyle birlikte dayanıklı ve endüstriyel ortama uygun bir arabirim oluşturulmaktadır (NXP Semiconductors, 2020). Mobil haberleşme için Telit 910CX modemi entegre edilmiş olup bu modem LTE Cat 1bis, GSM/GPRS ve opsiyonel GNSS konumlama desteği sunmaktadır. AT komutları UART1 arayüzü üzerinden CM4'e iletilmektedir. Güç yönetimi, RP2040 çift çekirdekli Cortex-M0+ mikrodenetleyicisi tarafından gerçekleştirilmektedir. RP2040, I²C arayüzü üzerinden CM4 ile haberleşerek güç sıralama, gerilim izleme ve uyku/uyanma döngülerini yönetmektedir. Giriş besleme gerilimi olarak 9-36 V DC aralığı desteklenmekte; kart üzerindeki büküm düzenleyiciler 5 V ve 3,3 V, LDO regülatörler ise 2,8 V ve 1,8 V rayları üretmektedir. Belirlenen eşik değer olan 13,6 V'un altına düşen besleme gerilimi, traktörün çalışmadığına işaret etmekte ve sistem otomatik olarak uyku moduna geçmektedir. Bu yaklaşım, uzun süreli park hallerinde akü deşarjını minimize etmektedir.

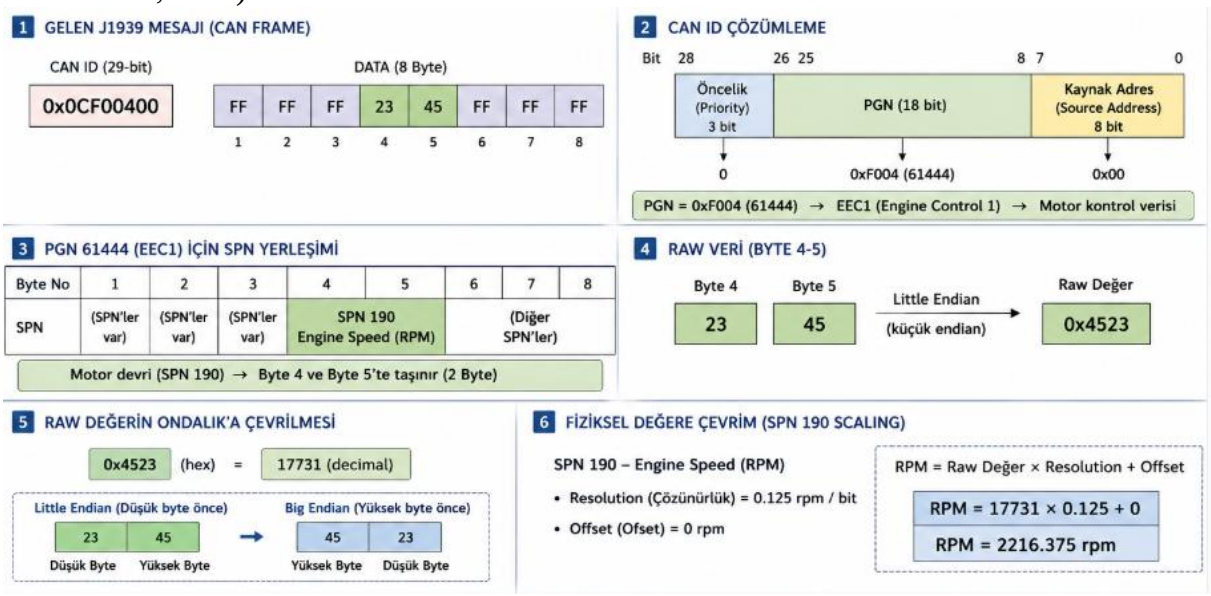


Şekil 1. Telemetri Veri Toplama Kartı Donanım Mimarisi Blok Diyagramı

3.2. CAN-BUS AĞI VE SAE J1939 PROTOKOLÜ

Controller Area Network (CAN-BUS), ilk olarak Robert Bosch GmbH tarafından 1986 yılında geliştirilen ve ISO 11898 standardıyla tanımlanan seri bir haberleşme protokolüdür (Bosch GmbH, 1991; ISO 11898-1, 2015). Temel tasarım ilkesi, çok sayıda mikrodenetleyici ve elektronik kontrol biriminin (ECU) merkezi bir ana bilgisayara ihtiyaç duymaksızın birbirleriyle gerçek zamanlı olarak haberleşmesini sağlamaktır. Protokol, CAN_H ve CAN_L iletkenlerinden oluşan diferansiyel sinyalleme altyapısı üzerine kurulu olup bu yapı, endüstriyel ortamlarda kaçınılmaz olan elektromanyetik gürültüye karşı yüksek bağışıklık sağlamakta ve protokolü araç içi uygulamalar için özellikle elverişli kılmaktadır. Veri iletim hızı klasik CAN'da 1 Mbit/s ile sınırlı iken CAN FD (Flexible Data-Rate) ile bu değer veri fazında 8 Mbit/s'e kadar yükseltilebilmektedir(ISO 11898-1). CAN protokolünün en kritik özelliklerinden biri, donanım düzeyinde gerçekleştirilen bit-arbitrasyon mekanizmasıdır; bu mekanizma sayesinde aynı anda birden fazla düğümün iletim girişiminde bulunması durumunda çerçeve kayıpları yaşanmaksızın öncelik sıralaması otomatik olarak belirlenmektedir. SAE J1939 ise bu altyapı üzerine inşa edilmiş, SAE International tarafından standartlaştırılmış ve başta ağır vasıtalar, iş makineleri ile tarım ekipmanları olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda ECU'ların birbirleriyle güvenilir biçimde haberleşmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir üst katman protokolüdür. Protokol, CAN 2.0B'nin sunduğu 29 bitlik genişletilmiş çerçeve yapısını temel almakta olup bu tanımlayıcı alan işlevsel olarak üç alt bölgeye ayrılmaktadır: en yüksek anlamlı 3 bit mesaj önceliğini (priority), ardından gelen 18 bit Parameter Group Number'ı (PGN) ve son 8 bit ise kaynak adresini (source address) kodlamaktadır. PGN, belirli bir işlevsel parametre grubuna ilişkin mesaj tanımını temsil etmekte; hangi sinyallerin kaç bitlik çözünürlükle, hangi güncelleme periyodunda ve ne tür ölçekleme katsayılarıyla iletileceğini normatif biçimde belirlemektedir. Bu hiyerarşik yapı içinde her bir parametreyi bireysel düzeyde tanımlayan birim ise Suspect Parameter Number (SPN) olarak adlandırılmakta; SPN, ilgili sinyalin veri baytları içindeki

başlangıç bit konumunu, toplam bit uzunluğunu, çözünürlük katsayısını (resolution/scale factor) ve ofset değerini içeren tam bir tanımlayıcı küme sunmaktadır. Ham CAN çerçevesinden fiziksel sinyal değerinin elde edilmesi, bu SPN tanımlarına dayanılarak gerçekleştirilen bir ayrıştırma ve ölçekleme işlemini gerektirmekte; sunucu tarafında ham veri baytları önce ilgili SPN tanımına göre bit maskesi uygulanarak çıkarılmakta, ardından çözünürlük katsayısıyla çarpılıp ofset değeri eklenerek fiziksel büyüklüğe dönüştürülmekte olup bu dönüşüm şekil 2'de gösterilmiştir (SAE International, 2015).



Şekil 2. SAE J1939 Standartında fiziksel sinyallerin tanımlanması

3.3. SUNUCU MİMARİSİ

Sunucu tarafı mimari; WebSocket tabanlı veri alma servisi, DBC çözümleme motoru, zaman serisi veri tabanı ve görselleştirme katmanından oluşmaktadır. Tüm servisler açık kaynaklı çözümler üzerine inşa edilmiş olup ticari lisans gerektirmemektedir.

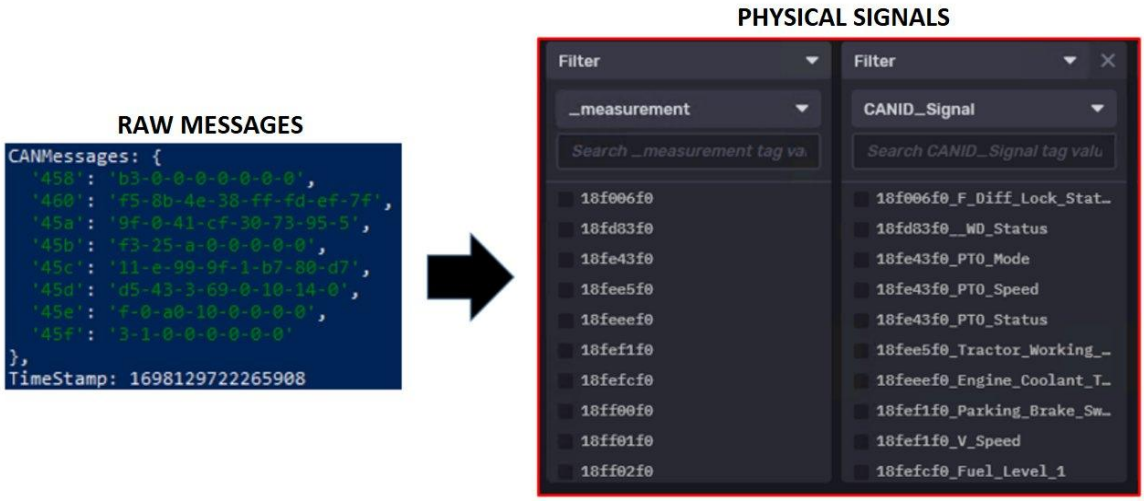
3.3.1. WEBSOCKET HABERLEŞME SERVİSİ

Telemetri cihazı ile sunucu arasındaki haberleşme WebSocket protokolü (RFC 6455) üzerine kurulmuştur. HTTP üzerinde yükseltilen bu çift yönlü kalıcı bağlantı, geleneksel HTTP uzun yoklama yöntemlerine kıyasla kayda değer ölçüde daha düşük gecikme süresi ve bant genişliği tasarrufu sağlamaktadır (Pimentel ve Nickerson, 2012). Her saha testi için ayrı bir oturum kanalı açılmakta; birden fazla traktörden gelen veriler eş zamanlı olarak işlenebilmektedir.

Cihaz tarafında toplanan CAN-BUS mesajları, NTP (Network Time Protocol) ile senkronize edilmiş yüksek çözünürlüklü zaman damgaları eklenerek JSON formatına dönüştürülmektedir. JSON paketi tanımlama alanları (cihaz kimliği, yazılım sürümü), konum alanı (GNSS verisi) ve CAN mesajları alanından oluşmaktadır. JSON yapısının kullanımı; hafifliği, okunabilirliği ve geniş platform desteği nedeniyle tercih edilmiştir.

3.3.2. CAN-BUS MESAJI ÇÖZÜMLEME SERVİSİ

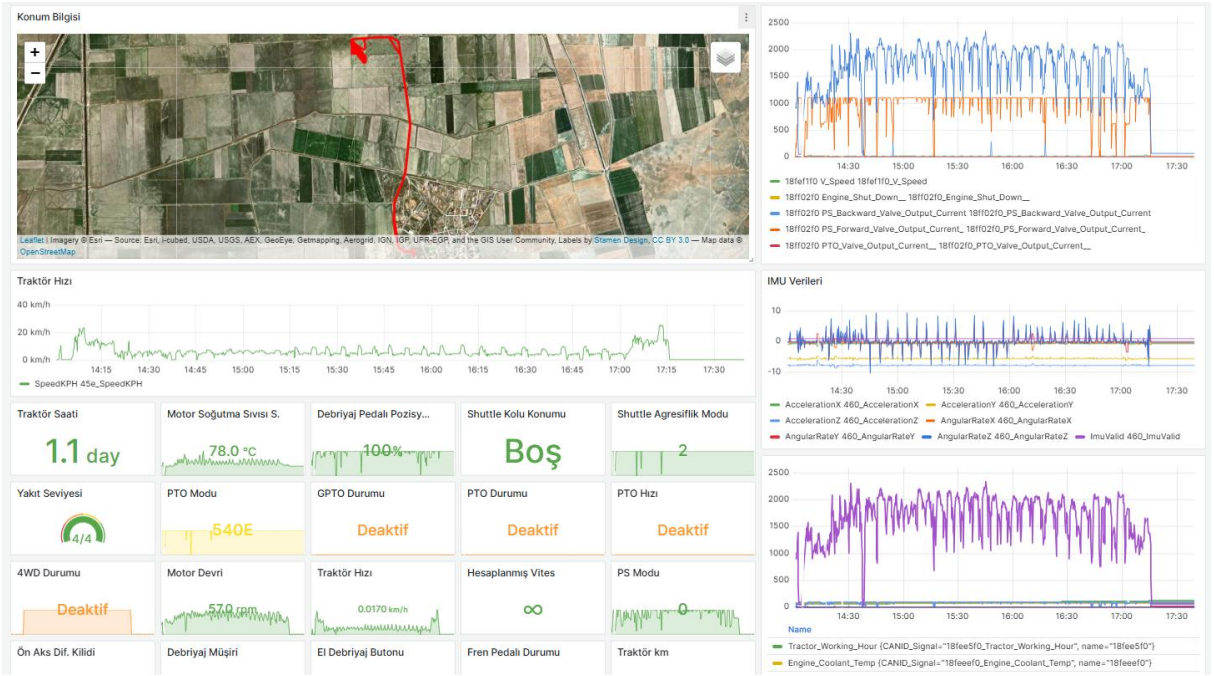
Sunucuya ulaşan ham CAN mesajları, DBC (Database CAN) dosyaları kullanılarak mühendislik birimlerine sahip fiziksel sinyallere dönüştürülmektedir. DBC dosyası, her PGN için mesaj tanımını; her SPN için ise bit başlangıç konumu, bit uzunluğu, bayt sırası (Intel/Motorola), ölçekleme katsayısı, ofset değeri ve fiziksel birim bilgilerini içermektedir. Bu yaklaşım, üretici özgü çözümleme kodunun cihaz üzerinde çalıştırılması gerekliliğini ortadan kaldırmakta; yeni araç modellerinin veya yeni parametrelerin sisteme entegrasyonunu yalnızca DBC dosyasının güncellenmesiyle mümkün kılmaktadır. İlgili dönüşüme ait örnek şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ham CAN-BUS Mesajlarından Fiziksel Sinyallere Dönüşüm Süreci

3.3.3. VERİ TABANI VE GÖRSELLEŞTİRME SERVİSİ

Çözümlenen fiziksel sinyaller, zaman serisi optimizasyonlu açık kaynaklı bir veri tabanına zaman damgalı olarak kaydedilmektedir. Bu yapı, ortalama, maksimum, minimum ve türev tabanlı hesaplamaların verimli biçimde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Veri görselleştirme için Grafana açık kaynaklı platform kullanılmıştır. Veri görselleştirme ara yüzü grafik, bar char, gösterge, heatmap gibi geniş görselleştirme araçlarına sahip olup ilgili araçlarla oluşturulan örnek arayüz şekil 4'te verilmiştir. Ara yüz için eklenti geliştirmek ve özel çalışmalar yapmak mümkündür. Mevcutta Grafana'ya destek veren topluluk tarafından geliştirilmiş birçok araç hazır bulunmaktadır.



Şekil 4. Görselleştirme Servisine Ait Örnek Ekran Görüntüsü

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR

Geliştirilen telemetri sisteminin başarımını değerlendirmek amacıyla kapsamlı saha testleri gerçekleştirilmiştir. Testler; çeşitli tarla koşullarında çalışan traktör üzerinde bağlantı güvenilirliği, veri bütünlüğü, GPS konum doğruluğu ve güç yönetimi etkinliği açısından

yürütülmüştür. Şekil 5'te gerçekleştirilen saha testi sırasında traktörün izlediği yolu gösteren GPS takip kaydı verilmektedir.



Şekil 5. Saha Testlerinde Elde Edilen GNSS Verisi ve Konum İzi Görüntüsü

Saha testlerinde LTE bağlantısının kesintisiz sürdürülebildiği koşullarda sistem yaklaşık 10 Hz ortalama veri güncelleme sıklığıyla başarılı biçimde çalışmıştır. Zaman damgası senkronizasyonu NTP servisleriyle sağlanmış; farklı kaynaklardan gelen sinyallerin korelasyonu güvenilir şekilde gerçekleştirilmiştir. Güç yönetimi algortiması sayesinde traktörün çalışmadığı uzun park dönemlerinde akü tüketimi kabul edilebilir sınırlar içinde kalmış; sistemin 13,6 V eşik gerilimi ile otomatik uyku/uyanma mekanizması sorunsuz işlev göstermiştir. Kırsal alanlardaki GSM/LTE kapsama alanı, veri iletim gecikmesini etkileyebilecek en önemli dış etken olarak belirlenmiştir. Kapsama zayıflığı durumlarında cihaz üzerindeki yerel arabellek mekanizması devreye girerek bağlantı yeniden kurulduğunda birikmiş verilerin sunucuya aktarılmasını sağlamıştır. Bu özellik, saha testlerinde veri bütünlüğünün korunmasında belirleyici bir rol üstlenmiştir.

5. TARTIŞMA

Geliştirilen sistem, mevcut literatürde yer alan benzer çalışmalarla kıyaslandığında birkaç önemli farklılık ortaya koymaktadır. İlk olarak, Raspberry Pi CM4 tabanlı platform, çoğu özel gömülü telemetri donanımına kıyasla hem yazılım geliştirme esnekliği hem de topluluk desteği açısından belirgin avantajlar sunmaktadır. İkinci olarak, RP2040 MCU tabanlı güç yönetimi mimarisi, alternatörden bağımsız izleme imkânı tanırken akü deşarjını etkin biçimde önlemektedir. Üçüncü olarak, sunucu tarafında gerçekleştirilen DBC çözümleme yaklaşımı, cihaz yazılımını değiştirmeye gerek kalmaksızın farklı araç platformlarına uyum sağlanabilmesini mümkün kılmaktadır.

Sistemin kısıtlamaları da göz önünde bulundurulmalıdır. LTE kapsama alanının yetersiz olduğu bölgelerde veri iletiminde gecikmeler yaşanabilmektedir; bu durum, gerçek zamanlı izleme gereksiniminin kritik olduğu uygulamalarda dikkatle değerlendirilmelidir. Bunun yanı sıra, CAN-BUS hattının pasif olarak dinlenmesi prensipte ağ üzerinde ek yük oluşturmamaktadır. Gelecek çalışmalar kapsamında 5G bağlantı seçeneğinin entegrasyonu, uç bilişim (edge computing) altyapısı ile yerel ön işleme kapasitesinin artırılması ve makine öğrenmesi tabanlı anomali tespiti modüllerinin eklenmesi planlanmaktadır.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, gerçek zamanlı telemetrik saha verisi toplama amacıyla mobil haberleşme tabanlı kapsamlı bir sistem tasarlanmış ve başarıyla prototip edilmiştir. WebSocket tabanlı çift yönlü haberleşme mimarisi, sunucu tarafındaki DBC çözümleme motoru ve açık kaynaklı

görselleştirme altyapısıyla birlikte sistemin uçtan uca bütünleşik bir çözüm oluşturduğu gösterilmiştir. Saha testleri, sistemin traktör üzerinden birden fazla parametreyi eş zamanlı olarak 10 Hz frekansıyla güvenilir biçimde izleyebildiğini doğrulamıştır. Önerilen mimari; araştırma kurumlarına ve üreticilere ait saha test altyapılarının modernizasyonunda, ürün geliştirme döngülerinin kısaltılmasında ve kontrol algoritması geliştirme süreçlerinin gerçek saha verileriyle desteklenmesinde pratik bir çözüm sunmaktadır. Sistemin modüler yapısı, farklı araç platformlarına ve uygulama alanlarına kolaylıkla uyarlanmasına olanak sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi kapsamında sağladığı destekler için Tümosan Teknoloji Mühendislik Sanayi Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

SAE International. (2015). SAE J1939 Digital Annex: Serial Control and Communications Heavy Duty Vehicle Network. SAE International.

SAE International. (2016). SAE J1939-71: Vehicle Application Layer. SAE International.

Bosch GmbH. (1991). CAN Specification Version 2.0. Robert Bosch GmbH.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 11898-1: Road vehicles — Controller area network (CAN) — Part 1: Data link layer and physical signalling.

International Organization for Standardization. (2017). ISO 11783-1: Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network.

Microchip Technology Inc. (2019). MCP2517FD: External CAN FD Controller with SPI Interface (DS20005688B). Microchip Technology Inc.

NXP Semiconductors. (2020). TJA1044G/TJA1044GT: High-speed CAN transceiver (Rev. 3.1). NXP Semiconductors.

Pimentel, V., & Nickerson, B. G. (2012). Communicating and displaying real-time data with WebSocket. IEEE Internet Computing, 16(4), 45–53.

Raspberry Pi Ltd. (2021). Raspberry Pi Compute Module 4 Datasheet. Raspberry Pi Ltd.

Wang, Y., & Masoud, N. (2020). Real-time sensor anomaly detection and recovery in connected automated vehicle sensors. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 22(3), 1411–1425. https://doi.org/10.1109/TITS.2020.2970295

Wu, J., Wang, X., Li, L., Du, Z., He, K., & Dong, H. (2019). Hierarchical temporal memory based anomaly detection for real-time telemetry data. Advances in Space Research, 63(3), 1117–1129.

Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2012). Internet of Things. International Journal of Communication Systems, 25(9), 1101–1102.

Dekkiche, H., Basma, F., & Domloge, R. (2016). Vehicle diagnostics over IP: Remote access to OBD-II data. In IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 1068–1073).

Fernandes, M., Barata, M., Bento, N., & Pires, H. (2018). Remote monitoring system for agricultural machinery. Computers and Electronics in Agriculture, 149, 125–134.

Hamida, E., Znaidi, W., & Labiod, H. (2018). IoT-based fleet management system for agricultural equipment. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(3), 150–158.

Jain, S., Bhatt, A., & Yadav, R. (2012). Vehicle tracking and monitoring using GSM and GPS technology. International Journal of Engineering Research and Technology, 1(4).

GAZETE BASKI TEKNOLOJİLERİNDEKİ DÖNÜŞÜM VE DİJİTAL MEDYAYA EVRİLME SÜRECİ

Arş. Gör. Dr. Ali TANER
Süleyman Demirel University, Faculty of Communication, Department of Journalism, 32000 Merkez, Isparta
ORCID: 0009-0009-9257-2957

ÖZET
Gazetecilik tarihi, haberin üretim yeri ile okurun kişisel dünyası arasındaki süreyi kısaltma çabası olarak tanımlanabilecek bir teknik gelişim serüvenidir. Gutenberg'in matbaayı icadıyla başlayan kitlesel üretim süreci, haberin fiziksel bir meta olarak değer kazanmasını sağlamış, ancak 20. yüzyılın ortalarından itibaren bu süreç dijitalleşmenin etkisiyle radikal bir değişime uğramıştır. Bu araştırma, geleneksel matbaacılık yöntemlerinden (sıcak dizgi ve ofset) dijital sistemlere (CTP ve dijital baskı) geçişin yayıncılık pratikleri üzerindeki etkisini ve bu teknolojik hızın dijital medyayı doğurma sürecini incelemektedir. Akademik literatürün, teknik raporların ve sektörel verilerin incelenmesine dayanan çalışma teorik bir analiz üzerine inşa edilmiştir. Araştırma kapsamında; "sıcak dizgi" döneminin mekanik hantallığı, ofset teknolojisinin getirdiği görsel esneklik, Bilgisayardan Kalıba (CTP) sistemlerinin sağladığı operasyonel hız ve dijital baskının sunduğu kişiselleştirme imkânları kuramsal bir çerçevede ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, baskı teknolojisindeki dönüşümün sadece teknik bir iyileştirme olmadığını, aynı zamanda haberin fiziksel sınırlarını aşarak "akışkan bir veri" haline gelmesini sağlayan bir paradigma kayması olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, yazılı basının ekonomik darboğaz nedeniyle bir varoluş krizi yaşadığı, ancak teknolojik gelişimle birlikte basım pratiklerinde belirgin bir eksen kaymasının yaşandığı görülmektedir. Gelinen noktada geleneksel gazete basımı, dijital medyanın sunduğu imkânlar ve hız içerisinde hibrit bir yapıya evrilerek fiziksel sınırlarını yitirmeye başlamıştır.
Anahtar Kelimeler: Gazete, Baskı Teknolojileri, Dijital Medya, Yayıncılık.

THE TRANSFORMATION IN NEWSPAPER PRINTING TECHNOLOGIES AND THE PROCESS OF EVOLUTION TOWARDS DIGITAL MEDIA

ABSTRACT
The history of journalism is a journey of technical development that can be defined as an effort to shorten the duration between the place of news production and the reader's personal world. The mass production process, which began with Gutenberg's invention of the printing press, enabled news to gain value as a physical commodity; however, since the mid-20th century, this process has undergone a radical transformation under the influence of digitalization. This research examines the impact of the transition from traditional printing methods (hot type and offset) to digital systems (CTP and digital printing) on publishing practices and the process of how this technological speed gave birth to digital media. The study is built on a theoretical analysis based on the examination of academic literature, technical reports, and sectoral data. Within the scope of the research, the mechanical cumbersome of the "hot type" period, the visual flexibility brought by offset technology, the operational speed provided by Computer-to-Plate (CTP) systems, and the personalization opportunities offered by digital printing are discussed within a theoretical framework. The findings indicate that the transformation in printing technology is not merely a technical improvement but a paradigm shift that allows news to transcend physical boundaries and become "fluid data." Consequently, it is observed that while

the print media is experiencing an existential crisis due to the economic bottleneck, a significant axis shift has occurred in printing practices along with technological development. At this point, traditional newspaper printing is losing its physical boundaries by evolving into a hybrid structure within the opportunities and speed offered by digital media.
Keywords: Newspaper, Printing Technologies, Digital Media, Publishing.

1. GİRİŞ

1.1. Haberin Teknolojik Serüveni ve Toplumsal Dönüşüm

İnsanlık tarihi, aynı zamanda bilginin yayılma ve paylaşılma yöntemlerinin evrimidir. Habercilik alanında yaşanan teknik devrimler, sadece teknik bir ilerleme olarak kalmamış, bireyin dünyayı algılama biçimini de kökten değiştirmiştir. Geçmiş dönemlerde yerel ve kısıtlı kanallar aracılığıyla yayılan enformasyon, toplumsal olayların tarafsız bir şekilde halka ulaşmasını engelliyordu. Ancak matbaanın icadı ve bu teknolojinin geniş kitlelere yayılması, haberin "ayrıcalıklı bir zümrenin elinden" çıkıp halkın tamamına ulaşmasına zemin hazırlamıştır. Ulaşım imkânlarının gelişmesi ve lojistik ağların güçlenmesiyle birlikte haber mektupları ve gazeteler daha ekonomik bir maliyetle kitlelere sunulmuştur. Bu durum, okuma ve öğrenme talebini tetikleyerek sosyal yapıda demokratikleşmeyi ve toplumsal bir aydınlanmayı beraberinde getirmiştir (Mora, 2012). Burada dikkat çekilmesi gereken nokta, teknolojinin sadece hızı artırmadığı, aynı zamanda bilgiyi ucuzlatarak sosyal tabakalar arasındaki bilgi eşitsizliğini minimize ettiğidir.

Batı dünyasında 15. yüzyıldan itibaren ivme kazanan bu matbaa devrimi, Osmanlı İmparatorluğu ve Türkiye özelinde daha farklı bir tarihsel seyir izlemiştir. Avrupa'da matbaanın yarattığı rüzgâr tüm sosyal sınıfları etkilerken, Türkiye'de matbaanın resmî kuruluşu 1727 yılında, Padişah III. Ahmet döneminde gerçekleşmiştir. Ancak bu teknolojik transfer, dönemin sosyo-kültürel dengeleri gereği bazı katı kurallarla sınırlandırılmıştır. Din kitaplarının basılmaması koşuluyla verilen bu izin, aslında teknolojinin topluma girişinde bir "uyum süreci" arandığının göstergesidir (İnuğur, 1982). Bu gecikmeli başlangıç, Türk basınının teknolojik adaptasyon kapasitesini ve habercilik kültürünü uzun süre bu başlangıç aşamasının etkisi altında tutmuştur.

Günümüz perspektifinden bakıldığında, gazetecilik tarihini baskı teknolojileri tarihinden bağımsız düşünmek mümkün değildir. Johannes Gutenberg'in hareketli parçalı matbaayı icat etmesi, haberin üretim sürecini bir zanaat olmaktan çıkarıp endüstriyel bir boyuta taşımıştır. Bu aşama, haberin ilk kez "fiziksel bir meta" olarak tanımlanmasını ve pazarlanabilir bir ürün haline gelmesini sağlamıştır (Topuz, 2003). Bu noktada; kağıt üzerine basılan mürekkep, habere sadece fiziksel bir form kazandırmamış, aynı zamanda ona arşivlenebilir ve kanıtlanabilir bir resmiyet atfetmiştir.

Ancak içinde bulunduğumuz dijital çağ, bu fiziksel metaların egemenliğini sarsan büyük bir paradigma kaymasına sahne olmaktadır. Son yıllarda dijital platformların sunduğu dinamik yapı, basılı gazetenin "statik" doğasını geride bırakmıştır. Artık okuyucu, haberin kendisine gelmesini beklemek yerine, etkileşimli ve anlık güncellenen kanallar üzerinden bilgiye saniyeler içinde erişebilmektedir. Alp ve Altın (2023) ifade ettiği gibi bu değişim toplumun sadece bilgiye erişim şeklini değil, aynı zamanda haberi tüketme ve anlamlandırma alışkanlıklarını da radikal bir biçimde dönüştürmüştür. Geleneksel medya kanalları, bu dijital dalga karşısında etkinliklerini yitirirken, toplumsal iletişim dinamikleri daha parçalı ve çok sesli bir yapıya evrilmektedir.

Bu dönüşümün hızı o kadar yüksektir ki, klasik yöntemler olarak adlandırdığımız ve bugün artık "eski medya" kategorisine dâhil edilen gazete, dergi ve televizyon gibi araçlara olan bakış açısı, beklentilerin çok ötesinde bir değişim göstermiştir. Bu durum, basit bir alışkanlık değişikliği değil, aslında internetin sınırsız imkânlarından beslenen "yeni medya" ekosisteminin yarattığı evrimsel bir sıçramadır (Bulunmaz, 2011). İnternet teknolojileri, geleneksel medyanın sınırlarını

aşarak bilgi akışını demokratize etmiş, ancak aynı zamanda "doğrulama" ve "bilgi kirliliği" gibi yeni tartışma alanlarını da literatüre kazandırmıştır.

Tüm bu teknik ve kavramsal değişimlerin ışığında, bu çalışmanın temel amacı, baskı teknolojilerindeki dönüşümün yayıncılık pratikleri üzerindeki yansımalarını analiz etmektir. Çalışmanın metodolojisi, konuyla ilgili güncel akademik literatürün, teknik raporların ve sektörel verilerin titizlikle incelenmesine dayanan teorik bir analiz üzerine inşa edilmiştir. Mevcut kaynaklar taranarak, baskı teknolojisindeki değişimlerin yayıncılık pratikleri üzerindeki etkisi kavramsal bir çerçevede tartışılmıştır.

1.2. Mekanik Dönüşümün Tarihsel Seyri: Sıcak Dizgiden Ofset Devrimine

Gazetecilik tarihi teknik bir perspektifle incelendiğinde, bu sürecin aslında haberin mutfağı ile okurun masası arasındaki o kritik süreyi kısaltma çabası olduğu açıkça görülür. Bu zamana karşı yarışın ilk ve en zorlu aşaması, matbaanın tamamen mekanik kuvvete ve yoğun fiziksel iş gücüne dayandığı dönemdir. Bu dönemde gazete üretimi, entelektüel bir faaliyetten ziyade, ağır sanayi kollarını andıran bir döküm ve montaj sürecini kapsamaktaydı. Haberin kağıda dökülme hızı, doğrudan mekanik sistemlerin ve insanın fiziksel dayanıklılığının sınırlarına bağlıydı.

Geleneksel yayıncılık döneminin simgesi haline gelen Linotip (satır dizgi) makineleri, habercilik üretim bandının en hantal halkasını oluşturmaktaydı. Literatürde "sıcak dizgi" olarak da tanımlanan bu yöntemde, her bir haber satırı için metal alaşımlar (genellikle kurşun, kalay ve antimon karışımı) kullanılarak kalıplar tek tek dökülmekteydi. Bu durum, gazete binasının bodrum katlarını ya da matbaa bölümlerini adeta devasa bir dökümhaneye dönüştürmekteydi. Bu mekanik ve hantal yapı, mizanpaj ve sayfa tasarımında esnekliği ciddi şekilde kısıtlamaktaydı. Becer'in (2011) belirttiği üzere, üretim sürecini yavaşlatan bu sistem gazetenin görsel ve estetik gelişimini de doğrudan sınırlamaktaydı. Kişisel bir gözlem olarak eklemek gerekirse; o dönemde bir sayfa düzeninde yapılacak en ufak bir tipografik hata veya mizanpaj değişikliği, tüm metal blokların yeniden dökülmesi ve sayfaların baştan kurulması anlamına geliyordu. Bu durum, haberciliğin doğasındaki "anlık olma" ilkesine aykırı, yorucu ve maliyetli bir zaman kaybı demekti.

Ancak 20. yüzyılın ortalarından itibaren matbaacılık dünyasına giren Ofset teknolojisi, bu fiziksel yükseklik farkına dayanan baskı anlayışını kökten değiştirmiştir. Ofset baskı, su ve mürekkebin birbirini itme prensibine (fotokimyasal süreçler) dayalı sistemiyle, ağır kurşun kalıpların yerini daha hafif ve hassas metal plakaların almasını sağlamıştır. Bu teknolojik sıçrama, kalıp hazırlama süreçlerini dramatik bir hızla optimize etmiştir (Uçar, 2004). Ofset teknolojisinin devreye girmesiyle birlikte gazetecilik, kurşun tozlu, gürültülü ve tehlikeli matbaa odalarından çıkarak daha steril, tasarım odaklı ve estetik kaygıların güdülebildiği modern ofislere taşınmaya başlamıştır. Bu teknik dönüşüm, üretim sürelerini kısaltarak haberin en önemli sermayesi olan "tazelik" ve güncellik değerini, fiziksel engellere rağmen korumasına olanak sağlamıştır.

Baskı tekniklerindeki bu paradigma değişimi, gazetenin sadece bir metin yığını olmaktan çıkıp; fotoğrafın, grafiklerin ve illüstrasyonların ustaca kullanıldığı görsel bir mecraya evrilmesini tetiklemiştir. Teknolojik hızın matbaa sahasına bu denli dahil olması, aslında geleneksel gazeteciliğin, gelecekte karşılaşacağı dijital hızla rekabetindeki ilk büyük teknolojik savunması ve stratejik hazırlığı olmuştur (Çakır, 2007). Matbaadaki bu mekanik hızlanma, yayıncıların yavaş yavaş "veri aktarımı" ve "dijital çıktı" kavramlarına aşina olmasını sağlamış; fiziksel baskının sınırlarını zorlayarak bugünün dijital medya dünyasına giden yolun ilk taşlarını döşemiştir. Ofset baskının getirdiği bu esneklik, editöryal süreçlerin de özgürleşmesine ve görsel dilin haber anlatımında ana aktörlerden biri haline gelmesine zemin hazırlamıştır.

1.3. Analogdan Dijitale Geçiş: Ctp ve Modern Baskı Öncesi Sistemler

Baskı teknolojilerinde analog süreçlerin yerini dijital sistemlere bırakması, yayıncılık dünyasında özellikle baskı öncesi (pre-press) süreçlerde köklü ve geri dönülemez bir dönüşüm yaratmıştır.

Bu devrimin merkezinde yer alan Bilgisayardan Kalıba (Computer to Plate – CTP) teknolojisi, dijital ortamda kurgulanan mizanpaj ve tasarımların, herhangi bir ara fiziksel katmana ihtiyaç duyulmadan doğrudan baskı kalıbına aktarılmasını sağlamıştır. Kipphan'ın (2001) vurguladığı üzere bu sistem, geleneksel film tabanlı süreçlerin getirdiği hantallığı ortadan kaldırarak üretim bandını çok daha hızlı, şeffaf ve kontrol edilebilir bir yapıya kavuşturmuştur.

CTP teknolojisinin işleyiş mantığı, özünde film çıkış cihazlarına benzemekle birlikte, görüntüyü ara bir film tabakası yerine doğrudan hassas alüminyum plakalar üzerine pozlamasıyla ayrışır. Bu teknik sıçrama, matbaacılık literatüründe "montajın dijitalleşmesi" olarak tanımlanabilir. Bilgisayar ortamında tamamlanan sayfa tasarımları, artık fiziksel ışıklı masalarda elle birleştirilmek yerine yazılımsal algoritmalarla hatasız bir şekilde kalıba işlenmektedir. Bu durum iş süresini dramatik şekilde kısaltırken, baskı kalitesindeki netliği ve standardizasyonu en üst seviyeye taşımıştır. CTP sisteminin sektöre sunduğu avantajları teknik bir perspektifle şöyle detaylandırabiliriz:

Zaman ve Malzeme Ekonomisi: Filmin ve manuel montaj aşamalarının devreden çıkması, kalıp poz süresini saniyeler mertebesine indirerek büyük bir zaman tasarrufu yaratmıştır. Ayrıca karanlık oda ve kimyasal banyo gibi maliyetli süreçler tasfiye edilmiştir.

Hata Payının Minimize Edilmesi: İnsan elinden kaynaklanan montaj kaymaları ve film pozlama hataları dijital otomasyonla sıfıra indirilmiştir. Bu hassasiyet, doğrudan kağıt ve mürekkep firesinin azalması anlamına gelmektedir.

Çevresel Sürdürülebilirlik: Geleneksel fotoğraf kimyasallarına olan bağımlılığın azalması, matbaaların çevreye zararlı atık üretimini sınırlamış ve daha "yeşil" bir üretim bandı oluşturmuştur.

CTP teknolojisinin gazete yayıncılığına kazandırdığı en kritik değer ise "operasyonel çeviklik" olmuştur. Özbey (2007) tarafından belirtildiği gibi, yazı işlerinden çıkan sayfalar uydu hatları veya yüksek hızlı iletişim linkleri üzerinden basım merkezlerine saniyeler içinde ulaşmakta ve anında kalıplanarak baskıya girebilmektedir. Bu durum, haberciliğin en büyük sancısı olan baskı ve dağıtım arasındaki zaman problemini büyük ölçüde çözmüştür.

Ofset baskı kalitesinin bugünkü kusursuz seviyeye ulaşmasındaki en büyük etken, mizanpaj ile matbaa arasındaki tüm analog engelleri kaldıran bu dijital köprüdür. Elbette yerel basında geleneksel usuller yer yer varlığını sürdürse de, modern gazetecilikte artık pikaj, manuel renk ayrımı ve fiziksel montaj gibi kavramlar tarihin tozlu raflarına kalkmıştır (Çelik, 2013). CTP, tasarımın doğrudan makineye bağlı aracı sistemlere (RIP) gönderildiği, hatasız ve yüksek çözünürlüklü bir yayıncılık ekosisteminin kapılarını sonuna kadar açmıştır. Bu teknolojik eşik, gazetenin fiziksel varlığını korurken mutfağını tamamen dijitalleştirmiş ve onu bir sonraki aşama olan "kişiselleştirilmiş dijital baskı" dünyasına hazırlamıştır.

1.4. Dijital Baskı Teknolojileri ve Yayıncılıkta "Kişiselleşme" Evresi

Yazılı basının geleceğini planlayabilmek ve sektörün sürdürülebilirliğini modern çağın şartlarına uyarlayabilmek adına; değişen tüketici tercihleri, medya sektöründeki teknolojik ivmelenme, yeni ticari modeller ve küresel ekonomik dalgalanmaların finansal yansımaları bütüncül bir bakış açısıyla incelenmelidir (Kanaat vd., 2019). Bu bağlamda dijital baskı teknolojileri, geleneksel ofset sistemlerin hantal ve yüksek maliyetli yapısına karşı en güçlü alternatif olarak konumlanmaktadır. Geleneksel yöntemlerdeki "binlerce baskı zorunluluğu", yerini artık tek bir kopyanın bile ekonomik olarak basılabildiği esnek bir yapıya bırakmıştır.

Dijital baskı sistemlerinin en ayırt edici özelliği, üretim sürecinin kısalığı ve herhangi bir fiziksel kalıp hazırlığına ihtiyaç duymamasıdır. Kalıpsız baskı prensibi, tasarımların kolay ve hızlı şekilde tekrarlanabilmesine, hatalı görülen noktalara anında müdahale edilebilmesine olanak tanır. Bu teknoloji sayesinde deneme baskıları alınarak renk ve kalite ayarları saniyeler içinde optimize edilebilmektedir. Özellikle düşük maliyetli ve kısa tirajlı üretimler, yayıncıların ve tasarımcıların üzerindeki "fire korkusunu" kaldırarak yaratıcı süreçte daha cesur ve özgür

tercihler yapabilmelerinin önünü açmıştır (Tunçel, 2019). Dijital baskı, yayıncılığı bir endüstriyel kitle üretiminden ziyade, sanatçı ve editörün doğrudan kağıda dokunduğu butik bir tasarım sürecine dönüştürmüştür.

Zaman ve maliyet tasarrufu sağlamasının yanı sıra dijital sistemler; "değişken veri baskısı" (variable data printing) yeteneğiyle öne çıkmaktadır. Her baskıda aynı sonucun alınabildiği tutarlı yapısı, verimliliği artırırken kişiye veya kuruma özel butik ürün taleplerini karşılamayı mümkün kılar. Bu durum, geleneksel iş süreçlerini takip eden devasa matbaaların dahi dijital sistemlere yatırım yapmasını zorunlu hale getirmiştir. Geleneksel yöntemlerde baskı adeti azaldıkça birim maliyet yükselirken, dijital baskıda bu maliyetin stabil kalması, küçük ölçekli işletmelere dev şirketler karşısında rekabet şansı tanımaktadır (Tunçel, 2019). Pazardaki niş ihtiyaçlara, tek seferlik özel baskılara ve düşük tirajlı yerel gazete projelerine odaklanan küçük işletmeler, dijitalin sunduğu bu demokratik üretim gücü sayesinde varlıklarını sürdürebilmektedir.

Teknolojinin gazete sayfasındaki fiziksel yansıması sadece baskı kalitesiyle sınırlı kalmamış, QR kod gibi etkileşimli araçlarla dijital dünyaya entegre olmuştur. 2000'li yılların sonundan itibaren yaygınlaşan bu teknoloji, okuyucuları kağıdın statik sınırlarından çıkararak ek videolara, interaktif anketlere ve dinamik içeriklere yönlendirmektedir (Roberts ve Saint, 2015). Bu entegrasyon, reklam verenler için de ölçülebilir ve doğrudan web sitesine yönlendiren yeni gelir modelleri yaratmıştır. Kişisel bir değerlendirme yapmak gerekirse; dijital baskı ve etkileşimli kodlar, gazeteyi sadece okunan bir kağıt parçası olmaktan çıkarıp, dijital evrenin fiziksel bir giriş kapısına dönüştürmüştür. Bu teknolojik sıçrama, yazılı basının dijitalleşme karşısında yok olmaktan ziyade, onunla hibrit bir şekilde nasıl yaşayabileceğini kanıtlamaktadır.

1.5. Teknolojik Hızın Dijital Medyayı Doğurması ve Medya Ekonomisi

Basım endüstrisi, verimlilik standartlarını yükseltmek amacıyla uzun süredir büyük veri (big data) analitiğini operasyonel süreçlerine dahil etmektedir. Bu süreçte bilişim ve enformasyon teknolojilerine yapılan devasa yatırımlar, matbaayı sadece bir üretim alanı olmaktan çıkarıp dijital bir ekosisteme dönüştürmüştür. Günümüzde çok işlevli ve yüksek kapasiteli dijital yazıcılar, artık basit birer çıktı cihazı değil; bilgiyi işleyen, depolayan ve yöneten birer "server" (sunucu) işlevi görmektedir. Ancak Fernandes'in (2017) belirttiği gibi, dijital baskı sistemlerinin küresel ağlara bu denli entegre olması, onları siber saldırılara karşı savunmasız hale getirme riskini de taşımaktadır. IP filtreleme, kimlik yönetimi, PIN kodları ve ses biyometrisi gibi ileri düzey tanımlama algoritmaları bu tehditleri minimize etmeyi amaçlasa da; baskı ve yazdırma ortamlarının korunması, gelecekte bilgi teknolojileri yatırımlarının matbaa sektörünün ayrılmaz bir parçası olacağını göstermektedir. Bu durum, matbaacılığın artık bir mekanik ustalık alanı olmaktan çıkıp yazılımsal bir uzmanlık alanına evrildiğinin en net kanıtıdır.

Teknolojik dönüşümün bir diğer ayağı ise hayatta kalma mücadelesi veren yazılı basının ekonomik yapısıdır. Gazeteler, dijitalin hızı karşısında ayakta kalabilmek için tirajlarını artırmak ve sürekli bir büyüme trendi yakalamak zorundadır. Ancak bu rekabet ortamında, fiyat ve dağıtım dışındaki unsurlar da büyük önem kazanmış; "tutundurma faaliyetleri" stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir (Kuyucu, 2012). Yazılı basının finansal yapısını sarsan en önemli faktör, kontrol edilemeyen maliyet artışlarıdır. Kağıt, boya, elektrik, haberleşme ve personel giderlerindeki artışlar doğrudan ürün fiyatlarına yansımakta; bu durum kısa vadede pazar payını koruyor gibi görünse de uzun vadede tirajın dramatik şekilde düşmesine yol açmaktadır. Ekonomik bir yorum olarak; dijitalin "maliyetsiz" ya da "düşük maliyetli" haber sunumuyla rekabet etmeye çalışan basılı gazete, fiziksel üretim maliyetlerinin baskısı altında bir varoluş krizi yaşamaktadır.

İnsanlık tarihine baktığımızda, davul sesleri ve duman işaretleriyle başlayan iletişim serüveninin telgraf, radyo ve televizyon duraklarından geçerek internete ulaşması, aslında habere erişim alışkanlıklarımızın doğal bir evrimidir. Zaman içinde mobil teknolojilerin hayatımıza girişi, insanları çoklu ortamda (multimedia) haberleşme noktasına getirmiştir. Özçağlayan'ın (2014)

vurguladığı üzere, bu gelişmeleri gazetelerin "yok olacağı" şeklinde okumak yerine, onların birer "araç değişikliği" yaşadığını kabul etmek daha doğru bir yaklaşımdır. Geleneksel gazeteciler artık içeriklerini zenginleştirerek tüm dünyayı saran iletişim ağlarına adapte olmaktadır. Kullanıcılar artık kendi yaşam tarzlarına ve alışkanlıklarına bağlı olarak hangi araca ulaşacaklarına bizzat karar vermektedir. Online enformasyon akışı, çağın hızıyla uyumlu olarak doğmuş ve gelişmiştir. Bir ekrandan gazete okumak, kağıdın verdiği o dokunsal hazzı ve geleneksel okuma alışkanlığını tam anlamıyla ikame edemese de; teknolojiyle iç içe büyüyen yeni nesiller için bu durum bir standart haline gelmektedir. İpod'un müzik endüstrisinde yarattığı yıkıcı ve yapıcı etkinin bir benzerini, bugün mobil cihazlar medya endüstrisi için gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak teknoloji, gazeteciliği ortadan kaldırmamakta; onu kağıdın fiziksel sınırlarından kurtararak dijitalin sınırsız evrenine taşımaktadır.

2. Tartışma ve Gelecek Öngörüleri

Türk basın tarihinde "yazılı basının geleceği" ve "geleneksel medyanın sorunları", akademik ve sektörel literatürde en çok tartışılan konuların başında gelmektedir. Tarihsel süreçte önce radyonun, ardından televizyonun ve son olarak internetin yarattığı sarsıcı etkiler, gazetelerin hayatta kalma süresine dair soruların dozunu her geçen gün artırmıştır. Bugün bu sorular, dijitalin mutlak hakimiyetiyle birlikte daha ciddi bir boyutta dile getirilmektedir. Dünya genelindeki benzer eğilimlere rağmen, Türkiye'deki yazılı basının durumu ekonomik ve sosyolojik parametreler nedeniyle daha olumsuz bir seyir izlemektedir. Birçok gazetenin basılı nüshalarına son vererek tamamen dijital platformlara çekilmesi, düşen tirajlar ve katlanan maliyetler karşısında bir hayatta kalma refleksi olarak değerlendirilmektedir. Kösedağ (2019) tarafından vurgulandığı üzere, bu tablo Türkiye'de basılı gazete ve dergilerin çok geçmeden tamamen geri planda kalacağına dair karamsar ama gerçekçi bir inancı pekiştirmektedir.

İnternetin kitleselleşmesi, medyanın bireysel ve toplumsal hayattaki yerini geleneksel işlevlerin çok ötesine taşımıştır. Günümüzde dijital gazetecilik, sadece bir dağıtım kanalı değil; haberin araştırılmasından üretimine kadar tüm süreçlerde dijital teknolojilerin kullanıldığı kapsayıcı bir ekosistemi ifade etmektedir. 1990'lardan bu yana süregelen dijitalleşme dalgası, klasik gazetecilik tanımlarını muğlaklaştırmış ve teknolojiyle iç içe doğan kuşakların (dijital yerliler) haber tüketim alışkanlıklarıyla birlikte tüm kitle iletişim araçlarını kendi içine çekmeye başlamıştır. Pakkan'ın (2022) belirttiği gibi, artık dijital teknolojilerden bağımsız bir gazetecilik faaliyeti yürütmek teknik olarak imkânsız hale gelmiştir. Bu durum, "dijital gazetecilik" ve "gazetecilik" terimlerinin zamanla eş anlamlı hale gelmesine yol açmış; interneti gazeteciliğin uygulandığı "dördüncü ana ortam" olarak konumlandırmıştır.

Çalışmanın önceki bölümlerinde detaylandırılan matbaa evriminin (sıcak dizgi, ofset, CTP ve dijital baskı) aslında dijitalleşmeye giden yolun yapı taşları olduğu görülmektedir. Matbaadaki mekanik hantallığın yerini alan CTP ve dijital baskı sistemleri, haberi "fiziksel bir nesne" olmaktan çıkarıp "akışkan bir veri" haline getirmiştir. Ancak bu teknolojik hız, beraberinde ekonomik bir paradoksu da getirmiştir. Bir yanda dijitalin sunduğu düşük maliyetli yayılım imkânı bulunurken, diğer yanda basılı medyanın kağıt, mürekkep ve lojistik kıskacındaki varlık mücadelesi yer almaktadır. Tartışmanın bu noktasında, gazetenin "yok olup olmayacağı" sorusundan ziyade, "hangi formda varlığını sürdüreceği" sorusu önem kazanmaktadır.

Gelecek öngörülerine göre, basılı gazete kitlesel bir haber kaynağı olma özelliğini tamamen yitirse bile, nitelikli tasarım ve derinlemesine analizin sunulduğu bir "prestij nesnesi" olarak niş bir alanda varlığını koruyabilir. Ancak ana akım habercilik; büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli içerik üretimi ve siber güvenlik protokolleriyle donatılmış tamamen dijital bir karakter sergileyecektir. Bu dönüşüm, bir son değil; matbaanın kurşun tozlu odalarından bulut tabanlı sistemlere uzanan evrimsel bir sıçramadır. Sonuç olarak, yayıncılık pratikleri fiziksel sınırları aşmış; hız, etkileşim ve kişiselleştirme odaklı yeni bir medya düzenine tam entegrasyon sağlamıştır.

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, gazeteciliğin tarihsel serüvenini baskı teknolojilerindeki dönüşüm ekseninde inceleyerek, haberciliğin fiziksel bir metadan dijital bir veriye evrilme sürecini ortaya koymuştur. Gutenberg'in matbaayı icadıyla başlayan süreç, haberin kitlelere ulaştırılmasında devrimsel bir rol oynamış; ancak günümüzün dijital hız çağı, bu fiziksel üretim modellerini köklü bir değişimle karşı karşıya bırakmıştır. Çalışma boyunca detaylandırılan sıcak dizgi, ofset ve CTP (Computer to Plate) teknolojileri, aslında matbaanın sadece hızlanmasını değil, aynı zamanda dijital medya ekosistemine eklemlenmesini sağlayan teknik basamaklar olmuştur.

Elde edilen bulgular doğrultusunda şu temel sonuçlara ulaşılmıştır:

Teknolojik Evrim ve Hız: Baskı teknolojisindeki her sıçrama, haberin üretim süresini kısaltmış ve görsel kaliteyi artırmıştır. Ancak bu hızlanma, geleneksel gazeteyi dijital platformlarla rekabet edebilir kılmaya yetmemiş; aksine onu dijitalin bir parçası olmaya zorlamıştır.

Ekonomik Zorunluluklar: Artan kağıt ve üretim maliyetleri, yazılı basının ekonomik sürdürülebilirliğini sarsmaktadır. Dijital baskının sunduğu düşük tirajlı ve kişiselleştirilmiş üretim imkânları, yerel ve butik yayıncılık için bir çıkış yolu sunsa da, ana akım medyanın dijital mecralara kayması kaçınılmaz görünmektedir.

Hibrit Yayıncılık Modeli: QR kodlar ve artırılmış gerçeklik gibi uygulamalar, fiziksel gazetenin dijital dünya ile savaşmak yerine ona bir giriş kapısı (gateway) olarak hizmet edebileceğini göstermiştir. Gazete artık tek başına bir haber kaynağı değil, çok kanallı bir iletişim ağının fiziksel bir parçasıdır.

Öneriler

Çalışmanın sonuçları ışığında, yazılı basının geleceğine dair şu öneriler sunulabilir:

Prestij ve Nitelikli İçerik Odaklılık: Gazeteler, hız yarışını dijitale bırakmalı; bunun yerine derinlemesine analiz, kaliteli tasarım ve saklanabilir içeriklere odaklanarak bir "prestij nesnesi" formuna bürünmelidir.

Dijital Entegrasyonun Derinleştirilmesi: Yayıncılar, sadece PDF formatında gazete sunmakla kalmamalı; basılı sayfayı interaktif hale getiren yeni nesil baskı teknolojilerine ve veri güvenliğine (siber güvenlik) daha fazla yatırım yapmalıdır.

Yeni Gelir Modelleri: Geleneksel reklam modellerinin yerini alan veri odaklı ve kişiselleştirilmiş dijital reklam stratejileri, basılı mecralarla hibrit bir yapıda kurgulanmalıdır.

Sonuç olarak; gazetecilik "yok olmamakta", sadece kabuk değiştirmektedir. Matbaanın kurşun tozlu odalarından dijitalin sonsuz ağlarına uzanan bu yolculukta, haberciliğin özü (doğru bilgiye erişim) korunmalı, ancak sunum yöntemleri çağın teknolojik dinamiklerine göre yeniden inşa edilmelidir.

KAYNAKÇA

Alp, H., & Altın, M. S. (2023). Basılı gazetelerden dijital platformlara: Medya tüketimindeki paradigma kayması. Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi, 7(20), 364-383.

Becer, E. (2011). İletişim ve Grafik Tasarım. Dost Kitabevi Yayınları.

Bulunmaz, B. (2011). Yeni medya eski medyaya karşı: Savaşı kim kazandı ya da kim kazanacak? Karadeniz Teknik Üniversitesi İletişim Araştırmaları Dergisi, 4(1), 22-29.

Çakır, H. (2007). Geleneksel gazetecilik karşısında internet gazeteciliği. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22, 123-149.

Çelik, İ. B. (2013). Türkiye'de gazete sayfa tasarımının 80'li yıllardaki teknolojik dönüşümü ve Cafer Yarkent'in bu süreçteki rolü [Yüksek lisans tezi, İstanbul Arel Üniversitesi].

Fernandes, L. (2017, 13 Aralık). What next? Six trends for the print industry in 2018. Quocirca. Erişim Tarihi: 11 Nisan 2026, https://quocirca.com/content/next-six-trends-print-industry-2018/

İnuğur, N. (1982). Basın yayın tarihi. Çağlayan Kitabevi.

Kanaat, E. E., Büyükbaykal, C. I., & Büyükbaykal, G. (2019). Dijital dönüşüm ve yazılı basın üzerindeki etkileri. Turkish Studies, 14(7), 3799-3817.

Kipphan, H. (2001). Handbook of print media: Technologies and production methods. Springer.
Kösedağ, M. S. (2019, 26-28 Eylül). Türkiye'de yazılı basının sonu mu geliyor? Gazete tirajları üzerinden genel bir değerlendirme [Bildiri sunumu]. 1. Uluslararası İletişim ve Yönetim Bilimleri Kongresi, Türkiye.
Kuyucu, M. (2012). Türkiye'de Medya Ekonomisi. Esen Kitap.
Mora, N. (2012). Sözden internete gazetecilik. İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi, 15, 105-121.
Özbey, K. (2007). Gazete baskısında renk yönetim sisteminin uygulanması [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].
Özçağlayan, M. (2014). Gazetelerin gelişimi ve gazeteciliğin geleceği. Marmara İletişim Dergisi, 13(13), 131-159.
Pakkan, Ş. (2022). Gazeteciliğin Geleceği. Nobel Akademik Yayıncılık.
Topuz, H. (2003). II. Mahmut'tan Holdinglere Türk Basın Tarihi. Remzi Kitabevi.
Tunçel, O. (2019). Dijital çağda baskı teknolojileri. Sanat ve Tasarım Dergisi, (23), 361-377.
Uçar, T. F. (2004). Görsel İletişim ve Grafik Tasarım. İnkılâp Kitabevi.

İŞTİKÂK İLMİNİN KUR'ÂN YORUMUNA ETKİSİ

Salih TERZİ
Bolu Abant İzzet Baysal University, Institute of Postgraduate Education, Department of Basic Islamic Sciences14030, Gölköy, Bolu
ORCID: 0000- 0003-0321-8606

ÖZET
Kur'ân'ın anlaşılmasında Arap diline ait ilmî disiplinlerin önemli bir yeri bulunmaktadır. Klasik kaynaklarda müfessirin bilmesi gereken ilimler arasında zikredilen iştikâk ilmi, kelimeler arasındaki kök ve anlam ilişkilerini inceleyen yapısıyla, özellikle tefsir ilminde müfessirlerin anlam tercihlerine yön veren temel unsurlardan biri olarak dikkat çekmektedir. Bir kelimenin hangi kökten türediği, hangi anlam alanına ait olduğu yahut hangi iştikâk ilişkisi içerisinde değerlendirildiği; ayetin anlam çerçevesini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu yönüyle iştikâk, yalnızca sarf ve lugat ilimlerinin konusu olmayıp aynı zamanda tefsirde anlamın şekillenmesinde etkili olan önemli bir yorum aracıdır. Bu çalışmada öncelikle iştikâk kavramının mahiyeti, tarihî gelişim süreci ve çeşitleri ele alınmakta; iştikâk-ı sağîr, kebîr ve ekber gibi tasniflerin klasik dil anlayışı içerisindeki yeri değerlendirilmektedir. Ardından iştikâkın kök-anlam ilişkisi üzerindeki etkisi ile tefsirle olan ilişkisi incelenerek, müfessirlerin lafız-kök ilişkisi üzerinden geliştirdikleri anlam yaklaşımları ortaya konulmaktadır. Çalışmanın uygulama bölümünde ise Kur'ân'dan seçilen bazı kelimeler üzerinden iştikâkın tefsire etkisi örneklerle ele alınmaktadır. Bu bağlamda tespit edilen kelimeler üzerinden rivayet ve dirayet tefsirleri başta olmak üzere, tefsir tarihinin erken dönemlerinden günümüze kadar farklı dönemlerde kaleme alınmış eserlerdeki yorumlar mukayeseli şekilde değerlendirilmektedir. Böylece aynı lafzın farklı iştikâk ihtimalleri doğrultusunda yeni anlam katmanları kazandığı ve bunun tefsirde yorum çeşitliliğine nasıl zemin hazırladığı ortaya konulmaktadır. Çalışma neticesinde iştikâkın, Kur'ân tefsirinde yalnızca yardımcı bir dil unsuru olmadığı; aksine müfessirlerin anlam alanını genişleten, yorum imkânlarını artıran ve tefsir geleneğinin zenginleşmesine katkı sağlayan önemli bir unsur olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kur'ân, Tefsir, İştikâk, Anlam, Arap Dili.

THE INFLUENCE OF ISHTIQĀQ (MORPHOLOGICAL DERIVATION) ON QUR'ANIC EXEGESIS

ABSTRACT
The sciences of the Arabic language occupy a central position in the interpretation of the Qur'an. Among the disciplines that classical scholars regarded as indispensable for the mufassir (exegete), the science of ishtiqāq (morphological derivation) emerges as one of the principal factors guiding exegetical interpretation due to its examination of the semantic and root-based relationships between words. The root from which a word is derived, the semantic field to which it belongs, and the derivational framework within which it is analyzed may directly shape the interpretive boundaries of a Qur'anic verse. In this respect, ishtiqāq is not merely a branch of morphology and lexicography, but also a significant hermeneutical instrument that contributes to the construction of meaning in Qur'anic exegesis. This study first examines the conceptual framework of ishtiqāq, its historical development, and its various classifications. In particular, it evaluates the position of categories such as al-ishtiqāq al-asghar (minor derivation), al-ishtiqāq al-kabīr (major derivation), and al-ishtiqāq al-akbar (supreme derivation) within the classical Arabic linguistic tradition. The study then explores the influence of derivation on the relationship between root and meaning, together with its function in tafsir, thereby revealing the semantic

approaches developed by exegetes through root-word associations. In the applied section of the study, the influence of ishtiqāq on Qur'anic exegesis is analyzed through selected Qur'anic vocabulary. Within this framework, interpretations presented in exegetical works composed from the formative period of tafsir to the modern era are comparatively examined, with particular emphasis on both riwāyah-based and dirāyah-based exegetical traditions. The analysis demonstrates how a single lexical form may acquire multiple layers of meaning through different derivational possibilities and how such possibilities contribute to interpretive diversity within the exegetical tradition. The study concludes that ishtiqāq is not merely an auxiliary linguistic element in Qur'anic exegesis; rather, it constitutes a substantial interpretive mechanism that broadens semantic horizons, expands exegetical possibilities, and contributes significantly to the enrichment of the tafsir tradition.
Keywords: Qur'an, Tafsir, Ishtiqāq, Morphological Derivation, Semantics, Arabic Language

GİRİŞ

Kur'ân, lafız ve mana bütünlüğü içerisinde anlaşılması gereken ilâhî bir hitaptır. Bu hitabın Arap diliyle nazil olması, kelimelerin yalnızca zahirî anlamlarıyla değil, bağlı bulundukları kök, yapı ve kullanım ilişkileriyle birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Zira Arapçada kelimeler çoğu zaman belirli kök harfler etrafında şekillenmekte; aynı kökten türeyen lafızlar arasında anlam bakımından çeşitli münasebetler kurulmaktadır. Bu durum, Kur'ân lafızlarının yorumunda dil ilimlerinin niçin önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

Klasik tefsir geleneğinde müfessirler, ayetlerde geçen kelimeleri açıklarken sadece kelimenin sözlük anlamıyla yetinmemiş; lafzın kökünü, türeme biçimini, bağlam içindeki kullanımını ve aynı kökten gelen diğer lafızlarla ilişkisini de dikkate almışlardır. Bu noktada iştikâk, lafızların anlam alanını belirlemede ve muhtemel yorumlar arasında tercih yapmada önemli bir imkân sunmuştur. Bir kelimenin farklı köklerle irtibatlandırılması yahut aynı kökün farklı anlam yönleriyle açıklanması, ayetin yorumunda farklı anlam kapılarının açılmasına sebep olabilmektedir.

Bu sebeple iştikâk, yalnızca sarf veya lugat ilminin teknik bir konusu olarak görülmemelidir. Tefsir açısından bakıldığında iştikâk, lafzın anlam sınırlarını tayin eden, bağlamla kök anlam arasında irtibat kuran ve müfessirin yorum tercihini etkileyen bir dil unsurudur. Kur'ân kelimelerinin anlam dünyasına nüfuz edebilmek için bu ilişkinin dikkate alınması hem klasik tefsir mirasının anlaşılması hem de lafız merkezli yorum yöntemlerinin ortaya konulması bakımından önem arz etmektedir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada iştikâkın Kur'ân yorumuna etkisi, klasik dil kaynakları ve tefsir literatürü esas alınarak incelenmiştir. İlk aşamada iştikâkın tanımı, tarihî gelişimi ve türleri ele alınmış; daha sonra kök-anlam ilişkisinin tefsirde nasıl kullanıldığı örnekler üzerinden değerlendirilmiştir. Araştırmanın uygulama kısmında Bakara 2/205'te geçen "تولّى", Kamer 54/2'de geçen "مستمرّ" ve Âl-i İmrân 3/180'de geçen "سَيُطَوَّقُونَ" lafızları incelenmiştir.

Araştırmada iştikâkın yalnızca lafızlar arasındaki harf benzerliğine dayanmadığı; lafızlar arasında yapı, kök ve anlam bakımından bir uygunluk bulunmasını gerektirdiği görülmüştür. Cürcânî, Tehânevî ve Kâtip Çelebi gibi müelliflerin tanımlarında bu husus açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede iştikâk, kelime türetme faaliyetinin yanında lafızlar arasındaki anlam bağını tespit eden bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

İştikâk türleri bakımından yapılan incelemede, klasik kaynaklarda iştikâk-ı sağîr, kebîr ve ekber tasnifinin öne çıktığı; modern dönemde ise bu tasnifin kübbâr/naht başlığıyla genişletildiği görülmüştür. İştikâk-ı sağîrde aslî harfler ve tertip korunurken, iştikâk-ı kebîrde harflerin yer değiştirmesine rağmen ortak anlam ilişkisi aranmıştır. İbn Cinnî'nin جبر، بجر، برج ve جرب

lafızlarını kuvvet ve şiddet anlamı etrafında değerlendirmesi, bu türün temel örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

Tefsir örneklerinde müfessirlerin Kur'ân lafızlarını açıklarken kelimenin kökünü, aynı kökten gelen kullanımları ve ayetin bağlamını birlikte dikkate aldıkları görülmüştür. "تولّى" lafzında "التولية" ve "الولاية" yönleri; "مستمرّ" lafzında "المُرُور" ve "المِرَّة" yönleri; "سَيُطَوَّقُونَ" lafzında ise "الطوق" ve "الطاقة" yönleri müfessirlerin yorumlarında belirleyici olmuştur.

Bu inceleme sonucunda, aynı lafzın farklı kök veya anlam yönleriyle ilişkilendirilmesinin tefsirde farklı anlam imkânları doğurduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte müfessirlerin bu anlam ihtimallerini sınırsız biçimde kullanmadıkları; ayetin bağlamı, rivayetler ve Arap dilinin kullanım özellikleri çerçevesinde değerlendirdikleri görülmüştür. Bu yönüyle iştikâk, hem anlam alanını genişleten hem de yorum ihtimallerini belirli ölçüler içinde tutan bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.

1. İŞTİKÂK KAVRAMI VE ISTILAHÎ ÇERÇEVESİ

İştikâk ilmi, Arap dilinde bir kelimeden başka bir kelime türetmeyi ve kelimeler arasındaki türeme ilişkilerini inceleyen bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır. İştikâk lafzı, ش-ق-ق kökünden türemiş olup "yarılmak", "iki parçaya ayrılmak" ve "bir şeyin parçası" gibi anlamlara gelmektedir (İbn Fâris, 1979, 3/170; el-Fîrûzâbâdî, 2005, s. 898). Kur'ân-ı Kerîm'de bu kök, toprağın, göğün ve yerin yarılması anlamlarında kullanılmaktadır (Abese 80/26; el-Hâkka 69/16; Kāf 50/44). Bunun yanında iftiʿâl babındaki kullanımıyla iştikâk, "bir kelimeden başka bir kelime türetmek" anlamını da ifade etmektedir (el-Cevherî, 1987, 4/1503).

Seyyid Şerîf el-Cürcânî, iştikâkı "iki lafız arasında mana ve terkip bakımından uygunluk bulunması ve sîga bakımından farklı olmaları şartıyla bir lafzın diğerinden türetilmesi" şeklinde tanımlamaktadır (el-Cürcânî, 1983, s. 28). Bu tanımda iştikâkın yalnızca harf benzerliğine dayanmadığı, aynı zamanda mana ve yapı bakımından da ortaklık gerektirdiği vurgulanmaktadır. Abdülkāhir el-Cürcânî de "ضارب" ve "مضروب" lafızlarını "ضرب" köküyle ilişkilendirirken, yalnızca anlam yakınlığının iştikâk ilişkisi kurmak için yeterli olmadığını ifade etmektedir (el-Cürcânî, 1987, s. 62).

Tehânevî, iştikâkı ilmî ve amelî olmak üzere iki yönüyle ele almaktadır. Ona göre ilmî yön, lafızlar arasındaki anlam ve yapı ilişkisini tespit etmeyi; amelî yön ise bir lafızdan başka bir lafız türetilmesini ifade etmektedir (Tehânevî, 1996, 1/206). Böylece iştikâk, yalnızca şekilsel bir türetim faaliyeti değil, aynı zamanda lafızlar arasındaki anlam ve yapı ilişkisini açıklayan teorik bir çerçeve olarak değerlendirilmektedir.

Kâtip Çelebi, iştikâkı kelimeler arasındaki aslîlik-ferʿîlik ilişkisini inceleyen bir ilim olarak değerlendirmektedir. Ona göre bu ilim, lafızların birbirinden hangi esaslara göre türediğini ve aralarındaki münasebetin neye dayandığını araştırmaktadır (Kâtip Çelebi, 2021, 1/450).

2. İŞTİKÂK İLMİNİN ORTAYA ÇIKIŞI VE TARİHÎ GELİŞİMİ

Arapçanın kök esaslı dil yapısı, kelimeler arasındaki türeme ve anlam ilişkilerinin erken dönemden itibaren incelenmesine zemin hazırlamıştır. Bu süreçte Kur'ân lafızlarının aslî harfleri ve türevleri arasındaki münasebetlerin tespiti önemli bir yer tutmuştur. Nitekim Râgıb el-İsfahânî, Kur'ân lafızlarını aslî harflerini esas alarak ele aldığını ve türev lafızlar arasındaki münasebetlere dikkat ettiğini belirtmektedir (el-İsfahânî, 1992, 55). İbn Fâris'in dil anlayışında kelimeler, bağlı bulundukları kökün aslî anlamı etrafında değerlendirilir. Nitekim müellif, Arap dilinde sahih "ölçüler" ve bu ölçülerden türeyen asıl anlamlar bulunduğunu belirterek her kökü ortak bir anlam merkezine bağlamaya çalışır. Bu yaklaşım, iştikâkın yalnızca lafız türetme değil, aynı kökten gelen kelimeler arasındaki anlam ilişkisini tespit etme yönünü de ortaya koymaktadır (İbn Fâris, 1979, 2/115).

İştikâk ilminin gelişiminde, kelimeler arasındaki asl–ferʿ ilişkisi önemli tartışma konularından biri olmuştur. Basralılar mastarı, Kûfeliler ise fiili asl kabul etmiş; böylece iştikâk meselesi nahiv ekolleri arasında teorik boyutu bulunan temel dil tartışmalarından biri hâline gelmiştir (el-Enbârî, 2003, 1/190-191).

İştikâk anlayışının sistematikleşmesinde Halîl b. Ahmed'in geliştirdiği taklîb sistemi önemli rol oynamıştır. Halîl, aynı kök harflerinden oluşan farklı dizilimleri birlikte değerlendirerek Arapça lafızların mümkün tertiplerini tespit etmeye çalışmıştır (Halîl b. Ahmed, 1988, 1/49-50). Bu yaklaşım, İbn Cinnî'de daha teorik bir çerçeve kazanmış; müellif iştikâkı lafız ve anlam ilişkisi bakımından ele alarak sağîr ve kebîr şeklinde tasnif etmiştir (İbn Cinnî, 2008, 2/135-140). Klasik dönemde iştikâk genellikle sağîr, kebîr ve ekber şeklinde ele alınırken, modern dönemde Abdullah Emin nahtı da dikkate alarak tasnifi sağîr, kebîr, ekber ve kübbâr başlıkları altında genişletmiştir (Abdullah Emin, 2000, 1).

3. İŞTİKÂKIN ÇEŞİTLERİ

İştikâk kavramı erken dönem dil çalışmalarında mevcut olmakla birlikte, onu sistematik biçimde ele alan en önemli isim İbn Cinnî'dir. İbn Cinnî, iştikâkı sağîr ve kebîr şeklinde iki ana başlık altında incelemiş; bu tasnif sonraki dönem dil çalışmalarına da zemin hazırlamıştır (İbn Cinnî, 2008, 2/135).

es-Sekkâkî, Seyyid Şerîf el-Cürcânî ve Tehânevî iştikâkı sağîr, kebîr ve ekber şeklinde üçlü bir tasnifle ele almıştır (es-Sekkâkî, 1987, 15; el-Cürcânî, 1983, 27; Tehânevî, 1996, 1/207). es-Süyûtî ise iştikâkın sağîr ve ekber türlerine değinerek İbn Cinnî'nin yaklaşımını aktarmıştır (es-Süyûtî, 1998, 1/275). Modern dönemde Abdullah Emin, iştikâk türlerini sağîr, kebîr, ekber ve kübbâr başlıkları altında ele alarak klasik tasnifi genişletmiştir (Abdullah Emin, 2000, s. 2).

3.1. İştikâk-ı Sağîr

İştikâk kavramı mutlak olarak kullanıldığında genellikle iştikâk-ı sağîr kastedilmektedir. Bu tür, kelimelerin çekimlerini esas alması sebebiyle "el-iştikâku's-sarfî" olarak da adlandırılmıştır (Tehânevî, 1996, 1/206-207; Kılıç, 2001, 23/439-440). İştikâk-ı sağîr, iki lafız arasında harf ve tertip bakımından uygunluk bulunmasına dayanmaktadır (el-Cürcânî, 1983, 27). İbn Cinnî ise bu türü, sîga ve yapıları farklı olsa da lafızları ortak bir anlam etrafında birleştiren türetim biçimi olarak değerlendirmiştir (İbn Cinnî, 2008, 2/136). Süyûtî'ye göre iştikâk-ı sağîr, aynı kökten türeyen lafızların farklı sîga ve yapılardaki kullanım ilişkisi üzerinden anlaşılabilmektedir. Nitekim aynı kökten türeyen lafızlar yapı bakımından farklılaşsa da ortak bir anlam ekseninde birleşmektedir (es-Süyûtî, 1998, 1/275). Buna göre iştikâk-ı sağîr, aslî harfler ve bunların dizilişi korunarak kelimenin farklı kalıplara aktarılmasıyla gerçekleşen türetim türüdür.

3.2. İştikâk-ı Kebîr

İştikâk-ı kebîr, harflerin yer değiştirmesine dayandığı için "kalb-i mekânî" ve "taklîbü'l-iştikâk" adlarıyla da anılmaktadır (Kılıç, 2001, 23/439-440).İbn Cinnî, bu tür iştikâkı aynı harflerden oluşan farklı dizilimler arasında ortak anlam ilişkisi kurulması şeklinde açıklamış ve sülâsî bir kelimenin çeşitli taklîbleri arasında anlam birliği bulunduğunu belirtmiştir (İbn Cinnî, 2008, 2/136). Süyûtî de bu yaklaşımı aktararak farklı taklîbler arasında ortak anlam ilişkileri kurulabileceğini ifade etmiştir (es-Süyûtî, 1998, 1/276).

Abdullah Emin, iştikâk-ı kebîri harflerin takdîm ve te'hîri yoluyla anlam bakımından ilişkili yeni kelimeler türetilmesi şeklinde açıklarken, Seyyid Şerîf el-Cürcânî bunu lafız ve anlam bakımından uygunluk bulunmakla birlikte harf tertibinin farklılaşmasına dayanan bir iştikâk türü olarak tarif etmektedir (Abdullah Emin, 2000, 2; el-Cürcânî, 1983, 27). İbn Cinnî de جبر، بجر، برج ve جرب gibi kelimelerin kuvvet ve şiddet anlamı etrafında birleştiğini ifade ederek bu tür ilişkileri iştikâk-ı kebîr kapsamında değerlendirmektedir (İbn Cinnî, 2008, 2/137).

3.3. İştikâk-ı Ekber

İştikâk-ı ekber, iki kelime arasında mahreç veya sıfat bakımından yakın harflerin değişmesiyle ortaya çıkan anlam ilişkisini ifade etmektedir (Abdullah Emin, 2000, 2). Seyyid Şerîf el-Cürcânî ve Tehânevî gibi klasik dilciler, iştikâk-ı ekberi mahreç bakımından birbirine yakın harfler arasında kurulan anlam ilişkileri çerçevesinde değerlendirmiştir (el-Cürcânî, 1983, 27; Tehânevî, 1996, 1/207). İbn Cinnî, mahreç bakımından birbirine yakın harflerin bazı kullanımlarda birbirinin yerine geçebildiğini ve ses yakınlığının lafızlar arasında çeşitli ilişkiler doğurduğunu ifade etmektedir (İbn Cinnî, 2008, 2/145). İştikâk-ı ekberde lafızlar arasında bütün harflerin aynılığı değil, mahreç veya ses yakınlığı bulunan harfler üzerinden kurulan anlam ilişkisi dikkate alınmaktadır. Cürcânî bu çerçevede "نَعَقَ" ve "نَهَقَ" kelimelerini örnek verir. Bu iki lafızda "ن" ve "ق" harfleri ortak, değişen "ع" ve "ه" harfleri ise boğaz harflerindendir. Anlam bakımından da her iki kelime ses çıkarma ve bağırma anlam alanında birleşmektedir (el-Cürcânî, 1983, 27).

3.4. İştikâk-ı Kübbâr

Abdullah Emin, iştikâk-ı kübbâr kapsamında harflerin takdîm ve te'hîri yoluyla aynı anlam ekseninde yeni lafızların ortaya çıkmasını değerlendirmektedir. Müellif, جذبه ve جبذه lafızlarını buna örnek göstermiş; her iki kullanımın da "çekmek" anlamı etrafında birleştiğini ifade etmiştir (Abdullah Emin, 2000, 2). Klasik dilcilerin çoğunluğu bu iştikâk türünü "naht" olarak isimlendirmiştir. İbn Mâlik de nahtı, iki veya daha fazla kelimeden yeni bir lafız türetilmesi şeklinde değerlendirmiş; بَسْمَلَ ve سَبْحَلَ lafızlarını sırasıyla بِسْمِ الله ve سُبْحَانَ الله ifadelerinden türetilen kullanımlara örnek göstermiştir (İbn Mâlik, 1999, 317). İbn Fâris, nahtı Arap dilinde iki veya daha fazla kelimeden daha kısa ve tek bir lafız türetme yöntemi olarak değerlendirmiş ve Arapların iki kelimeden tek bir kelime meydana getirdiklerini ifade etmiştir (İbn Fâris, 1997, 209). Nitekim müellif, "صقب" ve "صعب" kelimelerinden türetilen "الصقعب" lafzını buna örnek vermektedir. Burada "صقب" uzunluk ve irilik, "صعب" ise sertlik ve çetinlik anlam alanına işaret etmekte; bu iki kelimeden türeyen "الصقعب" lafzı da uzun ve iri yapılı kimse anlamında kullanılmaktadır (İbn Fâris, 1979, 3/352).

4. İŞTİKÂK-ANLAM İLİŞKİSİ

İbn Cinnî, aynı harflerden türeyen farklı lafızların müşterek bir anlam etrafında birleştiğini ifade etmektedir. Ona göre ج-ب-ر harflerinden türeyen kelimeler kuvvet ve şiddet, ق-س-و harflerinden oluşan lafızlar ise sertlik ve kuvvet anlamlarıyla ilişkilidir. Böylece İbn Cinnî, harf dizilimlerindeki farklılığın anlam ilişkisini tamamen ortadan kaldırmadığını göstermeye çalışmıştır (İbn Cinnî, 2008, 2/136-137).

İbn Fâris, Arap dilindeki kelimelerin belirli aslî anlamlar etrafında şekillendiğini ifade etmekte; "فطر" maddesinde bu kökün "açmak ve ortaya çıkarmak" anlamına delalet ettiğini belirtmektedir (İbn Fâris, 1979, 1/3; 4/510).

Râgıb el-İsfahânî de "جدر" maddesinde bazı lafızların ortak bir anlam ekseni etrafında birleştiğini ifade ederek bu tür ilişkilerin "uṣûlü'l-iştikāḳ" kapsamında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir (el-İsfahânî, 1992, 189). Süyûtî, iştikâkın anlam üzerindeki etkisini açıklarken, bir ismin iki farklı kökten türediği kabul edildiğinde anlamın da bu köklere göre değişeceğini belirtmekte ve "المسيح" lafzını buna örnek göstermektedir. Buna göre "المسيح" kelimesi "المسح" köküyle ilişkilendirildiğinde "mesh edilmiş", "dokunarak iyileştiren" veya "günahlardan arındırılmış" gibi anlamlar öne çıkarken; "السياحة" köküyle ilişkilendirildiğinde "yeryüzünde dolaşan, seyahat eden" anlamı ön plana çıkmaktadır. Burada söz konusu olan, aynı harflerin yer değiştirmesine dayalı bir iştikâk ilişkisi değil; aynı lafzın iki farklı köke nispet edilmesiyle anlamın değişmesidir (es-Süyûtî, 1974, 4/214).

5. İŞTİKÂKIN TEFSİRDEKİ İŞLEVİ

Kur'ân'ın Arap diliyle nâzil olması sebebiyle iştikâk ilmi, ulûmu'l-Kur'ân literatüründe müfessirin ihtiyaç duyduğu temel dil ilimleri arasında değerlendirilmiştir. Nitekim ez-Zerkeşî, kelimelerin aslî köklerine döndürülmesini iştikâkla ilişkilendirirken; es-Süyûtî de lugat ve tasrîften sonra iştikâk ilmini zikrederek bunun tefsirdeki önemine dikkat çekmiştir (es-Süyûtî, 1974, 4/227; ez-Zerkeşî, 1957, 2/173).

Müfessirler, Kur'ân lafızlarını yorumlarken kelimelerin kök-anlam ilişkilerini de dikkate almışlardır. İbn Âşûr, "فاطر" lafzını "شقّ" anlamındaki "فطر" köküyle ilişkilendirerek yaratmanın başlangıç ve ortaya çıkarma yönüne dikkat çekmiştir (İbn Âşûr, 1984, 22/249). Zemahşerî ise "خلق" lafzını "takdir" ve ölçülü şekilde meydana getirme anlamı çerçevesinde açıklayarak lafzın iştikâkıyla ayetin bağlamı arasında ilişki kurmuştur (ez-Zemaḫşerî, 1987, 3/263).

Râzî, iştikâkı kelimeler arasındaki kök ve harf ilişkilerinin anlam üzerindeki etkisini açıklayan semantik bir yöntem olarak değerlendirmektedir (er-Râzî, 1999, 1/32). Ebû Hayyân da "إبليس" lafzını açıklarken yabancı kökenli isimlere Arapça iştikâk uygulanamayacağını belirterek iştikâkın yorumları sınırlandırıcı yönüne dikkat çekmiştir (Ebû Hayyân, 2000, 1/244).

6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

6.1. Tevellâ Kelimesi (Bakara 2/205)

وَإِذَا تَوَلَّىٰ سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفَسَادَ

"Hâkimiyeti ele aldığında ise ülkede bozgunculuk çıkarıp ürünleri ve nesilleri yok etmeye çalışır. Allah bozgunculuğu sevmez." (el-Bakara 2/205).

6.1.1. Kelime Analizi

"تولّى" fiili, "و-ل-ي" kökünden türemiştir. Râgıb el-İsfahânî, bu kökün aslî anlamını iki şey arasında yabancı bir unsur bulunmaksızın yakınlık ve bitişikliğin meydana gelmesi şeklinde açıklamakta; aynı kökten türeyen lafızların da bu yakınlık ilişkisi etrafında şekillendiğini belirtmektedir (el-İsfahânî, 1992, 885).

İbn Manẓûr'a göre "تولّى" fiili başlıca iki anlam yönüyle öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki, "وَلَّى عَنْهُ أَعْرَضَ عَنْهُ" kullanımında görülen yüz çevirme ve uzaklaşma anlamıdır ki bu kullanım "التولية" ile ilişkilidir. İkinci anlam ise "تولى العمل" ve "تولى أمور الناس" örneklerinde görülen yönetimi üstlenme ve idare etme anlamıdır. Bu kullanım da "الولاية" köküyle ilişkilendirilmektedir. Böylece lafız, bağlama göre hem yüz çevirme hem de yönetim ve otoriteyi üstlenme anlamlarında kullanılabilmektedir (İbn Manẓûr, 1993, 15/407-410).

6.1.2. Tefsirlerde Kullanımı

Taberî, Bakara 205. ayette geçen "تولّى" fiilini, İbn Abbas ve Mücâhid'den aktardığı rivayetler doğrultusunda münafığın Hz. Peygamber'in huzurundan ayrılması ve arkasını dönüp gitmesi şeklinde açıklamaktadır. Ayrıca İbn Cüreyc'den nakledilen bir rivayette ise kelimeye "öfkeyle yönelmek" anlamı verilmiş ve münafığın iç dünyasındaki düşmanlığın davranışa dönüştüğü ifade edilmiştir (eṭ-Ṭaberî, 2001, 3/582-583). Râzî de benzer şekilde lafzı iki vecih üzerinden değerlendirmekle birlikte, bağlama daha uygun gördüğü anlamın "arkasını dönüp gitmek" olduğunu ifade etmektedir (er-Râzî, 1999, 5/345-348).

Begavî ise Mücâhid ve Dahhâk'tan aktardığı rivayetler doğrultusunda kelimeyi "yönetimi ele geçirmek" anlamında değerlendirmektedir. Nesefî de benzer şekilde lafzın hem ayrılma hem de yönetimi üstlenme ihtimallerini zikretmekte; münafığın gerçek karakterinin otoriteyi ele geçirdiğinde ortaya çıktığını belirtmektedir (el-Beğavî, 2000, 1/263; en-Nesefî, 1998, 1/174). Ebû Hayyân ise lafzı yalnızca fiziksel ayrılık olarak değil, aynı zamanda ahlaki bir uzaklaşma şeklinde değerlendirmektedir (Ebû Hayyân, 2000, 2/328-331).

İbn Âşûr, lafzı filolojik açıdan ele alarak "التولية" köküne göre "arkasını dönmek", "الولاية" köküne göre ise "yönetimi üstlenmek" anlamlarının ortaya çıktığını belirtmektedir (İbn Âşûr, 1984, 2/268). Elmalılı Hamdi Yazır ve Seyyid Kutub da benzer şekilde kelimeyi hem ayrılma

hem de yönetimi ele geçirme anlamlarıyla değerlendirerek münafığın gerçek yüzünün denetimden uzaklaştığında ortaya çıktığını vurgulamıştır (Elmalılı, 2021, 1/805; Seyyid Kutub, 1991, 1/325-326).

Bu yorumlar dikkate alındığında "تولّى" lafzının, "التولية" kökü çerçevesinde yüz çevirme ve uzaklaşma; "الولاية" kökü çerçevesinde ise yönetim ve otoriteyi üstlenme anlamlarında yorumlandığı görülmektedir. Böylece kelimenin hangi kökle ilişkilendirildiği, ayetin anlam yönünün şekillenmesinde doğrudan etkili olmuştur.

6.2. مستمرّ Kelimesi (el-Kamer 54/2)

وَإِنْ يَرَوْا آيَةً يُعْرِضُوا وَيَقُولُوا سِحْرٌ مُسْتَمِرٌّ

"Onlar bir mucize görseler hemen yüz çevirip, 'Bu öteden beri bilinen bir sihir!' derler." (el-Kamer 54/2).

6.2.1. Kelime Analizi

"مستمرّ" lafzı, "م-ر-ر" kökünden türemiş olup ism-i fâil sigasında kullanılmaktadır. Râgıb el-İsfahânî, kelimenin kök anlamını geçiş, devamlılık ve sürüp gitme ekseninde değerlendirmektedir (el-İsfahânî, 1992, 763). İbn Manẓûr ve Zebîdî'nin lugat tahlillerinde ise kelimenin anlam alanının başlıca iki yönde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlardan ilki "المُرُور" anlamıdır. Bu kullanımda lafız; geçip gitme, sürüp gitme ve devam etme anlamlarını ifade etmektedir (İbn Manẓûr, 1993, 5/170; ez-Zebîdî, 1965-2001, 14/108). İkinci anlam yönü ise "المِرَّة" lafzıyla ilişkilidir. "المِرَّة" kelimesi lugatlerde güç, sağlamlık ve kuvvet anlamlarıyla açıklanmakta; bu anlam alanından hareketle "مستمرّ" lafzı güçlü, şiddetli, etkili ve tesiri ağır olan şey için kullanılmaktadır (İbn Manẓûr, 1993, 5/169; ez-Zebîdî, 1965-2001, 14/115). Buna göre kelime, bir taraftan "المُرُور" köküyle geçip gitme ve devam etme anlamına, diğer taraftan "المِرَّة" anlamıyla kuvvet ve etki manasına açılmaktadır. Lugat âlimlerinin bu tahlilleri dikkate alındığında müşriklerin "سِحْرٌ مُسْتَمِرٌّ" ifadesiyle Hz. Peygamber'in mucizesini ya "süregelen bir sihir" yahut "tesiri güçlü bir sihir" şeklinde nitelendirdikleri anlaşılmaktadır. Böylece kelimenin hangi kök anlam üzerinden değerlendirildiği, ayetin anlam yönünü doğrudan etkilemektedir.

6.2.2. Tefsirlerde Kullanımı

Taberî, "مستمرّ" lafzını müşriklerin mucizeyi gelip geçici bir sihir olarak nitelendirmeleri çerçevesinde değerlendirmekte; Mücâhid ve Katâde'den aktardığı rivayetlerde kelimeyi daha çok "geçip giden" anlamı etrafında açıklamaktadır (eṭ-Ṭaberî, 2001, 22/113-114). Kurtubî, lafzın hem "geçip giden/geçici" hem de "güçlü ve etkili" anlamlarına gelebileceğini belirtmektedir (el-Ḳurṭubî, 1964, 17/127-138). Ebû Hayyân da kelimeyi farklı anlam ihtimalleriyle ele almakta; "دائم" ifadesiyle lafzın süreklilik yönüne, "ذاهب" ifadesiyle geçip gitme anlamına, "مستحكم قويّ" ifadesiyle ise kuvvet ve tesir boyutuna işaret etmektedir. Özellikle lafzı "المِرَّة" köküyle ilişkilendirdiği yerde, kelimenin kuvvet ve etki anlamı öne çıkmaktadır (Ebû Hayyân, 2000, 8/176-177).

Şevkânî, "مستمرّ" lafzını kuvvet ve şiddet anlamı çerçevesinde değerlendirmekte; bu anlamı sağlam biçimde bükülmüş ip anlamıyla ilişkilendirmektedir (eş-Şevkânî, 1994, 5/145-146). Râzî ise kelimeyi iki yönlü açıklamaktadır. Müfessire göre "ذاهب" ifadesi lafzın "المُرُور" yani geçip gitme ve zeval anlamına işaret ederken, "المِرَّة" yönü kelimenin kuvvet ve sağlamlık anlamına açıldığını göstermektedir (er-Râzî, 1999, 29/290). Zemahşerî ve İbn Âşûr da kelimenin hem "المُرُور" kökü çerçevesinde geçicilik hem de "المِرَّة" kökü çerçevesinde kuvvet ve etkileyicilik anlamlarına işaret ettiğini belirtmektedir (ez-Zemaḫşerî, 1987, 4/431; İbn Âşûr, 1984, 27/172).

Kur'ân Yolu tefsirinde kelimeye "öteden beri bilinen sihir" anlamı verilerek müşriklerin mucizeyi sıradanlaştırma çabalarına dikkat çekilmiştir (Karaman vd., 2024, 5/184-185). Mâtürîdî ve Elmalılı da benzer şekilde lafzın mucizenin etkisini küçümseme amacıyla kullanıldığını ifade etmektedir (el-Mâtürîdî, 2005, 9/442-443; Yazır, 2021, 7/346-347).

Bu yorumlar dikkate alındığında "مستمرّ" lafzının, "المرور" kökü çerçevesinde geçicilik ve gelip geçme; "المِرَّة" kökü çerçevesinde ise kuvvet ve etkileyicilik anlamlarında yorumlandığı görülmektedir.

6.3. سَيُطَوَّقُونَ Kelimesi (Âl-i İmrân 3/180)

وَلَا يَحْسَبَنَّ الَّذِينَ يَبْخَلُونَ بِمَا آتَاهُمُ اللَّهُ مِن فَضْلِهِ هُوَ خَيْرًا لَّهُم ۖ بَلْ هُوَ شَرٌّ لَّهُمْ ۖ سَيُطَوَّقُونَ مَا بَخِلُوا بِهِ يَوْمَ الْقِيَامَةِ

"Allah'ın kendilerine lütfundan verdiği nimetlerde cimrilik edenler bunun kendileri için hayırlı olduğunu sanmasınlar. Bilakis bu onlar için kötüdür. Cimrilik ettikleri şey kıyamet gününde boyunlarına dolanacaktır." (Âl-i İmrân 3/180).

6.3.1. Kelime Analizi

"سَيُطَوَّقُونَ" lafzı, "ط-و-ق" kökünden türemiştir. İbn Manẓûr, kelimenin aslî anlamını "الطَّوْقُ" lafzı üzerinden boyna geçirilen halka ve kuşatıcı nesne şeklinde açıklamakta; "وَكُلُّ شَيْءٍ اسْتَدَارَ فَهُوَ طَوْقٌ" ifadesiyle de kelimenin kuşatma anlamına işaret ettiğini belirtmektedir. Bunun yanında lafzın "الطاقة" ve "الإطاقة" anlam alanlarıyla ilişkili olarak güç yetirme ve yükümlülük anlamlarında da kullanıldığını ifade etmektedir (İbn Manẓûr, 1993, 10/231-232).

Zebîdî de kelimeyi "الوسع والطاقة" çerçevesinde değerlendirerek lafzın güç yetirme ve yük taşımayla ilişkili anlamlarına dikkat çekmektedir (ez-Zebîdî, 1965-2001, 26/104). Râgıb el-İsfahânî ise "يُطَوَّقُونَ" lafzını yük ve sorumluluk anlamı çerçevesinde ele almakta; "يُحمّلون أن يتطوّقوا" ifadesiyle kelimenin kişiye ağır bir yük yüklenmesini ifade ettiğini belirtmektedir (el-İsfahânî, 1992, 533). Böylece lafzın hem boyna geçirilen somut bir halka hem de kişiyi kuşatan bir yük ve sorumluluk anlamında kullanıldığı görülmektedir.

6.3.2. Tefsirlerde Kullanımı

Taberî, "سَيُطَوَّقُونَ" ifadesini daha çok cimrilik edilen malın kıyamet günü kişinin boynuna halka şeklinde geçirilmesi anlamında değerlendirmektedir. Müfessir, aktardığı rivayetlerde malın yılan veya ateşten halka hâline gelerek kişiye azap vesilesi olacağını belirtmekte; Mücâhid'den nakledilen bir rivayette ise kelimenin, kişinin vermekten kaçındığı şeyi yüklenmesi anlamına geldiğini ifade etmektedir. Taberî, Hz. Peygamber'den nakledilen rivayetlerle desteklenen ilk görüşü daha güçlü kabul etmektedir (eṭ-Ṭaberî, 2001, 7/433-440).

Râzî, "**سَيُطَوَّقُونَ**" lafzını hem hakiki hem mecazî anlamlar çerçevesinde değerlendirmektedir. Ona göre lafız, kişinin boynuna halka geçirilmesi anlamına gelebileceği gibi, cimrilik ettiği şeyi yüklenmesi ve işlediği günahın sorumluluğunu taşıması şeklinde de anlaşılabilir (er-Râzî, 1999, 9/445). Ebû Hayyân ise kelimeyi "**الطاقة**" köküyle ilişkilendirmekte ve kişinin cimrilik ettiği şeyin cezasını yüklenmesi anlamını öne çıkarmaktadır (Ebû Hayyân, 2000, 3/452).

Zemahşerî, "**سَيُطَوَّقُونَ**" lafzını öncelikle mecazî anlamda değerlendirmekte; cimrilik edilen şeyin vebalinin boyna geçirilen halka gibi kişiye yüklenmesini ifade ettiğini belirtmektedir. Bununla birlikte müfessir, rivayetlerde geçen yılan ve ateşten halka tasvirlerini de tamamen dışlamamaktadır (ez-Zemahşerî, 1987, 1/446). Kuşeyrî ise lafzı daha çok manevi sorumluluk ve kişinin kendi fiilinin vebalini yüklenmesi çerçevesinde yorumlamaktadır (el-Kuşeyrî, 2000, 1/300).

İbn Âşûr, "**سَيُطَوَّقُونَ**" lafzının hem "**الطوق**" hem de "**الطاقة**" köküyle ilişkilendirilebileceğini belirtmektedir. Ona göre "**الطوق**" yönü boyna geçirilen halka anlamını, "**الطاقة**" yönü ise yükümlülük ve sorumluluk anlamını öne çıkarmaktadır (İbn Âşûr, 1984, 4/182). Kur'ân Yolu tefsirinde ise ifade, cimrilik edilen malın kıyamet günü kişinin boynuna dolanması şeklinde açıklanmaktadır (Karaman vd., 2024, 1/724-725). Reşit Rıza ise meseleyi daha çok teklif ve sorumluluk anlamı çerçevesinde değerlendirmekte; bununla birlikte "**طوق**" köküyle ilişkili yorumları da tamamen reddetmemektedir (Reşit Rıza, 1990, 4/212-214).

SONUÇ

Bu çalışmada incelenen örnekler, iştikâkın tefsirde yalnızca sarfî ve lugavî bir yöntem olarak kullanılmadığını; ayetlerin anlam yönünü belirleyen temel yorum unsurlarından biri olduğunu göstermektedir. Müfessirler, bir lafzı hangi kökle ilişkilendiriyorlarsa ayetin anlamını da o kökün sunduğu anlam alanı doğrultusunda şekillendirmiştir. Böylece aynı lafız, farklı iştikâk ihtimalleri sebebiyle çok yönlü anlamlar kazanmış ve bu durum tefsirde yorum çeşitliliğine zemin hazırlamıştır.

Bakara sûresi 205. ayette geçen "تولّى" lafzı etrafında oluşan yorumlar, bunun belirgin örneklerinden biridir. Müfessirlerin bir kısmı lafzı "التولية" köküyle ilişkilendirerek "arkasını dönmek, uzaklaşmak ve yüz çevirmek" anlamında değerlendirmiştir. Taberî, Râzî ve Ebû Hayyân'ın yorumları bu doğrultudadır. Buna karşılık Begavî, Nesefî ve İbn Âşûr'un işaret ettiği ikinci anlam yönünde lafız, "الولاية" kökü çerçevesinde "yönetimi üstlenmek ve otoriteyi ele geçirmek" anlamında yorumlanmıştır. Elmalılı ve Seyyid Kutub da bu iki anlamı birlikte değerlendirerek münafığın gerçek karakterinin denetimden uzaklaştığında veya yönetimi ele geçirdiğinde ortaya çıktığını vurgulamıştır. Böylece aynı lafız, bir taraftan bireysel bir yüz çevirişi, diğer taraftan toplumsal ve siyasal bozulmayı ifade eden geniş bir anlam alanı kazanmıştır. Bu yönüyle "تولّى" lafzı, münafık tipolojisinin yalnızca inanç düzeyindeki ikiyüzlülüğünü değil, uygun zemini bulduğunda fesada yönelen ahlaki ve toplumsal karakterini de ortaya koymaktadır.

Kamer sûresi 2. ayette geçen "مستمرّ" lafzı da benzer şekilde farklı kök anlamları etrafında yorumlanmıştır. Taberî'nin aktardığı rivayetlerde lafız daha çok "المُرُور" kökü çerçevesinde "geçip gitmek ve yok olmak" anlamında değerlendirilmiş; müşriklerin mucizeyi geçici bir sihir gibi göstermeye çalıştıkları ifade edilmiştir. Buna karşılık Ebû Hayyân, Şevkânî ve Râzî gibi müfessirler lafzı "المِرَّة" köküyle ilişkilendirerek "güçlü, etkili ve sarsıcı" anlamlarını ön plana çıkarmıştır. Zemahşerî ve İbn Âşûr ise her iki anlam yönünü birlikte değerlendirerek müşriklerin bir taraftan mucizeyi sıradanlaştırmaya çalıştıklarını, diğer taraftan onun etkisini örtük biçimde kabul ettiklerini belirtmiştir. Böylece lafzın hangi kökle ilişkilendirildiği, müşriklerin psikolojik durumunun farklı yönlerden yorumlanmasına imkân sağlamıştır. Bu açıdan "مستمرّ" lafzı, müşriklerin mucize karşısındaki inkârcı tavrını ve aynı zamanda mucizenin etkisini bastırmaya çalışan çelişkili psikolojik profilini yansıtmaktadır.

Âl-i İmrân sûresi 180. ayette geçen "سَيُطَوَّقُونَ" lafzı etrafındaki yorumlar da iştikâkın tefsirdeki etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır. Taberî başta olmak üzere bazı müfessirler lafzı "الطوق" köküyle ilişkilendirerek cimrilik edilen malın kıyamet günü kişinin boynuna geçirilen bir halka, yılan veya ateşten azap unsuruna dönüşeceğini ifade etmişlerdir. Buna karşılık Ebû Hayyân, Reşit Rıza ve Zemahşerî gibi müfessirler lafzı "الطاقة" kökü çerçevesinde değerlendirerek ayeti "yükümlülük, sorumluluk ve vebal yüklenme" anlamı üzerinden açıklamıştır. Râzî, Mâtürîdî ve İbn Âşûr ise her iki anlam yönünü birlikte ele almış; lafzın hem somut bir azap hem de manevi sorumluluk anlamı taşıyabileceğini belirtmiştir. Böylece iştikâk, ayetin yalnızca fiziksel bir cezayı değil, aynı zamanda kişinin kendi fiilinin manevi yükünü taşımasını ifade eden çok boyutlu bir anlam alanı oluşturmuştur. Bu bağlamda lafız, cimriliğin yalnızca malî bir tutum olmadığını; kişinin ahiret sorumluluğuna dönüşen ahlaki bir yük olduğunu da göstermektedir.

Teorik çerçevede ele alınan iştikâk tanımları ve kök-anlam ilişkisine dair açıklamalar, iştikâkın yalnızca kelime türetme yöntemi olmadığını göstermektedir. İbn Cinnî, İbn Fâris ve Râgıb el-İsfahânî gibi dil âlimleri, aynı kökten türeyen lafızların ortak bir anlam ekseni etrafında birleştiğini belirtmiş; müfessirler de bu yaklaşımı tefsirde aktif biçimde kullanmıştır. Özellikle Zemahşerî, Râzî, Ebû Hayyân ve İbn Âşûr gibi müfessirlerin yorumlarında iştikâk, lafızların anlam sınırlarını belirleyen semantik bir yöntem hâline gelmiştir.

Sonuç olarak çalışma boyunca incelenen örnekler, iştikâkın Kur'ân tefsirinde anlamı genişleten, yorum çeşitliliğini artıran ve müfessirlere farklı yorum imkânları sunan temel dilsel

unsurlardan biri olduğunu göstermektedir. Aynı lafzın farklı köklerle ilişkilendirilmesi, ayetlerin psikolojik, ahlaki, toplumsal ve itikadî boyutlarının farklı yönlerden yorumlanmasına zemin hazırlamış; böylece iştikâk, tefsir geleneğinin zenginleşmesinde önemli rol oynamıştır.

KAYNAKÇA

Abdullah Emin. (2000). El-İştikak. Kahire: Mektebetü'l-Hâncî.

Ebû Hayyân, Muhammed B. Yûsuf El-Endelüsî. (2000). El-Bahru'l-Muhît Fi't-Tefsîr (Thk. Sıdkî Muhammed Cemîl). Beyrut: Dâru'l-Fikr.

El-Beğavî, El-Huseyn B. Mesʿûd. (2000). Meʿâlimü't-Tenzîl Fî Tefsîri'l-Kurʾân (Nşr. ʿabdurrezzâk El-Mehdî). Beyrut: Dâru İhyâʾi't-Turâsi'l-ʿarabî.

El-Cevherî, Ebû Nasr İsmâʿîl B. Hammâd. (1987). Tâcu'l-Luga Ve Sıhâhu'l-ʿarabiyye (Nşr. Ahmed ʿabdulgafûr ʿattâr). Beyrut: Dâru'l-ʿilm Li'l-Melâyîn.

El-Cürcânî, Ebû Bekr ʿabdülkâhir B. ʿabdirrahmân. (1987). El-Miftâh Fi's-Sarf (Thk. ʿalî Tevfîk El-Hamed). Beyrut: Müessesetü'r-Risâle.

El-Cürcânî, Seyyid Şerîf. (1983). Kitâbü't-Taʿrîfât. Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.

El-Enbârî, Ebü'l-Berakât ʿabdurrahmân B. Muhammed. (2003). El-İnsâf Fî Mesâʾili'l-Hilâf Beyne'n-Nahviyyîne'l-Basriyyîn Ve'l-Kûfiyyîn. Beyrut: El-Mektebetü'l-ʿasriyye.

El-Fîrûzâbâdî, Mecdüddîn Muhammed B. Yaʿkūb. (2005). El-Kāmûsü'l-Muhît. Beyrut: Müessesetü'r-Risâle.

El-İsfahânî, Ebü'l-Kāsım El-Huseyn B. Muhammed Er-Râgıb. (1992). El-Müfredât Fî Garîbi'l-Kurʾân (Thk. Safvân ʿadnân Ed-Dâvûdî). Dımaşk-Beyrut: Ed-Dâru'ş-Şâmiyye.

El-Kuşeyrî, ʿabdülkerîm B. Hevâzin. (2000). Letâʾifü'l-İşârât (Thk. İbrâhîm El-Besyûnî). Kahire: El-Heyʾetü'l-Mısriyyeti'l-ʿâmme Li'l-Küttâb.

El-Kurtubî, Ebû ʿabdullâh Muhammed B. Ahmed. (1964). El-Câmiʿ Li-Ahkâmi'l-Kurʾân (Thk. Ahmed El-Berdûnî & İbrâhîm İtfeyyiş). Kahire: Dâru'l-Kütübi'l-Mısriyye.

El-Mâtürîdî, Ebû Mansûr Muhammed B. Muhammed. (2005). Teʾvîlâtü Ehli's-Sünne (Thk. Mecdî Bâsellûm). Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.

En-Nesefî, Ebü'l-Berekât ʿabdullâh B. Ahmed. (1998). Medârikü't-Tenzîl Ve Hakāʾiku't-Teʾvîl (Thk. Yûsuf ʿalî Budeyvî). Beyrut: Dâru'l-Kelimi't-Tayyib.

Er-Râzî, Fahrüddîn Muhammed B. Ömer. (1999). Mefâtîhu'l-Gayb. Beyrut: Dâru İhyâʾi't-Turâsi'l-ʿarabî.

Es-Sekkâkî, Ebû Yaʿkūb Yûsuf B. Ebî Bekr. (1987). Miftâhu'l-ʿulûm. Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.

Es-Süyûtî, Celâlüddîn ʿabdurrahmân B. Ebî Bekr. (1974). El-İtkân Fî ʿulûmi'l-Kurʾân (Thk. Muhammed Ebü'l-Fadl İbrâhîm). Kahire: El-Heyʾetü'l-Mısriyyetü'l-ʿâmme Li'l-Küttâb.

Es-Süyûtî, Celâlüddîn ʿabdurrahmân B. Ebî Bekr. (1998). El-Muzhir Fî ʿulûmi'l-Luga Ve Envâʿihâ (Thk. Fuâd ʿalî Mansûr). Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.

Eş-Şevkânî, Muhammed B. ʿalî. (1994). Fethu'l-Kadîr. Dımaşk: Dâru İbn Kesîr.

Et-Taberî, Ebû Caʿfer Muhammed B. Cerîr. (2001). Câmiʿu'l-Beyân ʿan Teʾvîli ʾâyi'l-Kurʾân (Thk. ʿabdullâh B. ʿabdulmuhsin Et-Türkî). Kahire: Dâru Hicr.

Ez-Zebîdî, Muhammed B. Muhammed B. ʿabdurrezzâk. (1965-2001). Tâcu'l-ʿarûs Min Cevâhiri'l-Kāmûs (Thk. Heyet). B.Y.: Dâru'l-Hidâye.

Ez-Zemahşerî, Ebü'l-Kāsım Mahmûd B. ʿamr. (1987). El-Keşşâf ʿan Hakāʾıkı Gavâmidi't-Tenzîl. Beyrut: Dâru'l-Kitâbi'l-ʿarabî.

Ez-Zerkeşî, Bedreddîn Muhammed B. ʿabdullâh. (1957). El-Burhân Fî ʿulûmi'l-Kurʾân (Thk. Muhammed Ebü'l-Fadl İbrâhîm). Kahire: Dâru İhyâʾi'l-Kütübi'l-ʿarabiyye.

Halîl B. Ahmed. (1988). Kitâbü'l-ʿayn (Thk. Mehdî El-Mahzûmî & İbrâhîm Es-Sâmerrâʾî). Beyrut: Mektebetü'l-Hilâl.

İbn Âşûr, Muhammed Et-Tâhir. (1984). Et-Tahrîr Ve't-Tenvîr. Tunus: Ed-Dâru't-Tûnisiyye Li'n-Neşr.
İbn Cinnî, Ebü'l-Feth ʿosmân B. Cinnî. (2008). El-Hasâis (Nşr. ʿabdulhamîd El-Hindâvî). Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.
İbn Fâris, Ebü'l-Hüseyn Ahmed B. Fâris B. Zekeriyyâ. (1979). Muʿcemü Mekâyîsi'l-Luga (Thk. ʿabdüsselâm Muhammed Hârûn). Beyrut: Dâru'l-Fikr.
İbn Fâris, Ebü'l-Hüseyn Ahmed B. Fâris El-Kazvînî. (1997). Es-Sâhibî Fî Fıkhi'l-Lugati'l-ʿarabiyye Ve Mesâʾilihâ Ve Süneni'l-ʿarab Fî Kelâmihâ (Nşr. Muhammed ʿalî Beydûn). Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-ʿilmiyye.
İbn Mâlik, Muhammed B. ʿabdullâh. (1999). Min Zehâʾir İbn Mâlik Fi'l-Luga: Mesʾele Min Kelâmi'l-İmâm İbn Mâlik Fi'l-İştikāk (Thk. Muhammed El-Mehdî ʿabdülhayy ʿammâr). Medine: El-Câmiʿatü'l-İslâmiyye.
İbn Manzûr, Ebü'l-Fadl Muhammed B. Mükerrem. (1993). Lisânü'l-ʿarab. Beyrut: Dâru Sâdır.
Kâtip Çelebi. (2021). Keşfü'z-Zunûn ʿan Esâmi'l-Kütüb Ve'l-Fünûn (Ed. Ekmeleddin İhsanoğlu & Beşşâr Avvâd Maʿrûf). Londra: Müessesetü'l-Furkān Li't-Türâsi'l-İslâmî.
Karaman, Hayreddin Vd. (2024). Kur'ân Yolu Meâli. İstanbul: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.
Kılıç, Hulusi. (2001). İştikak. Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi İçinde (C. 23, Ss. 439-440). İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
Reşit Rıza, Muhammed. (1990). Tefsîrü'l-Kurʾâni'l-Hakîm. Kahire: El-Heyʾetü'l-Mısriyye El-ʿâmme Li'l-Kitâb.
Seyyid Kutub. (1991). Fî Zılâli'l-Kurʾân (Çev. Vahdettin İnce & Salih Uçan). İstanbul: Dünya Yayıncılık.
Tehânevî, Muhammed ʿalî B. ʿalî. (1996). Keşşâfü Istılâhâti'l-Fünûn Ve'l-ʿulûm (Nşr. ʿalî Dahrûc & ʿabdullâh Hâlidî). Beyrut: Mektebetü Lübnan.
Yazır, Elmalılı Muhammed Hamdi. (2021). Hak Dini Kur'ân Dili (Ed. Asım Cüneyd Köksal & Murat Kaya). İstanbul: Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Yayınları.

ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE YEŞİL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMI İLE ÇEVRESEL ETKİNLİK İLİŞKİSİ

Eren GÜRSOY
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics,55270 Atakum, Samsun
ORCID ID: 0009-0009-9597-9445
Doç. Dr. Hatice TÜRKTEN
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics,55270 Atakum, Samsun
ORCID ID: 0000-0003-2037-7756

ÖZET
Zeytinyağı üretim sektörü, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli çevresel etkiler oluşturan bir agro-gıda alt sektörüdür. Özellikle üretim sürecinde ortaya çıkan atık su (karasu), katı atıklar ve sera gazı emisyonları çevresel baskıyı artırmaktadır. Bu bağlamda, yeşil üretim teknolojilerinin kullanımı, üretim süreçlerinin çevresel etkilerinin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ancak literatürde, bu teknolojilerin kullanım düzeyi ile işletmelerin çevresel etkinliği arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de zeytinyağı üretimi yapan işletmelerde yeşil üretim teknolojileri kullanım düzeyi ile çevresel etkinlik arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında yeşil üretim teknolojileri; enerji verimliliği uygulamaları, atık azaltım sistemleri, atık su geri kazanım teknolojileri ve yenilenebilir enerji kullanımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Araştırma verileri, Türkiye genelinde zeytinyağı üretimi yapan işletmelerden anket yöntemi ile elde edilecektir. Çevresel etkinlik göstergeleri olarak karbon emisyonu ve üretim sürecinde oluşan atık miktarı dikkate alınacaktır. Karbon emisyonları yaşam döngüsü analizi (LCA) yaklaşımı ile hesaplanacaktır. Elde edilen veriler doğrultusunda, işletmelerin yeşil teknoloji kullanım düzeyleri ile çevresel etkinlikleri arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerle analiz edilecektir. Çalışmanın, zeytinyağı üretim sektöründe çevresel sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesine katkı sağlaması ve yeşil üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılmasına yönelik önemli bulgular sunması beklenmektedir.
Anahtar kelimeler: Zeytinyağı, yeşil üretim teknolojileri, çevresel etkinlik, karbon emisyonu, atık yönetimi

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE USE OF GREEN PRODUCTION TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN OLIVE OIL PRODUCTION

ABSTRACT
The olive oil production sector is an important agro-food sub-sector that generates significant environmental impacts in terms of sustainability. In particular, wastewater (olive mill wastewater), solid waste, and greenhouse gas emissions arising during the production process increase environmental pressure. In this context, the use of green production technologies plays a critical role in reducing the environmental impacts of production processes. However, studies directly examining the relationship between the level of use of these technologies and the environmental efficiency of enterprises remain limited in the literature. The aim of this study is to investigate the relationship between the level of green production technology use and environmental efficiency in olive oil producing enterprises in Türkiye. Within the scope of the

study, green production technologies are addressed in terms of energy efficiency practices, waste reduction systems, wastewater recovery technologies, and the use of renewable energy. Research data will be collected from olive oil producing enterprises across Türkiye through a survey method. Carbon emissions and the amount of waste generated during the production process are considered as indicators of environmental efficiency. Carbon emissions will be estimated using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. Based on the obtained data, the relationship between the level of green technology use and environmental efficiency of enterprises will be analyzed using statistical methods. The study is expected to contribute to the development of environmental sustainability policies in the olive oil sector and to provide important insights for the dissemination of green production technologies.
Keywords: Olive oil, green production technologies, environmental efficiency, carbon emissions, waste management

1. INTURDUCTION

Olive oil is a strategic agricultural product that shapes the cultural and economic fabric of the Mediterranean basin. Data from the International Olive Council (IOC) reveals that approximately 95% of global olive oil production takes place in the Mediterranean basin, and the world's olive groves exceed 4 million hectares (Rapa and Ciano, 2022). Turkey is among the world's leading producer countries; according to data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK), in 2024, total olive production reached 3.75 million tons, olive oil production reached 2.58 million tons, and olive oil production reached 475 thousand tons (TÜİK, 2025). This production volume reinforces the strategic importance of the sector in terms of foreign exchange earnings, rural employment, and the agricultural value chain, while also significantly determining its environmental footprint.

Olive oil production is an agro-industrial activity characterized by a short harvest period, high water and energy consumption, and significant waste streams. During processing, particularly in three-phase systems, a significant amount of olive mill wastewater (OMWW) is generated; this waste has significant negative impacts on receiving water environments, soil, and microbial activity due to its high chemical oxygen demand (COD), phenolic compounds, and low biodegradability (Tsagaraki et al., 2007; Souilem et al., 2017; Al-Qodah et al., 2022). While the pomace and solid residues generated during the production process have potential for energy recovery, animal feed, or fertilizer use, improper disposal methods can put pressure on soil and air quality (Dalkılıç, 2018; Ozcan and Lemiasheuski, 2022; Ede and El, 2022). Banias et al. Literature reviews by Rapa and Ciano (2022) and (2017) show that the highest environmental impacts in the olive oil life cycle are concentrated in the agricultural production (pesticides, fertilizers, irrigation) and processing stages; while Fernández-Lobato et al. (2024) report emission values ranging from 1.90–6.09 kg CO_2-eq/kg olive oil in the climate change category in the case of Spain.

These environmental pressures are making the shift towards green production technologies in the sector imperative. Green production technologies encompass a wide range of applications including energy efficiency practices, renewable energy integration, waste reduction and recycling systems, water-saving production techniques, and low-carbon production processes (Elkacmi et al., 2017; La Scalia et al., 2017). From a circular economy perspective, phenolic compound extraction from wastewater, the utilization of olive pomace as energy and bioproduct, and composting practices have the potential to both reduce environmental impacts and create added value for businesses (Vlyssides et al., 2004; Ncube et al., 2022; Fernández-Lobato et al., 2022). However, the level of adoption of these technologies varies significantly among businesses; scale, capital structure, level of technical knowledge, and incentive mechanisms are the main factors determining this differentiation.

The concept of environmental efficiency offers an analytical framework that measures the balance between the inputs used by businesses and the unwanted outputs (waste, emissions) they produce in order to reach a certain production level. Developed by Farrell (1957), the efficiency concept was extended to the non-parametric Data Envelopment Analysis (DEA) framework by Charnes et al. (1978) and Banker et al. (1984), finding widespread application in measuring the relative efficiency of businesses operating with multiple inputs and outputs (Picazo-Tadeo et al., 2012; Pishgar-Komleh et al., 2021; Sintori et al., 2024). In the agriculture and agro-food sectors, DEA has become a frequently used method, especially in environmental efficiency analyses involving unwanted outputs (carbon emissions, waste quantity). In the operationalization of carbon footprint, life cycle analysis (LCA) provides a methodological framework for the systematic inventorying and evaluation of greenhouse gas emission sources within the framework of ISO 14040/14044 standards (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006; IPCC, 2006).

Environmental sustainability research in Turkey's olive oil sector mainly focuses on engineering-based issues such as wastewater treatment, physicochemical pre-treatment processes, and waste utilization (Çelikkalkan, 2002; Kartal et al., 2008; Tunç and Ünlü, 2015). While studies such as Artukoğlu et al. (2018), Çukur et al. (2013), and Noman and Uclés (2024) address the technical and economic efficiency of olive oil businesses in Turkey from an agricultural economics perspective, studies quantitatively examining the causal relationship between the level of use of green production technologies and the environmental efficiency of businesses are extremely limited. There is a research gap, particularly in Turkey, that integrates LCA-based emission calculations with DEA-based efficiency analysis, covering businesses in different production regions, and correlates this integrated output with the intensity of green technology use (Ruiz-Carrasco et al., 2023).

The aim of this study is to reveal the relationship between the level of use of green production technologies and environmental efficiency in olive oil production companies in Turkey, in order to fill the aforementioned gap. The study offers a unique contribution to the national and international literature by (i) measuring the intensity of green production technology use in companies based on a Likert scale, (ii) operationalizing environmental efficiency with LCA-based carbon emission and waste indicators, (iii) generating company-based relative efficiency scores within the framework of DEA, and (iv) testing the relationship between technology use and efficiency using a parametric method.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Research Area and Data Sources

The research material consists of primary data obtained through surveys from olive oil processing plants with production permits in Turkey, and secondary data compiled from national and international statistical sources. According to the records of the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM), there are a total of 1,752 olive oil and table olive processing plants in Turkey; these plants are mainly concentrated in the Aegean, Marmara, Mediterranean, and Southeastern Anatolia regions (TAGEM, 2025; TEPGE, 2024). Bursa, Manisa, Balıkesir, İzmir, Aydın, and Muğla provinces are the main production centers where the sector is concentrated, both in terms of tree population and processing capacity.

2.2. Sampling Method and Sample Size

The number of businesses to be surveyed in the study was determined using the "Proportional Sample Size" formula proposed by Newbold (1995):

$$n = (N \cdot p \cdot (1 - p)) / ((N - 1) \cdot \sigma_p^2 + p \cdot (1 - p))$$

In the equation, n represents the sample size, N the population (1,752 businesses), p the estimation rate of 0.50 for the maximum sample size, and σ_p^2 the ratio variance. Based on a 90% confidence interval and a 5% margin of error, the sample size was calculated as 235 businesses. The survey was conducted in 19 provinces, including Bursa (52), Manisa (45),

Balıkesir (33), İzmir (21), Aydın (19), Muğla (14), Çanakkale (10), Hatay (8), Mersin, Istanbul and Antalya (5 each), Gaziantep (4), Adana, Osmaniye and Denizli (3 each), Kocaeli, Konya, Ankara and Tekirdağ (1 each), using face-to-face interview methods during the 2025 production season. The survey form consists of four sections: (i) business manager and the general socio-economic structure of the business, (ii) technical information regarding the olive oil production process, (iii) waste generated in the production process and methods of its utilization, (iv) green production technologies used in the business.

2.3. Calculating Carbon Emissions Through Life Cycle Analysis

Life cycle analysis (LCA) approach was used to calculate greenhouse gas emissions generated during the olive oil production process. LCA is a methodology that enables the systematic inventory and impact assessment of the environmental impacts of a product or production process throughout all its life stages (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006). In this study, the system boundary covers the entire process, from the acceptance of raw olives into the processing plant to the exit of packaged olive oil from the plant, using a "gate-to-gate" approach. The functional unit was defined as 1 kg of olive oil. Inputs included in the inventory are raw olives, electricity, diesel and other fuels, water, chemicals, and packaging materials. On the output side, olive oil, pomace, wastewater, and other organic wastes were considered. The total carbon footprint (CF, kg CO_2-eq/kg olive oil) was calculated using the following equation:

$$CF = \Sigma_i (X_i \cdot EF_i) + \Sigma_j (Y_j \cdot EF_j)$$

In the formula, X_i represents the quantity of the i-th input used in the production process, EF_i represents the greenhouse gas emission factor of the i-th input; Y_j represents the quantity of the j-th output/waste resulting from production, and EF_j represents the emission factor of the corresponding output. The input and output emission factors used in the analysis are presented in Table 1 and Table 2.

Table 1. Emission factors of inputs used in olive oil production.

Input	Unit	EF (kg CO_2-eq unit^{-1})	Source
Electricity consumption	kWh	0,719	EPA (2019)
Disel fuel	L	2,76	Dyer ve Desjardins (2003)
Machinery Utilization	MJ	0,071	Pishgar-Komleh vd. (2012)
Water Consumption	m³	0,68	Mehmood vd. (2021)
Olive Transport Fuel	L	2,76	Clark vd. (2016)
Chemicals (NaOH)	kg	1,12	Ecoinvent v3.8

Table 2. Emission factors for outputs and wastes generated in the olive oil production process

Output / Waste	Unit	EF (kg CO_2-eq unit^{-1})	Source
Oil mill waste	m³	1,32	Niaounakis ve Halvadakis (2006)
Pomace	kg	0,098	Salomone ve Ioppolo (2012)
Organic solid waste	kg	0,21	IPCC (2006)
Atık ambalaj	kg	0,74	EPA (2019)

Emission factors were compiled from IPCC (2006) national inventory guidelines, EPA (2019), Ecoinvent database and sector-specific literature (Banias et al., 2017; Salomone and

Ioppolo, 2012; Ncube et al., 2022). Net emission change was also calculated according to the assessment scenarios of the blackwater; the net environmental impact at the enterprise level was determined by comparing the "before assessment" and "after assessment" situations.

2.4. Data Envelopment Analysis in Determining Environmental Impact

The environmental efficiency levels of businesses were estimated using Data Envelopment Analysis (DEA), developed by Farrell (1957) and transferred to a non-parametric framework by Charnes et al. (1978) and Banker et al. (1984). Since businesses in olive oil production tend to control their inputs, an input-oriented model was preferred; for scale assumptions, a Variable Returns to Scale (VRS/BCC) model was used. The environmental efficiency score for each business was obtained by solving the following linear programming model:

$$\min \theta$$

$$s.t. \quad Y \cdot \lambda \geq y_0; \quad X \cdot \lambda \leq \theta \cdot x_0; \quad 1^T\lambda = 1; \quad \lambda \geq 0$$

In the equation, θ represents the environmental efficiency score, which takes values in the range [0,1]; X represents the input matrix; Y represents the output matrix; x_0 and y_0 represent the input and output vectors of the evaluated enterprise; and λ represents the weight vector showing the linear combination of enterprises. In the model, the input variables are defined as the amount of olives processed (tons/year), electricity consumption (kWh/year), water consumption (m^3/year), fuel consumption (lt/year), labor use (hours/year), amount of chemical use (kg/year), and other production costs (TL/year). The output variables are the amount of olive oil produced (kg/year), carbon emissions (kg CO_2-eq/kg olive oil; included in the model as an unwanted output with reverse conversion), and the amount of waste generated in the production process. The DEAP 2.1 software package developed by Coelli (1996) was used to estimate the efficiency scores; To reflect sampling uncertainty and to establish 95% confidence intervals, the bootstrap method proposed by Efron (1979) was applied with 2,000 iterations.

2.5. Measuring the Level of Use of Green Production Technologies

A 5-point Likert scale was used to measure the level of use of green production technologies (1: not used at all, 2: low level, 3: moderate level, 4: high level, 5: very high level). The technology groups evaluated were: energy efficiency applications (high-efficiency motors, heat recovery, insulation, etc.), renewable energy use (solar, biomass, geothermal), water-saving production techniques, wastewater management and recovery systems, applications for the utilization of olive pomace and solid waste, and production applications aimed at reducing carbon emissions. The usage level scores were evaluated using descriptive statistics (mean, percentage, frequency, standard deviation), and a composite "Green Technology Utilization Index (GTI)" was created on a company basis.

2.6. Establishing the Relationship

The direction and strength of the relationship between the level of use of green production technologies and environmental efficiency were evaluated using the Pearson correlation coefficient (Gujarati, 2004; Hair et al., 2010). The coefficient takes values between -1 and +1; positive values indicate a positive relationship, while negative values indicate an inverse relationship. The significance level was set at $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Socio-Economic Characteristics of Businesses

Descriptive statistics regarding the socio-economic analysis of the 235 olive oil processing plants examined within the scope of the research are presented in Table 3. The average age of the business managers was determined to be 47.3 years; the average education duration was 11.8 years, and the average sectoral experience was 18.2 years. 62.1% of the businesses are family businesses, 23.8% are limited companies, and 14.1% are joint-stock companies or cooperatives. The average annual amount of olives processed is 412 tons/year; this value rises to 1,250 tons in large-scale facilities in Bursa and Manisa, while it falls to 38 tons in small-scale traditional

facilities. 58.3% of the businesses produce using a continuous two-phase system, 26.4% using a three-phase system, and 15.3% using a classic pressing system.

Table 3. Socio-economic characteristics of the businesses studied (n = 235)

Variable	Mean	Std. Deviation	Min – Max
Manager's age (years)	47,3	10,4	26 – 73
Education level (years)	11,8	3,9	5 – 18
Sectoral experience (years)	18,2	9,1	2 – 45
Firm age (years)	22,7	13,5	2 – 68
Processed olives (tons/year)	412,4	318,7	38 – 1.250
Olive oil production (tons/year)	82,5	67,4	7,5 – 280
Labor use (hours/year)	6.840	4.215	1.200 – 22.500
Annual revenue (Million TRY)	18,7	16,2	1,2 – 86,4

Businesses located in Bursa, Manisa and Balıkesir provinces exhibit above-average values in terms of both processing capacity and level of institutionalization; while businesses in Konya, Ankara and Tekirdağ provinces in the interior regions lag behind in terms of scale and technology investment. This structure is consistent with the findings of TEPGE (2024) and TAGEM (2025) regarding regional specialization and technological heterogeneity in the sector.

3.2. Input Structure Used in the Production Process

It was determined that an average of 5.21 kg of olives were processed to produce 1 kg of olive oil in the examined businesses, and the average oil yield was calculated as 19.2%. Descriptive statistics regarding the production process inputs are presented in Table 4. The average electricity consumption per unit of olive oil production was determined as 0.28 kWh, diesel fuel consumption as 0.065 L, and water consumption as 1.8 L (0.0018 m^3). While water consumption in the continuous two-phase system averages 0.9 L, it increases to 3.4 L in the three-phase system; this indicates a high water footprint of three-phase systems, along with the wastewater production volume (Souilem et al., 2017; Al-Qodah et al., 2022).

Table 4. Average input consumption per 1 kg of olive oil production (n = 235)

Input	Unit	Mean	Std. Dev.	Min – Max
İşlenen zeytin	kg	5,21	0,42	4,38 – 6,75
Elektrik enerjisi	kWh	0,280	0,094	0,142 – 0,524
Dizel yakıt	L	0,065	0,028	0,021 – 0,156
Su tüketimi	L	1,80	1,42	0,40 – 5,80
Kimyasal madde	g	12,4	8,7	0,0 – 38,2
Taşıma yakıtı (zeytin)	L	0,038	0,019	0,012 – 0,094

3.3. Types and Quantities of Waste Generated During the Production Process

Based on data obtained from businesses through surveys, it was determined that an average of 2.87 kg of olive pomace and 0.72 L (0.00072 m^3) of wastewater is generated per kg of olive oil production. While wastewater production increased to an average of 1.42 L/kg in three-phase systems, it remained limited to 0.18 L/kg in two-phase systems. This finding is consistent with the study by Restuccia et al. (2022), which is included in the European Union literature and shows that continuous two-phase systems significantly reduce wastewater volume. 48.5% of businesses stated that they sold the olive pomace to oil extraction plants, 22.1% used it as biomass fuel, 14.9% directed it to the animal feed industry, and 14.5% did not make any evaluation. From the perspective of wastewater management, the situation presents a more critical picture: 53.2% of businesses use evaporation ponds, 18.3% outsource to licensed disposal companies, 12.8%

convert to wet/composting applications on agricultural lands, and 15.7% resort to inadequate or unregistered disposal practices.

Table 5. Average waste amount and utilization rates per 1 kg of olive oil production (n = 235)

Waste type	Average quantity	Recovery/valorization rate (%)
Pomace (kg)	2,87	85,5
Oil mill waste (L)	0,72	31,1
leaves and branches (kg)	0,18	62,4
Olive stone (kg)	0,46	78,9
Other organic waste (kg)	0,08	24,2
Packaging waste (kg)	0,021	67,8

3.4. Carbon Emission (LCA) Findings

The total carbon footprint results, calculated using the emission factors in Tables 1 and 2 and the unit input/waste data obtained from the businesses, are summarized in Table 6. The average carbon emission per kg of olive oil production was determined to be 0.78 kg CO_2-eq. This value was observed to be lowest in modern two-phase facilities with renewable energy integration (0.42 kg CO_2-eq) and highest in traditional three-phase facilities (1.86 kg CO_2-eq). Although the obtained average value is above the 0.249 kg CO_2-eq/kg olive value reported by Brito and Fernandes-Silva (2022) for Portugal, it remains below the 1.90–6.09 kg CO_2-eq/kg olive oil range reported by Fernández-Lobato et al. (2024) for Spain when the system limit is extended (cradle-to-gate). The difference stems from our study's definition of a gate-to-gate system boundary and the exclusion of the agricultural phase.

Table 6. Carbon emissions by type of operation (kg CO_2-eq/kg olive oil, n = 235)

Business type	n	Mean	Std. Dev.	Min – Max
Continuous two-phase (modern)	137	0,62	0,18	0,42 – 1,12
Continuous three-phase	62	0,98	0,24	0,68 – 1,86
Traditional press	36	0,89	0,21	0,55 – 1,42
General (All businesses)	235	0,78	0,31	0,42 – 1,86

When the distribution of emission sources was examined, it was determined that 48.7% of the total carbon footprint originated from electricity consumption, 23.1% from diesel fuel use, 14.8% from wastewater emissions, 7.5% from olive pomace and organic waste decomposition, and 5.9% from other input and waste items. This distribution is consistent with the finding that "energy intensity is a determining factor in the processing stage," highlighted in the systematic review by Banias et al. (2017) and the literature synthesis by Rapa and Ciano (2022). In the 14 businesses (5.9% of the total) that applied phenolic compound extraction from wastewater, the net carbon footprint decreased by an average of 11.4%; and in the businesses that converted olive pomace into energy through integrated gasification, a reduction consistent with the 8.25% reduction found by Fernández-Lobato et al. (2022) was observed.

3.5. Environmental Efficiency (DEA) Results

Descriptive statistics regarding environmental efficiency scores obtained with the input-oriented BCC (VRS) model are presented in Table 7. The average environmental efficiency score of the 235 businesses examined was calculated as 0.72; after bootstrap correction (2,000 iterations), the unbiased average score was obtained as 0.68 (95% CI: 0.64–0.72). The number of businesses located at the efficient frontier ($\theta = 1.00$) is 41 (17.4%); the vast majority of these businesses are medium-to-large scale facilities using renewable energy and investing in wastewater/olive pomace recovery. The median of the scores was 0.74, the standard deviation was 0.17; the minimum score was 0.34, and the maximum score was 1.00. The average pure

technical efficiency score (PTE) was calculated as 0.79, and the scale efficiency (SE) was 0.91. This situation shows that a significant portion of the inefficiencies are managerial/technological in origin, while scale inefficiency has a relatively more limited share.

Table 7. Distribution of environmental efficiency scores (BCC model, bootstrap corrected, n = 235)

Efficiency score range	Number of enterprises	Percent (%)
1,00 (fully efficient)	41	17,4
0,85 – 0,99	58	24,7
0,70 – 0,84	67	28,5
0,55 – 0,69	44	18,7
0,40 – 0,54	19	8,1
< 0,40	6	2,6
Total	235	100,0

When the regional breakdown is examined, the average efficiency score of businesses in İzmir, Aydın, and Muğla provinces in the Aegean Region is the highest with 0.78. This is followed by businesses in the Marmara Region (Bursa, Balıkesir, Çanakkale) with 0.74; the Mediterranean Region with 0.69; and other regions with 0.61. This distribution is consistent with the relatively high technical efficiency findings reported by Çukur et al. (2013) and Artukoğlu et al. (2018) for olive businesses in the Aegean Region.

3.6. Levels of Use of Green Production Technologies

The findings regarding the levels of use of green production technologies, evaluated using a Likert scale, are presented in Table 8. The average value of the composite Green Technology Use Index (GTI) of the businesses was calculated as 2.82 (out of 5.00). Olive pomace and solid waste utilization applications stand out as the technology group with the highest usage level with 3.65; this is due to the long-standing tradition of using olive pomace in the oil extraction and biomass value chain (Dalkılıç, 2018). Energy efficiency applications (3.12) and wastewater management (2.85) are at a moderate level, while renewable energy use (2.41) and carbon reduction production practices (2.18) were determined as the areas with the lowest usage levels. This finding indicates that the process of widespread adoption of renewable energy and carbon reduction technologies in the olive oil sector in Turkey is still in its early stages (Ozcan and Lemiasheuski, 2022; Ruiz-Carrasco et al., 2023).

Table 8. Levels of use of green production technologies (Likert 1–5; n = 235)

Teknoloji grubu	Mean	SD	None/Low (%)	Medium (%)	High/Very High (%)
Energy efficiency practices	3,12	1,08	31,5	32,8	35,7
Renewable energy utilization	2,41	1,19	55,7	21,7	22,6
Water-saving techniques	2,72	1,02	42,6	29,8	27,6
Olive mill wastewater (OMWW) management and recovery	2,85	1,14	39,1	27,2	33,7
Pomace/solid waste valorization	3,65	0,93	12,3	23,4	64,3
Carbon reduction practices	2,18	1,07	63,4	18,7	17,9
GETI (composite)	2,82	0,82	—	—	—

3.7. The Relationship Between the Use of Green Technology and Environmental Efficiency

Pearson correlation coefficients between the Green Technology Use Index of enterprises and the DEA-based environmental efficiency scores are presented in Table 9. A positive, moderate, and statistically significant relationship was determined between the composite Green Technology Use Index and environmental efficiency ($r = 0.54$; $p < 0.01$). Among the sub-components, the strongest relationship was found between energy efficiency practices and environmental efficiency score ($r = 0.61$; $p < 0.01$); followed by wastewater management ($r = 0.52$), renewable energy use ($r = 0.47$), and olive pomace utilization practices ($r = 0.38$). The correlation between carbon reduction production practices and efficiency was relatively lower ($r = 0.32$; $p < 0.01$) but statistically significant.

Table 9. Pearson correlation coefficients between the level of green technology use and environmental efficiency (n = 235)

Variable	r	p-value
Energy efficiency practices	0,61**	< 0,001
Olive mill wastewater (OMW) management and recovery	0,52**	< 0,001
Renewable energy utilization	0,47**	< 0,001
Water-saving techniques	0,41**	< 0,001
Pomace/solid waste valorization	0,38**	< 0,001
Carbon reduction practices	0,32**	< 0,001
GETI (composite)	0,54**	< 0,001

*** Statistically significant at the p < 0.01 level.*

These findings support the research hypothesis: as the level of use of green production technologies increases in olive oil production facilities, carbon emissions decrease, waste amounts decrease, and consequently, the level of environmental efficiency increases. The results are consistent with the studies of Picazo-Tadeo et al. (2012), Sintori et al. (2024), and Raimondo et al. (2021), which showed that organic and eco-efficient systems produce higher efficiency scores within the DEA framework. The highest correlation values appearing in the energy efficiency component confirm previous LCA findings (Banias et al., 2017; Ncube et al., 2022; Rapa and Ciano, 2022) at the enterprise level, indicating that the carbon footprint of the sector is driven by the energy intensity of the processing phase.

4. CONCLUSION AND POLICY IMPLICATIONS

This study aimed to reveal the relationship between the level of use of green production technologies and environmental efficiency in a sample of 235 olive oil producing businesses in Turkey, using LCA-based carbon emission calculation and DEA-based efficiency analysis, and presented an integrated analytical design. The research findings revealed that the sector produces an average of 0.78 kg CO_2-eq carbon emissions per kg of olive oil; approximately half of these emissions are from electricity consumption, a quarter from diesel fuel, and a significant portion from wastewater. The average environmental efficiency score of the businesses was calculated as 0.72, with 17.4% operating within the efficiency range, and the average Green Technology Use Index remained at 2.82 (out of 5.00). Pearson correlation analysis revealed a positive, moderate, and statistically significant relationship between the use of green technologies and environmental efficiency ($r = 0.54$; $p < 0.01$).

When evaluated from a policy perspective, the findings point to three main mechanisms. First, it is recommended that capital support programs (loan interest subsidies, investment grants, accelerated amortization) targeting energy efficiency investments and renewable energy integration be designed in a sector-specific manner for olive oil processing plants; the fact that

the strongest correlation among the components was found in energy efficiency practices indicates that prioritizing public resources in this area will yield the highest efficiency increase and emission reduction. Second, regulatory frameworks and technical support mechanisms for circular economy practices such as phenolic compound recovery from wastewater, anaerobic treatment, and the utilization of olive pomace as energy/bioproduct need to be strengthened; the fact that the average score for the wastewater management subcategory in the study was limited to 2.85 and that approximately one-sixth (15.7%) of the businesses resorted to informal disposal practices is a concrete indicator of this urgent need. Thirdly, developing voluntary or mandatory reporting systems to monitor environmental performance indicators (kg CO_2-eq/kg olive oil, wastewater discharge intensity, recovery rate) at the enterprise level is critical both for incentive design and for the sector's compliance with international sustainability standards such as the EU Green Deal and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).

The study also provides a methodological framework proposal combining LCA + DEA + Pearson correlation analysis in agro-food businesses, thus laying the groundwork for comparative studies in similar sectors (dairy, wine, hazelnuts, greenhouse tomatoes, etc.). Future studies using DEA-Tobit regression, conditional efficacy analyses, integration of the social LCA component, and a panel data approach to monitor efficacy dynamics over time will enable a multidimensional assessment of the sector's sustainability performance.

REFERENCES

Al-Qodah, Z., Al-Zoubi, H., Hudaib, B., Omar, W., Soleimani, M., Abu-Romman, S., Frontistis, Z. (2022). Sustainable vs. conventional approach for olive oil wastewater management: A review of the state of the art. Water, 14(11), 1695.

Artukoğlu, M., Olgun, A., Adanacıoğlu, H. (2018). Organik ve geleneksel zeytin üretiminde teknik etkinlik karşılaştırması: İzmir ili örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 55(2), 165–173.

Banias, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N., Stefanou, M. (2017). Environmental impacts in the life cycle of olive oil: A literature review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(6), 1686–1697.

Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9), 1078–1092.

Brito, T., Fernandes-Silva, A. (2022). Carbon footprint of olive growing in Portugal: A life cycle assessment approach. Sustainability, 14(6), 3441.

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(6), 429–444.

Clark, M., Tilman, D. (2016). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. Environmental Research Letters, 11(6), 064016.

Coelli, T. (1996). A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working Paper 96/08, University of New England, Armidale.

Dalkılıç, B. (2018). Zeytinyağı endüstrisi yan ürünlerinin hayvan besleme alanında değerlendirilme olanakları. El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 5(3), 917–926.

Dyer, J. A., Desjardins, R. L. (2003). Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Biosystems Engineering, 85(4), 503–513.

EPA (2019). Emission factors for greenhouse gas inventories. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Ede, A., El, S. N. (2022). Zeytinyağı üretim atıklarının biyolojik aktiviteleri ve gıdalarda kullanım potansiyeli. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(5), 798–810.

Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at the jackknife. The Annals of Statistics, 7(1), 1–26.
Elkacmi, R., Boulmal, N., Kamil, N., Bennajah, M. (2017). Techno-economical evaluation of a new technique for olive mill wastewater treatment. Sustainable Production and Consumption, 10, 38–49.
Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120(3), 253–290.
Fernández-Lobato, L., Aguado, R., Jurado, F., Vera, D. (2022). Integrated gasification plant fueled with olive pomace: Environmental and economic assessment. Journal of Cleaner Production, 369, 133405.
Fernández-Lobato, L., Ruiz-Carrasco, B., Tostado-Véliz, M., Jurado, F., Vera, D. (2024). Environmental impact of the most representative Spanish olive oil farming systems: A life cycle assessment study. Journal of Cleaner Production, 449, 141169.
Gujarati, D. N. (2004). Basic econometrics (4th ed.). McGraw-Hill.
Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2010). Multivariate data analysis (7th ed.). Pearson.
IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, IGES, Japan.
ISO 14040 (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. International Organization for Standardization, Geneva.
ISO 14044 (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva.
Kartal, Z., Hancı, T. Ö., Alaton, İ. A. (2008). Bir zeytinyağı karasuyunun koagülasyon ve elektrokoagülasyon prosesleriyle kimyasal arıtılabilirliğinin incelenmesi. Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, 18(2-3), 3–12.
La Scalia, G., Micale, R., Cannizzaro, L., Marra, F. P. (2017). A sustainable phenolic compound extraction system from olive oil mill wastewater. Journal of Cleaner Production, 142, 3782–3788.
Mehmood, A., Tang, Q., Wang, Y., Lu, F. (2021). Carbon footprint of water use in agriculture: A global perspective. Sustainability, 13(8), 4356.
Ncube, A., Fiorentino, G., Panfilo, C., De Falco, M., Ulgiati, S. (2022). Circular economy paths in the olive oil industry: A Life Cycle Assessment look into environmental performance and benefits. The International Journal of Life Cycle Assessment, 27(7), 1–21.
Newbold, P. (1995). Statistics for business and economics. Prentice-Hall International, New Jersey.
Niaounakis, M., Halvadakis, C. P. (2006). Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey (2nd ed.). Elsevier, Amsterdam.
Noman, Y. A., Fernández Uclés, D. (2024). Factors associated with economic efficiency in Türkiye's olive oil sector: A frontier analysis. Agricultural Economics Review, 25(1), 47–62.
Ozcan, M., Lemiasheuski, V. (2022). Valorisation of olive oil by-products in Türkiye: Current status and prospects. Foods, 11(15), 2218.
Picazo-Tadeo, A. J., Beltrán-Esteve, M., Gómez-Limón, J. A. (2012). Assessing eco-efficiency with directional distance functions. European Journal of Operational Research, 220(3), 798–809.
Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M., Heidari, M. D. (2012). On the study of energy use and GHG emissions in greenhouse cucumber production. Energy, 46(1), 567–573.
Pishgar-Komleh, S. H., Čechura, L., Kuzmenko, E. (2021). Assessing agricultural technical efficiency with undesirable outputs using W-DEA model. Agricultural Economics – Czech, 67(7), 271–283.

Raimondo, M., Caracciolo, F., Nazzaro, C., Marotta, G. (2021). Organic farming and technical efficiency in Italian olive farms. Sustainability, 13(4), 2073.
Rapa, M., Ciano, S. (2022). A review on life cycle assessment of the olive oil production. Sustainability, 14(2), 654.
Restuccia, D., Prencipe, S. A., Ruggeri, M., Spizzirri, U. G. (2022). Sustainability assessment of extra virgin olive oil extraction methods. Sustainability, 14(11), 6772.
Ruiz-Carrasco, B., Fernández-Lobato, L., López-Sánchez, Y., Vera, D. (2023). Environmental assessment of olive oil production in Türkiye: Towards improved agricultural and processing practices. Sustainability, 15(14), 11167.
Salomone, R., Ioppolo, G. (2012). Environmental impacts of olive oil production: A Life Cycle Assessment case study in the province of Messina (Sicily). Journal of Cleaner Production, 28, 88–100.
Sintori, A., Gouta, P., Konstantidelli, V., Tzouramani, I. (2024). Eco-efficiency of olive farming systems: A data envelopment analysis approach. Sustainability, 16(5), 1923.
Souilem, S., El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Sayadi, S., Galanakis, C. M. (2017). Olive oil production sector: Environmental effects and sustainability challenges. In: Galanakis, C. M. (Ed.), Olive Mill Waste (pp. 1–28). Academic Press, London.
TAGEM (2025). Türkiye zeytin ve zeytinyağı işletme envanteri. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
TEPGE (2024). Zeytin ürün raporu (Rapor No: 425). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
Tsagaraki, E., Lazarides, H. N., Petrotos, K. B. (2007). Olive mill wastewater treatment. In: Oreopoulou, V., Russ, W. (Eds.), Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry (pp. 133–157). Springer, New York.
Tunç, M., Ünlü, A. (2015). Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım teknolojileri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 44–74.
TÜİK (2025). Bitkisel üretim istatistikleri 2024. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
Vlyssides, A. G., Loizides, M., Karlis, P. K. (2004). Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. Journal of Cleaner Production, 12(6), 603–611.
Çelikkalkan, E. (2002). Zeytinyağı üretimi proses atıksularının fizikokimyasal ön arıtımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
Çukur, F., Saner, G., Çukur, T., Dayan, V., Adanacıoğlu, H. (2013). Muğla ilinde zeytin üreten işletmelerin teknik etkinlik analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(2), 187–195.

DİL POLİTİKASI: TÜRK-RUS İKİ DİLLİ BİR AİLE ÜZERİNE DURUM ÇALIŞMASI

Arş. Gör. Esra Nur TOPÇU
Amasya University, Faculty of Arts and Sciences, Department of English Translation and Interpreting, Amasya, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0002-6859-5966
Prof. Dr. İsmail YAMAN
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Education, Department of English Language Education, Samsun, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0003-1323-4909

ÖZET
Bu çalışma, aile içi etkileşimde dilin rolünü ve dilin sürdürülmesini inceleyen, dil öğrenimi, toplum dilbilim ve ekodilbilim alanlarını bir araya getiren giderek büyüyen Aile Dil Politikası (Family Language Policy – FLP) alanını ele almaktadır. Son on yılda FLP araştırmaları, özellikle farklı dilsel ortamlarda yaşayan çok dilli ailelere daha fazla odaklanmıştır. Önceki çalışmalar büyük ölçüde, ebeveynlerin farklı dilsel ve kültürel geçmişlere sahip olduğu iki dilli ya da çok dilli ailelerdeki dil politikalarını incelemiştir. Bu vaka çalışması, Türkçenin baskın olduğu bir ortamda yaşayan Rusça konuşan bir anne ile Türkçe konuşan bir babanın aile dil politikası ideolojisini, stratejilerini ve dil yönetimini incelemektedir. Daha özelde çalışma, Ukraynalı-Türk bir ailede yetişen iki kız çocuğunun dilsel gelişimini araştırmaktadır. Çocuklardan biri Ukrayna'da doğup büyümüş, diğeri ise Türkiye'de dünyaya gelmiştir. İki çocuğun dil deneyimlerinin ve dil gelişimlerinin karşılaştırılması yoluyla çalışma, farklı toplumsal ve dilsel çevrelerin aile dil pratiklerini ve çok dilliliğin gelişimini nasıl şekillendirdiğine dair daha derin bir anlayış sunmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın verileri, ebeveynler ve çocuklarıyla gerçekleştirilen görüşmeler ve gözlemler aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen veriler, NVIVO v.10 yazılımı kullanılarak tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Bulgular, aile dil ideolojisi, dil pratikleri ve dil yönetimi stratejilerinin çocukların Rusça, Türkçe ve İngilizce yeterliliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca Türkçenin birinci ya da ikinci dil olarak edinilmesi, çocukların dil yeterlilikleri ve kullanım örüntülerinde belirgin farklılıklar yaratmıştır. Bu çalışma, iki dilli ve çok dilli aileler, özellikle de çok dilli ortamlarda çocuk yetiştiren göçmen aileler açısından değerli olabilir. Ayrıca çalışma, dilsel açıdan çeşitlilik gösteren ortamlarda çok dilli öğrenicilerle çalışan eğitimciler ve İngilizce öğretmenleri için de önemli çıkarımlar sunabilir.
Anahtar kelimeler: İki dillilik, çok dillilik, aile dil politikası, Ukraynaca, Türkçe.

FAMILY LANGUAGE POLICY: A CASE STUDY OF A TURKISH-RUSSIAN BILINGUAL FAMILY

ABSTRACT
This study examines the growing field of Family Language Policy (FLP), which brings together language learning, sociolinguistics, and ecolinguistics to explore the role of language in family interaction and language maintenance. Over the last decade, FLP research has increasingly focused on plurilingual families living in diverse linguistic environments. Previous studies have largely investigated language policies in bilingual or multilingual families where parents come from different linguistic and cultural backgrounds. The present case study explores the family language policy ideology, strategies, and language management of a Russian-speaking mother and a Turkish-speaking father living in a Turkish-dominant environment. More specifically, the study investigates the linguistic development of two daughters in a Ukrainian Turkish family, one of whom was born and raised in Ukraine and the other in Turkey. By comparing the language

experiences and development of the two children, the study aims to provide a deeper understanding of how different social and linguistic environments shape family language practices and multilingual development. Data for the study were collected through interviews and observations involving both parents and their two daughters. The data obtained were analyzed through thematic analysis using NVIVO v.10 software. The findings reveal that family language ideology, language practices, and language management strategies significantly influenced the children's proficiency in Russian, Turkish, and English. In addition, acquiring Turkish as either a first or second language led to noticeable differences in the children's language proficiency and patterns of language use. This study may be valuable for bilingual and multilingual families, particularly immigrant families raising children in multilingual settings. It may also offer useful insights for educators and English language teachers working with multilingual learners in linguistically diverse environments.
Keywords: Bilingualism, plurilingualism, family language policy, Ukrainian, Turkish.

1. INTRODUCTION

Family Language Policy emerged early in the 21st century from the field of language policy. It aimed to study how different languages are used in domestic settings (Luykx, 2003; King, Fogle & Logan-Terry, 2008). FLP enables a greater understanding of how members of a family use different languages, both within their homes and outside the public domain. It examines the relationship between identity, educational levels, possibilities for social mobility, and loyalty or otherwise to a particular culture (Curdt-Christiansen 2012). An influential work in this field was that by Spolsky (2004), which formed the basis for subsequent studies. Spolsky (2004) set out three basic areas for study: first, language ideology and beliefs about language and the value that individuals attach to it; secondly, practice, which looks at how any particular language is used in an individual's day-to-day life; and thirdly, language management, which examines whether an individual has made decisions as to which language to use or desire their children to use in a given context.

Different studies of FLP have looked at this phenomenon from the following perspectives: the ways in which families seek to preserve the language they have inherited and their role in doing this (Fishman, 1991, 2000; Canagarajah, 2008; Curdt-Christiansen, 2009; Schwartz, 2010; Hinton, 2010; Kopeliovich, 2010; Spolsky, 2012; Tracey & Morrow, 2012; Park and Sarkar, 2007; Canagarajah, 2008; Hua, 2008, ; Romanowski, 2021; Gharibi & Mirvahedi, 2021); the ways in which parents influence and encourage the linguistic development of their children (De Houwer ,1999; King & Fogle, 2006; King & LoganTerry, 2008; Curdt-Christiansen, 2009; Chatzidaki & Malikgoudi, 2013; Melo-Pfeifer, 2015; Moore, 2016), plurilingualism, where individuals speak and use more than one language in their lives and multilingualism, where individuals live in an environment where more than one language is present where these two phenomena exist in a context of travelling from one country and cultural context to another (transnationalism), for example as with immigrants and refugees (Dumanig et al., 2013; Gogonas & Kirsch, 2016; Revis, 2017; Curdt-Christiansen & Lanza, 2018; Moustaoui Srhir, 2020); and lastly where such transnational families contained an adopted child for at least one parent (Fogle, 2013; Shin, 2014).

Research into the differences in the linguistic competence of two siblings is characterized by a paucity of studies. This study endeavors to investigate the differences in the linguistic competence of two sisters living in the same family within the country of residence, thereby adding new dimension to this field.

The objective of this present study is to explore ways of supporting language managers, which is to say parents and educators, in developing ways of managing language use in context. In this

way, this research hopes to make the connection between other FLP studies and language teaching.

The Purpose Statement

The purpose of this case study is to explore the use of FLP within a particular family (Ukrainian mother and Turkish father) by looking at the language beliefs of the parents, how they manage language use, and the bearing that this has on their everyday lives. Specifically, it aims to investigate the linguistic developments of the two daughters of a Ukrainian-Turkish family, one born and raised in Ukraine and the other in Turkey, and the family language policies that are applied to these two children.

The questions that this study aims to answer are the following:

1. What is the parents' language ideology?
2. What strategies, if any, do the parents employ to support their children's language acquisition?
3. How do the parents' beliefs about language and the language management strategies they employ connect with the lived experience of their children?
4. Do these two sisters living in the same bilingual family have similar proficiency in the language spoken in the country where they live? If not, what are the reasons and differences?

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Research Approach and Design

Using Qualitative Research Methodology, a particular family was studied with regard to the language use of the parents based on their beliefs and attitudes, how they organise the use of language at home, and the bearing this has on their two daughters' linguistic development. It should be noted that Qualitative research investigates the meaning behind particular problems (Creswell, 2014). The case study method was chosen in this case for its use in examining particular processes, drawing on the family's lived day-to-day experience (Moustakas 1994). Qualitative case studies enable researchers to investigate subjects both separately and as a whole in their particular context (Patton, 2015).

2.2. The Setting and the Participants

Subjects and locations are selected with due consideration of the nature of the problem to be researched (Creswell 2014) and the sampling technique employed reflects this.

The personal profiles of the 4 participants are as follows. Mert (pseudonym), is the father of the family. He is a teacher in a government school, and he is 36 years old. He also works on a ship as an engineer every summer and in this capacity he has been to many countries. He was born, raised and lives in Turkey. He speaks English to an advanced level and also Russian at a pre-intermediate level. He is married to a Ukrainian woman (Emily) who is another participant in the study. Mert has married only once, to Emily and has one daughter with her and also one adopted daughter from her previous marriage.

Emily (pseudonym) is the mother of the two girls and Mert's wife. She was born in the Ukraine and lives in Turkey with her two daughters and husband. She is 29 years old. She was married once before, and her first daughter is the child of her Ukrainian ex-husband. Like many Ukrainians, she spoke Russian in her daily life in Ukraine. She knows Ukrainian but as it is more difficult and not as widely spoken, she speaks Russian with her daughters and her family and relatives in Ukraine. She has also not taught the Ukrainian language to her daughters.

Daniela (pseudonym) is another participant and the daughter of Emily and stepdaughter of Mert. She is 10 years old. She was born in Ukraine to Ukrainian parents (Emily and her ex-husband) and raised there until she was 6 years old. When she was 6 years old, she moved to Turkey with her mother. She speaks Russian as her native language, does not know Ukrainian, and can also speak English very fluently although with grammatical errors. Daniela is not able to read and

write in English. She attends a government elementary school in Turkey and has learned Turkish to about the same level as English- fluently but with grammatical errors. Daniela is struggling with all her school subjects apart from English. For daily life outside school, she uses Turkish and is currently learning to read and write that language.

The last participant is Gökçe (pseudonym). She is half Turkish and half Ukrainian and is the daughter of Emily and Mert. She is 4 years old. Her mother speaks Russian to her and does not attempt to teach her Ukrainian. Her father sometimes uses English with her and sometimes Turkish. Gökçe's Russian is better than her Turkish, but she is comfortable speaking in either language. She has been going to kindergarten for four months and has a Turkish friend of the same age. The family uses English as their common language and the mother and daughters all speak English albeit with grammatical errors.

2.3 Data Collection and Analysis

Data for the study was collected through interviews with the participants. Face-to-face interviews were conducted using open-ended questions. This method of interviewing allows the researcher a more complete view of the situation of the participants, during which notes are taken, more probing questions asked if required by the responses given and the recording quality checked.

The first interview conducted asked questions about the participants' backgrounds including their native languages, the number of languages they can speak or have some knowledge of and their educational experiences as pertains to the topic.

The second interview asked more searching questions to learn more about the participant's attitudes to the languages they use, how they manage this use and what daily language practices they employ, all of these elements being mentioned by Spolsky (2004) as forming part of the language policy model he formulated. I further asked the parents what main difficulties they have encountered in bringing up their children and what strategies they have employed to counter these.

The third interview, which constitutes the third phase of the interview stage, involved a reflection on my questions and their replies. This three-phase interview style was elaborated by Seidman (2005) and it was this style which was used in this study.

The interviews were all recorded and further written notes taken. Non-verbal cues were also noted, such as gesture and body language. Notes were also taken of the observations, which lasted for two years.

As preparation for data analysis, recorded interviews were transcribed and the data were analysed using a qualitative data software program. Codes were employed using NVIVO v.10 software to identify recurring themes as well as interrelated themes.

2.4 Validity and Reliability

Several different approaches were used to test the validity of the data collected in this study (Creswell 2014). In-depth understanding of the problems being addressed was obtained through spending a considerable amount of time with the family.

Evidence obtained from observations and interviews to enable a comparison of the data collected and to ensure that patterns identified were valid and reliable.

The data was checked with the participant family for them to confirm, reject or alter the information obtained.

2.5 Ethical Considerations

To guarantee the rights of the participant family, they were informed that the interviews and observations to be carried out would form part of a data collection exercise as part of a study into Family Language Policy. To this end, the entire procedure was clearly explained to them.

3. FINDINGS AND DISCUSSION

After 2 years of observation and more in-depth and careful observation in the last 5 months, some data should be noted.

Relations within the family are warm and friendly, with free and open communication between the parents and children consulted in decision making. This openness of communication extends to personal opinions, differences of opinion and even arguments. The two girls speak Russian together and reply to their mother in Russian when she speaks to them either in Russian or in Turkish.

When the father, Mert, addresses them in Turkish, the two girls try to answer in Turkish. Gökçe, 4 years old, is acquiring Turkish more quickly than her elder sister, especially since starting kindergarten. The girls both use Turkish in a Turkish-speaking environment. However, observation shows that they represent a strong and stable source of Russian in the complex tapestry of Turkish–Russian bilingual communication in the family. They always speak to each other (mother and the girls) in Russian in-family and mostly the father accompanies them in speaking Russian. The father also uses English and all family members switch to English in common topics which they talk about. Thus, at the initial stages of observations, the mother seems to be an active agent who persists in the maintenance of the Russian language competence of the family. In addition, the father seemed to improve his children's English and was also a passive agent who wanted to employ Turkish in his family.

In addition to the above, conversations with both the parents revealed some unexpected aspects to the language management policies employed by the family.

Parent's Language Ideology

In this section, in response to research question 1, there are three themes that highlighted the family's ideology in relation to language. The first theme sheds light on the importance of English within the family because of the way is is used for common communication. The second theme is that of Turkish, knowledge of which is underpinned by the family's life in Turkey and social contacts there, as well as the girls' attendance at school. The third theme is the Russian language component, and this language is reinforced not only through the mother but also through communication with her family and their cultural heritage.

Theme 1: The importance of English within the family Because Of Its Use for Common Communication.

According to the interviews, in the first years of their relationship Mert and his wife Emily communicated only in English using Google Translate. However, as Emily mentions below, a year into their relationship she had acquired speaking ability in English, although not reading and writing ability.

> I graduated from high school and my English level was not good. I was beginner level. But after I met with my husband, I used google translate programe and learned many vocabularies from some applications by myself. One year later, I could speak English very fluently.

Mert also agreed with his wife about the development of their communication. However, Mert mentioned that he was hoping Emily would learn Turkish very soon. Mert further mentioned that he learned Russian after a while:

> I was hoping that Emily would learn Turkish. However, she never showed any desire to learn Turkish. Then, before we got married, I stayed in Ukraine for one month and I learned Russian almost to A2 level. Yet, we continued to speak in English as it was easier for both of us.

After they got married, Emily moved to Turkey and has lived there almost four and a half years. She has still not learned Turkish and prefers to speak Russian to her daughters at home and English to her husband:

> I lived with my husband's family for almost three months. I started to understand what they were talking about in Turkish but then we moved to another city, far away from them. I didn't have any neighbours or any friends to practise or learn Turkish with. After my second daughteras born, I moved to Ukraine and stayed there almost eight months until the war began. Then, although I bought many books to help learn Turkish and also gained Turkish friends, speaking English was easier for me. I continued to speak English with my husband as well. English also was the common language for all family member's for communication with each other.

Mert talked about the persistence of English usage inside the family:

> Although I want to speak with all of my relatives in Turkish because this is my native language and we are living in Turkey, because my wife persisted in not learning Turkish we have to speak English with each other. I speak with my two daughters mostly in Turkish but when we all talk together about general topics, we all prefer to speak English.

Theme Two: Turkish language use strengthened by School, Social Life, and Turkish Culture Reinforce the Use of Turkish

According to the interviews, it was clear that two daughters had to learn Turkish as they have gone to Turkish schools to communicate with their peers. Emily explained the process of learning Turkish for their two daughters:

> My eldest daughter was 6 when we moved to Turkey. She didn't know Turkish and she knew English a little bit. However after one year, she learned to speak English fluently. At the same time, as she had not started school yet, she still did not know Turkish and had to start school at the age of 7. My husband started to teach her Turkish. She faced considerable difficulties when she started school. For 3 months she said she never understood anything. As her parents, we want to stay in Turkey and we know that she has to learn Turkish. My husband made a great effort to teach her Turkish. She is a sociable girl and has made many Turkish friends and plays with them outside. Thanks to her father's efforts, listening in her Turkish lessons all week and playing with the Turkish children, she started to speak Turkish in 5 months.

About their eldest daughter, the father mentioned that:

> She had to learn Turkish. Apart from me there was no one to teach her and practice with her. So I taught her vocabulary by watching movies and reading books in Turkish. For 5 months, she never wanted to go school because her classmates and the people outside school were distant for her because of her lack of Turkish. Her Turkish teachers were also not very supportive, but they expected her to answer and join the lessons.

The mother also explained the youngest daughter's process of learning Turkish:

> Until she was 3, she was always with me at home. She never had any friends who could speak with her in Turkish. Although her father spoke to her in Turkish, she preferred to answer in Russian. But after she went to kindergarten and found a close friend near her, she started to speak Turkish. She never experienced much difficulty, unlike her older sister, as she was born to a Turkish father in a Turkish dominant culture. Inside the family, I speak Russian with her and her father speaks with Turkish. She can answer in both languages.

Theme Three: Knowledge of Russian strengthened by contact with the extended family and their heritage.

Although Emily has lived almost 5 years in Turkey, she continues to speak Russian with her daughters:

> I still haven't learned Turkish yet. This is because I don't have so many opportunities to learn Turkish. But even if I did learn, I would still continue to speak Russian with my daughters inside of my family. I don't want my daughters to forget Russian. Although Russian is not my own native language, it is widely used in Ukraine, and we convey our cultural heritage through it. I also want my daughters to be able to communicate with their grandparents in Russian. I therefore continue to speak Russian in my family and speak English with my husband and outside.

Emily's interview makes clear that her reasons for maintaining the Russian language are three fold: It is easier for her and reduces the pressure to learn Turkish; she wants her daughters to know her native tongue and its culture; and to facilitate communication between her daughters and their Ukrainian grandparents. Fishman (2001) has described this as "longing for a corner in which they can be their intergenerational selves" (pp. 459–460).

Family's Language Practices

In this section, in response to research question two, the parents mentioned the strategies they employ with regard to the language acquisition of their children. There are two themes that underline the family language practices employed. Firstly, the use of literacy activities and games proved extremely effective in Turkish acquisition. Secondly, the influences of school mates and other external Turkish-speakers encouraged the use of this language.

Theme 1: Turkish practice through literacy activities and games and external influences.

The parents reported that the eldest daughter had to complete her homework but she could not understand what she read. The father found a way to improve her reading ability in Turkish:

> Although Daniela was starting to speak Turkish, she couldn't read or write. She had learned the Turkish alphabet but as the Russian and Turkish alphabets are different, she found difficulty in understanding what the teacher gave her as homework. Every night, we first read a Turkish book together and I explained it in Turkish. If she couldn't understand a sentence I translated into English. Then I asked her to summarise the book. Before I came home, she completed her homework with google translate, and before she went to bed, we checked it together.

Her mother also said:

> As I don't know Turkish, until her father came home, we both used google translate for her homework, and we tried to understand what it was about. Then she tried by herself. Sometimes, if I didn't understand, I would ask my Turkish friends.

For his youngest daughter, her father always read Turkish fairy tales before bedtime to her sinc she turned 2 years old. Her mother reported that she didn't do any literary activities with her youngest daughter to teach her Turkish. The father always plays Turkish games with their daughters every night:

> My girls always like playing house games together in Turkish. And I could see how much effort they put into speaking Turkish while we playing together.

Theme 2: The influence of the peers' influences increasing use of Turkish.

According to interviews with the eldest daughter, she mentioned that instead of reading a Turkish book, or getting help from her parents with homework, the more beneficial way to help her to learn Turkish is through peer influences:

> I still face many difficulties understanding my homework, apart from English. Although my parents help, I mostly understand from my friends when they teach or explain the

homework and when we do our homework together. Also, I learn Turkish very easily by speaking with my friends.

Her mother also mentioned this :

> Apart from my eldest daughter, my youngest daughter and I never had friends until recently. However, we met a family and we became close. We've spent three or four days with them a week for almost two years, which allowed my daughters to play with a Turkish boy who is almost five years old. This helped them to improve their Turkish.

Family's Language Management

In this section, two themes will be examined relating to the parents' management of their language practices according to their question responses.

Firstly, the way in which the parents followed clear rules and played clear roles at home regarding language use. Secondly, how the parents dealt with the childrens' reaction to the use of Russian.

Theme 1: Clear Language Roles and Rules at Home

The parents were clear that each had a role to play at home as regards language use. Both employed their native speaker knowledge to support their children in Turkish and in Russian.

Emily stated that she has a role about conveying her own language, Russian, to their daughters. About her husband, she said that he has to teach and improve the Turkish language of the two girls and also help with their school lessons. Emily also believed that she is the one who can help all the family members' with their global language, English, as her lack of Turkish means that all family members have to speak English all together.

The father has different ways to teach Turkish to his daughters:

> For my eldest daughter everything is more difficult because she has to learn Turkish as a second language. However, my little girl was born into a Turkish environment and I have been able to teach her from birth until now (almost four) in Turkish. So, while I was only reading books to my younger daughter, I still had to translate into English from Turkish at first. If she also doesn't know the meaning in English, we directly go and ask her mother its Russian meaning, if I also don't know.

The mother said that the eldest daughter also helped her sister to practise their Turkish.

> As I don't know Turkish, my little girl only had the chance to speak Turkish with my husband when he came home at night. But after my eldest daughter began to speak Turkish, she also started to speak Turkish with my youngest daughter. I support them with this at home too as they can practise together. This was like a rule of our home that girls had to speak mostly Turkish with each other. They had to speak Turkish with their father too, even though we speak English all together. I want to improve my girls' English too. I told them when we are speaking English all together on the same subject, if I ask or if you want to make a comment, answer in English. If I am alone with the girls we speak Russian. That way, they won't forget their Russian either. After my younger daughter went to kindergarten, she wanted to speak more Turkish than before. They play and mostly speak Turkish with each other. They only choose to speak Russian with me.

Theme 2: The parents' choice of responses to the use of Russian.

Although the girls' mother insists on the daughters' speaking Turkish at home, the children sometimes switch into Russian, because the eldest daughter didn't acquire Turkish language from the beginning and continues to find it difficult. According to the mother:

> Although they mostly speak Turkish at home, I observe that they quickly switch into Russian while they are playing. The older daughter gets tired after speaking Turkish for some time as she was born and raised to age six in Ukrainian. Alphabet and pronunciation is difficult for her in Turkish, she can quickly switch into Russian, and the younger sister follows her choice. When she speaks Turkish she speaks Turkish but when Daniela switches into Russian Gokce never hesitates to switch into Russian. I want to improve my older daughter's proficiency in Turkish, so I insist on Turkish when they are playing too.

Emily said of Russian that:

> Although my native language is the Ukinian language, most people in Ukraine prefer to speak Russian. I don't teach Ukrainian to the girls because they are already growing up with three languages. The Ukrainian language is difficult for me too so I didn't want to force my daughters into a fourth language.

Theme 3: The two daughters' different levels of ability in Turkish

In response to the last research question, according to the interviews, the two daughters have different levels of language proficiency in Turkish. The younger daughter has acquired Turkish more or less naturally but the older daughter is learning it as a second language and therefore having greater difficulty. The management strategies to be employed need to be very different. With the eldest daughter, the parents try to teach Turkish as a second language and with the youngest one, they help her acquire Turkish naturally, by speaking and reading Turkish to her.

This study concerns a Russian-speaking mother and a Turkish-speaking father. They live in Turkey where Turkish is the dominant language. The study also follows the linguistic development of the couple's two daughters, one born and raised in Ukraine to age six, and the other born in Turkey. The study investigates the language management strategies which are applied by the parents to each of the two girls.

Regarding the first section, related to family ideology, three themes emerged. The first theme is of the importance of English as the means of everyday communication inside the family, evidenced by the parents' answers. Despite the mother's preference for speaking in Russian with both her daughters when she is alone with them, she still wishes both daughters to achieve competence in English. This bears out the findings of the study by Liu and Lin (2019) which showed the importance of English as a lingua franca and everyday language inside Filipino-Malaysian families in Malaysia.

The second theme is about the social environment's effects on the use of Turkish. According to the parents' answers, although the mother has experienced difficulties from not learning Turkish, she doesn't feel any pressure to acquire this language due to the availability of two other languages for communication. In the case of the children, however, their attendance at school, homework obligations, and friendships are compelling them to acquire Turkish as a matter of urgency. This bears out the findings of the study by Kopeliovich (2009) which showed the

effectiveness of social life such as school attendance on learning and using the dominant language of the environment.

The third and last theme of the first section is about the culture of the extended family, in this case Russian/Ukrainian, passed on to the girls through their mother. Findings of the study showed that the heritage language of the mother and her desire for her daughters to communicate with their extended family in her own language motivate her to continue speaking Russian with her daughters. Unlike this study's finding, some studies showed that heritage language and culture are not sustained and are forgotten by future generations (Ünlü &Li, 2018; Gu et al., 2022; Mirvahedi & Hosseini, 2023).

The second section is about the family's language practice. There are three themes in this section, which includes the answer to research question 2. These two themes commonly showed that the use of activities and games as well as peer influences on learning and improving literacy and speech in the host language are very important (Patrick, et al., 2013 ;Zheng, 2015; Alzahrani, 2020).

In the third section, language management of the family has two themes. These relate to the roles of the parents *and the rules they establish at home, including the way they respond to the children's continued use of Russian.* The findings showed that all family members have their role and that rules have been established around speaking languages. While parents want their children to learn and improve their Turkish and English, they also don't want their children to forget their mother's language (Kopeliovich, 2010; Roberts, 2023).

The last theme concerns the daughter's different proficiency level in Turkish as the answer to the last research question of the study. The findings showed that as the older girl had Ukrainian parents until she was six and was born and raised in Ukraine until that age, she is now learning Turkish as a second language. The younger daughter was born in Turkey and has a Turkish father. Both girls live with plurilingual parents, their proficiency in Turkish is different. The process is therefore different for each daughter, and they face different challenges. The older one is reluctant to attend school due to her struggles with the language, whereas the younger one, finding Turkish natural and easy, enjoys kindergarten. The older daughter also needs the support of her parents and classmates in completing school homework.

4. Conclusions

Language policy (LP) has evolved as a way to describe the management by families of the use of different languages both inside and outside the home. These environments are referred to as "speech communities". (Spolsky 2004, 40) Bernard Spolsky (2004) developed his theory which contains three interconnected elements. This work has come to be regarded as one of the chief influences on the evolution of the field of FLP (Curdt-Christiansen 2018, 421).

Much research in the field studies family language policy in families where children are being raised in plurilingual families, living in a multilingual environment and where one or both parents have travelled from one part of the world to another (transnationalism). Its aim is to understand the roles of parents in the linguistic development of their children as well as the ways in which they seek to preserve their heritage languages in these new environments.

This present study seeks to examine the beliefs about language, strategies employed and overall management of language use in a Russian-Turkish family living in Turkey. It further seeks to examine the development of the two daughters of the family, who are growing up speaking three languages, and in particular, the strategies employed for the acquisition of the dominant language, which is Turkish.

This case study used interviews with and observations from the parents and their two daughters for collecting data. The study used NVIVO v.10 software for analysing the data.

The findings revealed that the parents' management strategies had indeed affected the proficiency levels of the girls in their three different languages: Turkish, Russian and English. Each language has its own theme in the study which reflects the ways it is used and its importance for the daily lives of the family. The findings further revealed that the natural acquisition of a language as opposed to learning it as a second language affects the progress of the learner, which further leads to a necessary adjustment in language policy on the part of the parents.

It is hoped that this study will prove to be useful for parents and children who are coping with bilingualism, plurilingualism and multilingualism, and particularly for those in transnational contexts, as well as for language teachers who teach children living in these circumstances.

REFERENCES

Armstrong T. (2014). Naturalism and Ideological Work: How Is Family Language Policy Renegotiated as Both Parents and Children Learn a Threatened Minority Language? International Journal of Bilingual Education and Bilingualism, 15 (5), 570-585.

Blackledge A., Creese A. (2010). Multilingualism: A Critical Perspective. London: Continuum.

Curdt-Christiansen X.L. (2009). Visible and Invisible Language Planning: Ideological Factors in the Family Language Policy of Chinese Immigrant Families in Quebec. Language Policy, 8 (4), 351-375.

Curdt-Christiansen X.L. (2012). Private Language Management in Singapore: Which Language to Practice and How? In Communication and Language: Surmounting Barriers to Cross-Cultural Understanding, ed. A.S. Yeung, E.L. Brown, C. Lee, pp. 55-77. Charlotte: Information Age Publishing.

Curdt-Christiansen X.L. (2013). Negotiating Family Language Policy: Doing Homework. In Successful Family Language Policy: Parents, Children and Educators in Interaction, ed. M. Schwartz, A. Verschik, pp. 277-295. Berlin and New York: Springer.

Curdt-Christiansen X.L., La Morgia F. (2018). Managing Heritage Language Development: Opportunities and Challenges for Chinese, Italian and Pakistani Urdu-Speaking Families in the UK. Multilingua, 37 (2), 171-200.

De Houwer A. (2017). Minority Language Parenting in Europe and Children's Well-Being. In Handbook on Positive Development of Minority Children and Youth, ed. N.J. Cabrera, B. Leyendecker, pp. 231-246. Berlin and New York: Springer.

Dixon L., Wu S. (2014). Home Language and Literacy Practices among Immigrant Second Language Learners. Language Teaching, 47 (4), 414-449.

Engman M. (2015). Muslim American Identity Acquisition: Religious Identity in an Arabic Language Classroom. Heritage Language Journal, 12 (3), 221-243.

Gharibi K., Mirvahedi S.H. (2021). 'You Are Iranian Even If You Were Born on the Moon': Family Language Policies of the Iranian Diaspora in the UK. Journal of Multilingual and Multicultural Development, 1-16.

Hollebeke I., Struys E., Agirdarg O. (2020). Can Family Language Policy Predict Linguistic, Socio-Emotional and Cognitive Child and Family Outcomes? Journal of Multilingual and Multicultural Development.

Istanbullu S. (2020). The Language Policy of Trilingual Transnational Families Living between Antioch, Paris and Berlin. Sociolinguistic Studies, 14 (4), 459-481.

King K.A., Fogle L., Logan-Terry A. (2008). Family Language Policy. Language and Linguistics Compass, 2 (5), 907-922.

King K., Lanza E. (2019). Ideology, Agency, and Imagination in Multilingual Families: An Introduction. International Journal of Bilingualism, 23 (3), 717-723.

Luykx A. (2003). Weaving Languages Together: Family Language Policy and Gender Socialization in Bilingual Aymara Households. In Language Socialization in Bilingual and Multilingual Societies, ed. R. Bayley, S. Schecter, pp. 10-25. Bristol: Multilingual Matters.
McCarty T. (2015). Ethnography in Language Planning and Policy Research. In Research Methods in Language Policy and Planning: A Practical Guide, ed. F. Hult, D. Johnson, pp. 81-93. New York: John Wiley & Sons.
Mirvahedi S.H. (2021). Examining Family Language Policy through Realist Social Theory. Language in Society, 50 (3), 389-410.
Mirvahedi S.H., Rajabi M., Aghaei K. (2021). Family Language Policy and Language Maintenance among Turkmen-Persian Bilingual Families in Iran. In Diversifying Family Language Policy, ed. L.F. Wright, C. Higgins. London: Bloomsbury Publishing.
Moustaoui Srhir A. (2021). The Discourses of Heritage Languages: Development and Maintenance within Transnational Moroccan Families in Spain. Estudios de Lingüística Inglesa Aplicada, 21 (2), 15-51.
Ochs E., Schieffelin B. (2012). The Theory of Language Socialization. In The Handbook of Language Socialization, ed. A. Duranti, E. Ochs, B. Schieffelin, pp. 1-21. London: Wiley-Blackwell.
O'Rourke B., Nandi A. (2019). New Speaker Parents as Grassroots Policy Makers in Contemporary Galicia: Ideologies, Management and Practices. Language Policy, 18, 493-511.
Polinsky M. (2018). Heritage Languages and Their Speakers. Cambridge: Cambridge University Press.
Schalley A.C., Eisenchlas S.A. (2020). Social and Affective Factors in Home Language Maintenance and Development: Setting the Scene. In Handbook of Home Language Maintenance and Development, ed. A.C. Schalley, S.A. Eisenchlas, pp. 1-13. Berlin: Mouton de Gruyter.
Smith-Christmas C. (2017). Family Language Policy: New Directions. In Family Language Policies in a Multilingual World, ed. J. Macalister, S.H. Mirvahedi, pp. 23-39. London: Routledge.
Spolsky B. (2007). Towards a Theory of Language Policy. Working Papers in Educational Linguistics, 22 (1), 1.
Tollefson J., Pérez-Miláns M. (2018). The Oxford Handbook of Language Policy and Planning. Oxford: Oxford University Press.
Van Mensel L., De Meulder M. (2021). Exploring the Multilingual Family Repertoire: Ethnographic Approaches. Journal of Multilingual and Multicultural Development, 42 (8), 693-697.
Wright L., Higgins C. (2021). Diversifying Family Language Policy: Families, Methodologies and Speakers. London: Bloomsbury.
Wright L.F., Higgins C. (2022). Diversifying Family Language Policy. Bloomsbury Academic.

CLOSED TRIALS IN VIETNAMESE CRIMINAL PROCEDURE LAW

Ms. Tran Thi Thanh Hang
Nguyen Thi Khanh Ly
Thu Dau Mot University, Vietnam

ABSTRACT

In judicial reform, perfecting the system of fundamental principles of criminal procedure law plays a crucial role in improving the quality and effectiveness of trials. Among these, the principle of public trial is always applied in criminal trials to ensure transparency and the public's participation in the supervision of court proceedings. However, to reconcile the requirements of transparency with the protection of human rights and the interests of the State, Vietnamese criminal procedure law has stipulated cases where closed trials are possible. Therefore, studying and analyzing the provisions of the current Vietnamese Criminal Procedure Code regarding closed trials not only helps the competent authorities and participants in the proceedings understand the humane nature of the law, but it also contributes to affirming the guarantee of human rights in criminal justice.

This article focuses on clarifying the closed-door trial procedures stipulated in Article 25 of the 2015 Criminal Procedure Code (amended and supplemented in 2025). Through this, it identifies limitations and proposes ways to improve this regulation.

KEYWORDS: Closed trials, persons under 18, procedural principles, human rights

RESEARCH METHODS: To complete this research paper, during the research process, the group of authors used analytical, synthetic and comparative methods.

INTRODUCTION

Judicial reform in Vietnam has been implemented deeply and comprehensively, clearly reflecting the policies of the Party and the State in building a socialist rule-of-law state, as outlined in the Resolutions of the National Party Congress. Rooted in the fundamental nature of the Socialist Republic of Vietnam as a State "of the people, by the people, and for the people", all public policies are people-centric, deeply respecting and guaranteeing human rights[10], including the field of criminal justice. Therefore, criminal proceedings, including court adjudication, have become a primary concern of the modern judiciary in the new context. The current Criminal Procedure Code establishes a relatively comprehensive system of fundamental procedural principles that closely align with international standards, notably the "presumption of innocence" and the "guarantee of the right to defense of the accused", "The principle of timely, fair, and public trial"[11] is a concretization of the 2013 Constitution (as amended and supplemented in 2025)[12]. In this regard, the "principle of a timely, fair, and public trial" serves as both a symbol of transparency and a manifestation of public oversight over court adjudication. Consequently, when issuing judgments or decisions, the Court must be deliberate and cautious in evaluating evidence and other circumstances of the case. Furthermore, it asserts that the

[10] Vu Cong Giao (2026), Protecting human rights in judicial activities: An approach from international human rights law and suggestions for improving the Vietnamese legal system. In Proceedings of the National Scientific Conference: Innovating Judicial Legal Institutions to Promote Rapid and Sustainable Development of the Country. Supreme People's Procuracy, Hano, page.130.

[11] Article 25 Vietnamese Criminal Procedure Code 2015 (amended and supplemented in 2025).

[12] Article 103 Constitution of Vietnam 2013 (amended and supplemented in 2025).

outcome of examining and evaluating evidence is not the sole basis for the Court's ruling, which must also rely heavily on the results of the adversarial arguments at the trial.[13].

However, in criminal proceedings, the effectiveness of a public criminal trial often depends on various factors, such as the rule of law, the rights and interests of the parties involved in the procedural legal relationship, and the legal awareness of trial participants. In other words, the public nature of a trial does not always yield positive results. Selecting an appropriate form of case resolution to protect the moral values or human rights of special subjects such as minors must, in certain cases, be carefully considered within the criminal policy of each nation, including Vietnam. Therefore, closed trials exist as an objective necessity, offering humanitarian value that underscores the principle of public trials and demonstrating a refined balance between the collective interests of the State and those of the individual[14]; between retribution, deterrence, and the requirement to protect human dignity, even when they are the perpetrators of a crime[15].

Recently, offenses infringing upon human honor and dignity have shown an increasing trend, with victims under the age of 18 accounting for a relatively high percentage, sparking public outrage, particularly regarding cases involving sexual abuse. A defining characteristic of this vulnerable group is that their physical and psychological development is incomplete; thus, facing a "crowd" of trial attendees or intense press coverage at a public trial can sometimes inflict severe consequences upon them, such as deep-seated inferiority or public judgment. For the accused individuals specifically the defendants they are highly susceptible to psychological crises, which severely hinders their subsequent social reintegration. Meanwhile, other procedural participants, such as the victims or their legal representatives, also face immense difficulties and require a prolonged period to overcome the trauma caused by the criminal acts.

While the humanitarian value of closed trials is undeniable, a current challenge lies in the ineffective practical application of these cases, driven by ambiguous provisions within the Criminal Procedure Code. This has led to inconsistent enforcement, where cases of a similar nature are handled differently across various courts, thereby undermining the integrity and transparency of the judicial system. Furthermore, closed trials face significant obstacles amid the boom of the digital era, making the preservation of trial confidentiality more difficult than ever. This new context blurs the boundary between information security and freedom of expression, as well as between conducting a closed trial and pronouncing the verdict publicly. Therefore, conceptualizing and clarifying the dimensions of closed trials in criminal cases not only holds profound theoretical value regarding human rights in criminal justice but also possesses highly topical relevance in the current era.

In this article, the authors analyze the specific circumstances under which courts may conduct closed trials, and evaluate the legal loopholes that lead to limitations and complications during practical enforcement. Based on these findings, solutions are proposed to enhance the effectiveness of closed trials within criminal proceedings.

[13] Article 26 Vietnamese Criminal Procedure Code 2015 (amended and supplemented in 2025)

[14] Huynh Trung Hau (2026), Criminal Policy in the Draft Amended Penal Code: Reform Orientations and Imposed Issues, https://dhcsnd.edu.vn/chinh-sach-hinh-su-trong-du-thao-bo-luat-hinh-su-sua-doi-nhung-dinh-huong-cai-cach-va-van-de-dat-ra, accessed on May 14, 2026.

[15] Hanoi Law University (2017), Textbook on Criminal Law (General Part), People's Public Security Publishing House, page. 264.

1. PROVISIONS OF THE CURRENT VIETNAMESE CRIMINAL PROCEDURE CODE ON CASES WHERE COURTS MAY CONDUCT CLOSED TRIALS

When a case falls under one of the circumstances where a closed trial may be granted, the involved parties have the right to submit a petition to the competent Court requesting a closed hearing. The Court will then review the case based on the parties' request to determine whether the trial will be held publicly or closed. The current Criminal Procedure Code stipulates that the circumstances under which the Court may conduct a closed trial include:

First, cases where it is necessary to preserve State secrets

Under Vietnamese law, a State secret is defined as important information whose content is determined by the head of a competent agency or organization pursuant to the provisions of this Law, which has not been made public, and the disclosure or loss of which could harm national interests. The forms containing State secrets include documents, objects, locations, speeches, activities, or other formats[16]. In criminal proceedings, conducting closed trials to preserve State secrets is an objective and essential requirement to ensure national security as well as the supreme interests of a nation; this is also one of the protected objects of criminal law. To establish the grounds for criminal prosecution, the law clearly defines the scope of State secrets as the limits of important, non-public information across the following sectors which, if disclosed or lost, could jeopardize national interests. Specifically, these include: information on politics; information on national defense, security, and cryptography; information on constitution-making, legislation, and the judiciary; information on foreign affairs; information on the economy; and information on inspection, examination, supervision, handling of violations, settlement of complaints and denunciations, and anti-corruption[17]. At the same time, the law enumerates prohibited acts in the protection of State secrets, which include: Disclosing, appropriating, buying, or selling State secrets; distorting, damaging, or losing documents or objects containing State secrets; Illegally collecting, exchanging, providing, or transferring State secrets; illegally copying, photographing, storing, transporting, delivering, receiving, recalling, or destroying documents or objects containing State secrets; Illegally moving documents or objects containing State secrets out of their storage places; Taking advantage of or abusing the protection of State secrets, or using State secrets to commit or conceal violations of the law, infringe upon the legitimate rights and interests of, or obstruct the activities of agencies, organizations, or individuals; Drafting or storing documents containing State secrets on computers or other devices that are or have been connected to the Internet, computer networks, or telecommunications networks, except for the storage of State secrets in accordance with the law on cryptography; Transmitting State secrets via mass media or telecommunications channels in violation of the law on cryptography; Repurposing computers or other devices previously used to draft, store, or exchange State secrets without completely removing such secrets; Using devices with signal transmitting, receiving, audio recording, or video recording capabilities in any form during conferences, seminars, or meetings involving State secrets without permission from competent authorities; Publishing or disseminating State secrets on mass media, the Internet, computer networks, and telecommunications networks[18]. For these cases, during the trial process, the Court may present documents and evidence that fall under confidential categories. Consequently, if a public trial is conducted, this information will be exposed, allowing hostile forces or offenders to exploit it to the detriment of the country's interests. Therefore, considering a closed trial facilitates the Trial Panel in preserving information while still evaluating the full progression of the case. In this scenario, holding a closed trial demonstrates a prioritization of the interests and survival of a nation in sensitive situations and circumstances.

[16] Clause 1 Article2 Law on Protection of State Secrets 2018.
[17] Article 7 Law on Protection of State Secrets 2018.
[18] Article 5 Law on Protection of State Secrets 2018.

Second, cases where it is necessary to preserve national fine customs and traditions

When resolving criminal cases, the State's priority to protect moral standards and traditional cultural values is always emphasized. Consequently, the principle of a public trial in criminal proceedings may be restricted by the foundational moral values of society. National fine customs and traditions are not merely wholesome habits but constitute a system of conduct rules and moral standards that have been formed and recognized by the community[19]. If a case brought to trial involves circumstances that contradict traditional morality and result in negative social consequences, creating a selective information mechanism to reduce 'information pollution' within the digital technology environment becomes crucial. The Court's discretion to consider a closed trial at this juncture functions as a mechanism to 'filter out' toxic information, curb unnecessary public curiosity, and prevent distorted social perceptions regarding issues occurring in the lives of certain segments of the population. Since national fine customs and traditions originate from the spiritual values of the citizenry, their attributes lean heavily toward qualitative factors. Consequently, when opting for a closed trial under these circumstances, the Court must make an objective assessment to both protect moral values and preserve the inherent transparency of justice.

Third, cases to protect minors (under 18 years old)

Minors (individuals under 18 years old) belong to a vulnerable group that has not yet fully developed both psychologically and physically. In criminal cases involving the participation of minors in the proceedings, the Court's discretion to conduct a closed trial is a provision that embodies profound humanitarian values, demonstrating that:

(i) Preventing trauma caused by procedural activities and environmental impacts. If a public trial is conducted, minors will face external conditions, and questions from the Trial Panel during the adversarial process may inflict severe psychological shock, particularly in cases involving sexual offenses or homicide. Furthermore, the 2025 Law on Juvenile Justice aims toward friendly trial procedures, establishing a safe and private environment appropriate for their age to present the details of the case. For this reason, opting for a closed trial in this circumstance helps minors reduce their feelings of inferiority, while minimizing public scrutiny from those around them and exposure to press coverage;

(ii) Ensuring educational goals rather than punishment for minors. Unlike those aged 18 or older (adults), during procedural activities involving minors, competent procedural authorities always aim to educate them on legal awareness. The Court, as the entity empowered to render judgments or decisions, consistently takes this matter into account. Recent judicial reforms in Vietnam have focused on diversion measures or restorative justice when dealing with cases involving this special subject. This approach aligns with international standards on children's rights[20], including the Beijing Rules on juvenile justice. Conducting closed trials minimizes the negative impacts of social public opinion and prevents criminal labeling at an age where their physical and psychological development is incomplete, thereby creating favorable conditions for the rehabilitation and personality development of minors;

(iii) Protecting the future of minors and ensuring their social reintegration. This is considered a long-term, strategic orientation in the criminal policy dedicated to this specific group. Expecting a public trial in these cases could result in the widespread dissemination of the minors' and their families' identities, dignity, and emotions, disrupting their lives. Consequently, inadvertent social stigma or public condemnation from the community could become a spiritual

[19] Nguyen Ngoc Chi (2007), Protecting human rights through criminal procedural law, Journal of Science, Vietnam National University, Hanoi, (23), page. 64-80.

[20] Convention on the Rights of the Child in 1989

life sentence, hindering the educational path, daily activities, and other opportunities for these minors. For this reason, a closed trial serves as a shield, ensuring that throughout their development, no child is detached from the supportive roles of family, school, and society.

Fourth, cases where it is necessary to preserve private life secrets at the legitimate request of the involved parties

In addition to the cases mentioned above, the current Criminal Procedure Code also stipulates that a closed trial may be conducted when it is necessary to preserve private life secrets at the legitimate request of the involved parties. This provision is the concretization of the constitutional right to protect the honor, dignity, and reputation of individuals within the judicial activities of competent procedural authorities. A 'legitimate request' in this context can be understood as the lawful aspiration of the involved party to prevent aggressive public interference into their private life, helping them avoid public stigma after the trial concludes. In other words, in this scenario, the Court may conduct a closed trial based on the will of the involved party. This regulation is not recorded by chance but stems from the nature of criminal cases, including the group of crimes infringing upon honor, dignity, and reputation as stipulated in the Penal Code. In these offenses, the circumstances within the case file often involve numerous details related to family relations, personal identity, and secrets in daily life. Therefore, the law provides exceptions for this aspect, such as the regulations on initiating criminal cases at the request of victims or their representatives[21]. Therefore, if the involved party requests a closed trial, the Court should be flexible in this scenario to protect the ultimate value of human rights within criminal justice.

2. ORIENTATIONS FOR IMPROVEMENT TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF closed TRIALS IN VIETNAMESE CRIMINAL PROCEEDINGS

First, it is necessary to issue guiding documents to explain what constitutes “national fine customs and traditions” and “the legitimate request of the involved parties”. Currently, regulations relating to the core meaning of these concepts are qualitative and lack specific criteria. Consequently, Courts apply the provisions on closed trials inconsistently. Furthermore, amendments should be made to mandate that the Court must conduct a closed trial in these cases, whereas the current law only stipulates that “the Court may conduct a closed trial”.

Second, restructuring the judgment pronouncement procedure in these cases. Currently, a number of judgments and decisions published on the Judgment Publication Portal of the Supreme People's Court have not omitted sensitive personal privacy details and certain other specifics. The crux of the matter remains that while trials are closed and judgments are pronounced publicly, this public pronouncement must not invalidate the underlying purpose of the closed trial.

Third, enhancing the capacity and professional ethics of judicial personnel. The quality and effectiveness of applying closed trials depend on the capacity, qualifications, and experience of the personnel involved. Especially in cases involving minors, procedural officers are required to possess specific alternative standards regarding ethics, attitude, and professional conduct.

Fourth, applying information technology and digital security in professional activities. In the context of digital transformation, perfecting the technological infrastructure to support closed trials must satisfy the criteria for archiving and managing case files dedicated to closed proceedings. Therefore, specialized software needs to be established and upgraded to ensure that information from closed trials is not disseminated or leaked into cyberspace. In the long run, to reduce costs, save financial resources for procedural participants, and ensure the transparency of court trial activities in the new era, it is necessary to implement online closed trials; thus, providing material conditions and digital infrastructure is essential to maintain flexibility in any potential situation

[21] Clause 1 Article 155 Vietnamese Criminal Procedure Code 2015 (amended and supplemented in 2025)

CONCLUSION

Closed trials in criminal proceedings create a humanitarian balancing mechanism, reflecting a judicial strategy focused on ensuring human rights. This mechanism helps balance the interests of the State and those of individuals within criminal procedural legal relations. The institutionalization of cases eligible for closed trials in the current Vietnamese Criminal Procedure Code establishes a solid legal corridor to protect core values regarding national security and social moral standards. Most notably, it protects the human rights of vulnerable groups, such as minors, and respects the will of individuals harmed by criminal acts.

In the context of profound international globalization, perfecting the institution of closed trials intertwined with the digital transformation process, judicial reform, and the building of a rule-of-law State is the key to further refining the Vietnamese legal system in the coming period.

REFERENCES

1. National Assembly. (2025). The 2013 Constitution of Vietnam (Amended and supplemented in 2025).
2. National Assembly. (2025). The 2015 Criminal Procedure Code of Vietnam (Amended and supplemented in 2025).
3. National Assembly. (2025). The 2015 Penal Code of Vietnam (Amended and supplemented in 2025).
4. National Assembly. (2018). The 2018 Law on Protection of State Secrets.
5. United Nations. (1989). Convention on the Rights of the Child
6. Nguyen Ngoc Chi (2007), *Protecting human rights through criminal procedural law*, Journal of Science, Vietnam National University, Hanoi, (23).
7. Vu Cong Giao (2026), *Protecting human rights in judicial activities: An approach from international human rights law and suggestions for improving the Vietnamese legal system*. In Proceedings of the National Scientific Conference: Innovating Judicial Legal Institutions to Promote Rapid and Sustainable Development of the Country. Supreme People's Procuracy, Hanoi
8. Huynh Trung Hau (2026), Criminal Policy in the Draft Amended Penal Code: Reform Orientations and Imposed Issues, https://dhcsnd.edu.vn/chinh-sach-hinh-su-trong-du-thao-bo-luat-hinh-su-sua-doi-nhung-dinh-huong-cai-cach-va-van-de-dat-ra, accessed on May 14, 2026.
9. Hanoi Law University (2017), *Textbook on Criminal Law (General Part)*, People's Public Security Publishing House.

YÜKSEK KAPASİTELİ VERİ MERKEZLERİNDE YAPISAL KABLOLAMA TASARIMI: KLASİK LC VE MPO/MTP MİMARİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE PYTHON TABANLI SİMÜLASYON ARACI

İbrahim TAŞ
Gazi University, Institute of Informatics, Department of Information Systems, 06500 Teknikokullar, Ankara, Turkey
ORCID: 0009-0006-8454-7266
Porf. Dr. Murat YÜCEL
Gazi University, Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering, 06500 Teknikokullar, Ankara, Turkey
ORCID: 0000-0002-0349-4013

ÖZET
Veri merkezleri, bulut bilişim, büyük veri analitiği, yapay zekâ ve yüksek performanslı hesaplama uygulamalarının etkisiyle hızla büyümekte ve dönüşmektedir. Bu büyüme, fiziksel altyapıda özellikle yapısal kablolama sistemlerinde yeni gereksinimler doğurmaktadır. Artan port yoğunluğu, yükselen bant genişliği talepleri (400G, 800G ve ötesi) ve fiziksel alan kısıtları, geleneksel LC (Lucent Connector) tabanlı kablolama yaklaşımlarının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, yüksek kapasiteli veri merkezleri için fiber optik yapısal kablolama tasarımı ele alınmış; noktadan noktaya klasik LC mimarisi ile MPO/MTP (Multi-fiber Push-On/Media Termination Push-on) tabanlı yüksek yoğunluklu mimari teknik, operasyonel ve ekonomik açılardan karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında 200 kabinetli örnek bir veri merkezi senaryosu oluşturulmuş; trunk kablo sayısı, patch panel yoğunluğu ve kurulum süresi gibi parametreler her iki mimari için hesaplanmıştır. Çalışmanın özgün katkısı, geliştirilen Python tabanlı simülasyon aracıdır. Bu araç; kabinet sayısı, yedeklilik, fiber türü ve hedef hız gibi tasarım parametrelerinin fiziksel altyapı metrikleri üzerindeki etkilerini nicel olarak değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Sonuçlar, düşük yoğunluklu ortamlarda LC mimarisinin uygulanabilirliğini koruduğunu; yüksek yoğunluklu ve 400G üzeri hızlara hazırlıklı veri merkezlerinde ise MPO/MTP tabanlı mimarinin daha rasyonel olduğunu ortaya koymaktadır. En uygun yaklaşım olarak omurga katmanında MPO trunk, dağıtım katmanında kaset ile LC dönüşümü kullanan hibrit model önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Veri merkezi, yapısal kablolama, fiber optik, MPO/MTP, LC, 400G, Python simülasyonu, yüksek yoğunluk.

STRUCTURAL CABLING DESIGN IN HIGH-CAPACITY DATA CENTERS: COMPARISON OF CLASSIC LC AND MPO/MTP ARCHITECTURES AND A PYTHON-BASED SIMULATION TOOL

ABSTRACT
Data centers are rapidly growing and transforming under the influence of cloud computing, big data analytics, artificial intelligence, and high-performance computing applications. This growth introduces new requirements for physical infrastructure, particularly in structured cabling systems. The increasing port density, rising bandwidth demands (400G, 800G and beyond), and physical space constraints necessitate a re-evaluation of traditional LC (Lucent Connector)-based cabling approaches. This study examines fiber optic structured cabling design for high-capacity data centers, comparing point-to-point LC architecture with MPO/MTP (Multi-fiber Push-On/Media Termination Push-on)-based high-density architecture from technical, operational, and economic perspectives. A 200-cabinet data center scenario was constructed, and parameters such as trunk cable count, patch panel density, and installation time were calculated for both

architectures. The original contribution of this work is a Python-based simulation tool that enables quantitative evaluation of design parameters including cabinet count, redundancy, fiber type, and target speed on physical infrastructure metrics. Results indicate that LC architecture remains viable in low-density environments while MPO/MTP-based architecture is more rational for high-density data centers requiring readiness for 400G and above speeds. A hybrid model utilizing MPO trunk at the backbone layer with cassette-based LC conversion at the distribution layer is recommended as the optimal approach.
Keywords: Data center, structured cabling, fiber optics, MPO/MTP, LC, 400G, Python simulation, high density.

1. GİRİŞ

Günümüzde veri, ekonomilerin ve toplumların temel üretim faktörlerinden biri haline gelmiştir. Küresel veri merkezi pazarı 2024 yılında 342 milyar dolara ulaşmış olup yapay zekâ ve büyük veri uygulamalarının etkisiyle 2030 yılına kadar 1 trilyon dolar sınırını aşması beklenmektedir. [1, 2]. Synergy Research Group verilerine göre hiper ölçekli operatörler, 2031 yılına kadar küresel veri merkezi kapasitesinin %67'sini oluşturacak [13]. Türkiye'de de veri merkezi yatırımları son beş yılda %30'un üzerinde büyümüş; ülkenin toplam kapasitesi 2023 itibarıyla yaklaşık 250 MW seviyesine ulaşmıştır [2].

Bu büyüme beraberinde ciddi altyapı gereksinimlerini de getirmektedir. Yüksek yoğunluklu veri merkezlerinde artan port sayısı, 100G ve üzeri bağlantı hızları ile fiziksel alan kısıtları, geleneksel noktadan-noktaya kablolama yaklaşımlarının sınırlarını zorlamaktadır. Geleneksel LC (Lucent Connector) tabanlı tekil fiber patch kablo mimarileri, kablo karmaşasına, yönetim zorluklarına ve ölçeklenebilirlik problemlerine yol açmaktadır [3, 4].

Bu bağlamda Multi-fiber Push-On/Media Termination Push-on (MPO/MTP) tabanlı yüksek yoğunluklu kablolama mimarileri, tek bir konektörde 8, 12 veya 24 fiber taşıyabilme kapasitesiyle önemli bir alternatif sunmaktadır. MPO/MTP sistemleri; kablo yoğunluğunu düşürmesi, modüler yapısı ve 400G/800G hızlara olan doğal uyumu sayesinde modern veri merkezi altyapılarında giderek yaygınlaşmaktadır [3, 5].

Bu çalışmada; LC tabanlı klasik ve MPO/MTP tabanlı yüksek yoğunluklu kablolama mimarileri teknik, operasyonel ve ekonomik boyutlarıyla karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın özgün katkısı olarak geliştirilen Python tabanlı simülasyon aracı, farklı tasarım parametrelerinin fiziksel altyapı metrikleri üzerindeki etkisini nicel olarak değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, algoritmik veri merkezi tasarım araçlarına duyulan ihtiyacı ele alan güncel literatürle de uyum içindedir [6].

2. KABLOLAMA MİMARİLERİ VE TEMEL BİLEŞENLER

2.1 LC Tabanlı Klasik Kablolama

LC (Lucent Connector) konektör, 1,25 mm zirkonya ferrüllü tek fiber yapısıyla veri merkezlerinde onlarca yıldır yaygın biçimde kullanılan bir bağlantı elemanıdır. Duplex yapısı sayesinde tek bir bağlantı noktasında hem gönderme (Tx) hem de alma (Rx) işlemlerini gerçekleştirmektedir. Küçük form faktörü ve basit kurulum yapısı, LC konektörü özellikle 10G ve 40G hızlarındaki düşük yoğunluklu sistemlerde tercih edilen bir çözüm haline getirmiştir [3]. Klasik LC mimarisinde her aktif cihaz portu, karşı taraftaki port ile ayrı bir fiber patch kablo aracılığıyla doğrudan bağlanmaktadır. Bu nokta-nokta (point-to-point) yapı, her bağlantının bağımsız olması nedeniyle başlangıç aşamasında anlaşılabilir ve yönetilebilir bir altyapı sunmaktadır. Ancak veri merkezi büyüdükçe kablo sayısı bağlantı sayısıyla doğrusal olarak artmakta; bu durum hem fiziksel hem operasyonel açıdan ciddi sorunlara yol açmaktadır [4, 7].

2.2 MPO/MTP Tabanlı Yüksek Yoğunluklu Kablolama

MPO/MTP konektörler, MT (Mechanical Transferable) ferrül teknolojisi üzerine inşa edilmiş çok fiberli bağlantı elemanlarıdır. Standart 12-fiber MPO yapılandırması, 40G uygulamalarında

8 aktif fiber (4 Tx + 4 Rx) ile çalışırken; 100G uygulamalarında 8 aktif fiber (4 Tx + 4 Rx) kullanmaktadır. 400G için ise 16-fiber MPO konektörler standardize edilmiştir [3, 11].

MPO/MTP tabanlı mimari üç temel bileşenden oluşmaktadır: (1) çok sayıda fiberi tek bir kablo içinde taşıyan trunk kablolar, (2) MPO bağlantılarını LC portlarına dönüştüren kaset (cassette) modülleri ve (3) son kullanıcı veya cihaz bağlantıları için kullanılan LC patch kablolar. Bu modüler yapı, omurga katmanında yüksek yoğunluklu fiber taşımasına olanak tanırken dağıtım katmanında LC uyumluluğunu korumaktadır [4, 5].

3. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

3.1 Örnek Senaryo Parametreleri

Her iki mimarinin sayısal karşılaştırması amacıyla 200 kabinetlik, 400G bağlantı hızına sahip, A/B yedekli bir veri merkezi senaryosu kurgulanmıştır. Bu senaryo, ANSI/TIA-942-C (2024) standardı ve BICSI TDMM kılavuzu doğrultusunda oluşturulmuştur [7, 8]. Tablo 1'de senaryo parametreleri özetlenmektedir.

Tablo 1. Örnek veri merkezi senaryo parametreleri

Parametre	Değer
Toplam IT kabinet sayısı	200
Hedef bağlantı hızı	400G
Yedeklilik yapısı	A/B yedekli (çift path)
Kabin başına uplink sayısı	2
Ortalama kablo mesafesi	25 m
400G bağlantı başına fiber	16 fiber (LC) / 1 trunk (MPO)

3.2 Fiber ve Kablo Gereksinimi

LC mimarisinde 400G bağlantı başına 16 fiber gerekmektedir. 200 kabinet × 2 uplink = 400 bağlantı için toplam 6.400 fiber; A/B yedekliliğiyle bu değer 12.800 fibere ulaşmaktadır. Bu da yaklaşık 12.800 adet patch kablo anlamına gelmektedir. MPO/MTP mimarisinde ise aynı fiber kapasitesi 800 trunk kablo ile karşılanmakta; bu durum kablo sayısında 16 kat azalma sağlamaktadır. Tablo 2'de her iki mimarinin temel metrikler açısından karşılaştırması verilmektedir.

Tablo 2. LC ve MPO/MTP mimarilerinin karşılaştırması (200 kabinet, 400G, A/B yedekli)

Kriter	LC Klasik	MPO/MTP
Toplam patch/trunk kablo	~12.800 patch	800 trunk
Kablo yoğunluğu	Çok yüksek	Düşük
Yönetilebilirlik	Zor	Kolay
Ölçeklenebilirlik	Sınırlı	Yüksek
Maksimum desteklenen hız	40G (pratik)	100G–800G
Soğutma etkisi	Olumsuz (yoğun kablo)	Olumlu (düzenli yapı)
Kurulum süresi	Uzun	Kısa

3.3 Operasyonel Skor Analizi

Her iki mimari için kablo yoğunluğu, işletme zorluğu, hata riski ve ölçeklenebilirlik olmak üzere dört operasyonel kriter 0-100 ölçeğinde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede 'yüksek' değer, ilgili kriterin sorun yarattığını (örneğin yüksek kablo yoğunluğu veya yüksek hata riski) göstermektedir. Buna karşın ölçeklenebilirlik kriterinde yüksek değer olumlu bir gösterge olarak yorumlanmaktadır.

LC Klasik mimarisinde 200 kabinette kablo yoğunluğu 70/100 (yüksek), işletme zorluğu 72/100 (yüksek), hata riski 65/100 (yüksek) ve ölçeklenebilirlik 33/100 (zayıf) olarak hesaplanmıştır. MPO/MTP mimarisinde ise aynı ölçekte kablo yoğunluğu 22/100 (düşük), işletme zorluğu 24/100 (düşük), hata riski 18/100 (düşük) ve ölçeklenebilirlik 90/100 (çok iyi) değerlerine ulaşılmıştır. Bu bulgular, MPO/MTP mimarisinin yüksek yoğunluklu ortamlarda operasyonel açıdan belirgin üstünlük sağladığını ortaya koymaktadır [3, 7].

4. PYTHON TABANLI SİMÜLASYON MODELİ

4.1 Modelin Tasarımı ve Kapsamı

Bu çalışma kapsamında geliştirilen Python tabanlı simülasyon aracı, veri merkezi kablolama mimarilerinin karşılaştırmalı analizini desteklemek amacıyla tasarlanmıştır. Geleneksel elektronik tablo tabanlı tasarım araçlarının yetersizliği ve algoritmik çerçevelere duyulan ihtiyaç, yakın dönem literatüründe de vurgulanmaktadır [6]. Bu doğrultuda geliştirilen araç, tasarım parametrelerinin fiziksel altyapı metrikleri üzerindeki etkisini interaktif biçimde değerlendiren bir karar destek prototipi niteliği taşımaktadır.

Simülasyon aracı beş ana sekmeden oluşan bir grafik arayüz (GUI) sunmaktadır: (1) Topoloji Görselleştirmesi, (2) Özet ve Skorlar, (3) Maliyet Analizi, (4) Mimari Karşılaştırma ve (5) Yönetim ve Soğutma Değerlendirmesi. Araç; kabinet sayısı, hedef bağlantı hızı, A/B yedeklilik durumu, ortalama kablo mesafesi ve birim maliyet değerlerini girdi olarak almakta; buna karşılık toplam fiber ihtiyacı, trunk kablo sayısı, kablo metrajı, tahmini maliyet ve operasyonel risk skorlarını çıktı olarak üretmektedir.

4.2 Mimari-Hız Uyum Kuralları

Simülasyon modeli, her mimari için gerçekçi hız aralıkları tanımlamaktadır. LC Klasik mimari 10G, 25G ve 40G bağlantı hızlarında çalışmakta; 40G bu mimarinin pratik üst sınırını temsil etmektedir. MPO ile LC Taşıma mimarisi, 12-fiberli MPO trunk kabloların kaset aracılığıyla LC portlara dönüştürüldüğü yapı olup 100G için optimize edilmiştir. MPO Native mimari ise uçtan uca MPO kullanımını esas almakta ve 400G ile 800G hızlarını desteklemektedir [3, 8].

4.3 Karşılaştırma Senaryoları

Model iki temel karşılaştırma senaryosu üretmektedir. Birinci senaryoda aynı hız hedefinin LC Klasik ve MPO ile LC Taşıma mimarisiyle nasıl farklı sonuçlar doğurduğu incelenmektedir. Bu senaryo, 40G hızında LC bağlantısının bağlantı başına 4 fiber gerektirdiğini, MPO trunk yaklaşımının ise aynı hızı tek bir trunk kablo ile karşıladığını görselleştirmektedir. İkinci senaryoda ise 100G ve üzeri hız gereksinimlerinde LC tabanlı taşımanın operasyonel gerçekçiliği sorgulanmaktadır. 100G hızında LC kullanımı bağlantı başına 10 fiber gerektirmekte; bu durum sahada uygulanabilirliği son derece kısıtlı bir yapıya yol açmaktadır [3].

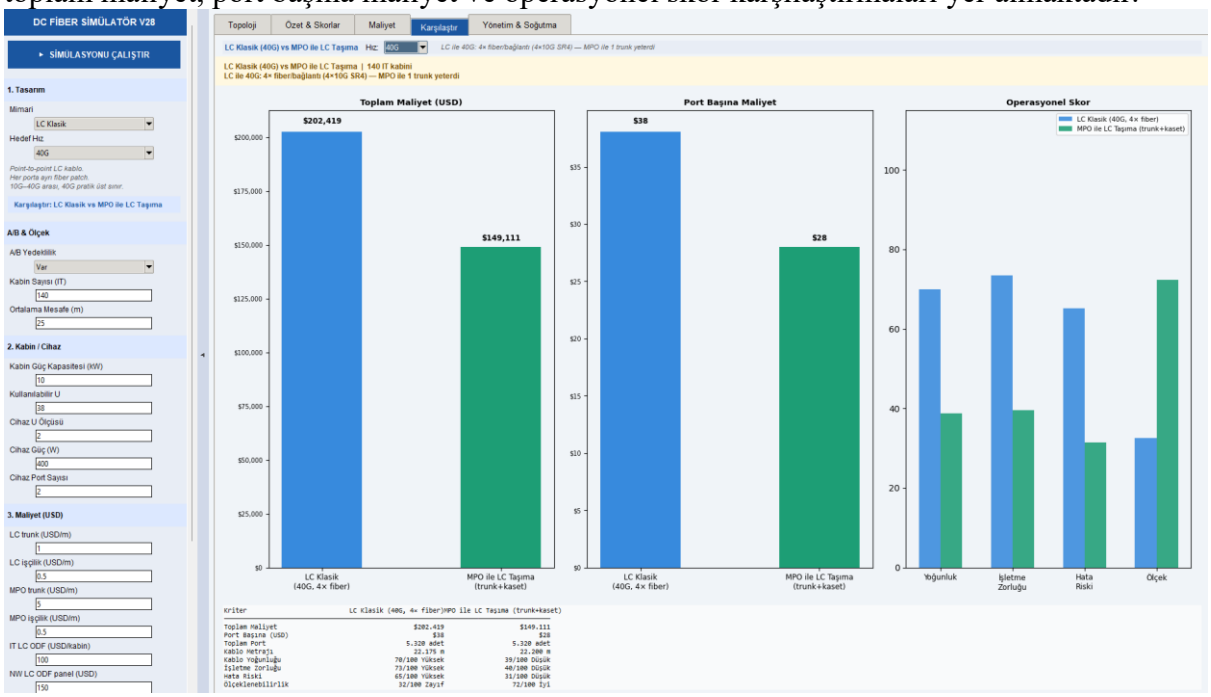
4.4 Şekil Açıklamaları

Şekil 1'de simülasyon aracının genel görünümü, sol panelde girdi parametreleri ve sağ alanda topoloji çıktısı ile sunulmaktadır. Topoloji görünümünde her koridor 40 kabinetten oluşmakta; her 20'lik sıra 18 IT kabini ile sıra sonundaki NW-A ve NW-B ağ kabinetlerinden meydana gelmektedir. Kablo kalınlıkları hesaplanan yoğunluk skoru ile orantılı olarak değişmektedir.



C
de

toplam maliyet, port başına maliyet ve operasyonel skor karşılaştırmaları yer almaktadır.



Şekil 2. Karşılaştırma sekmesi — LC Klasik 40G ile MPO ile LC Taşıma 100G karşılaştırması, 140 IT kabini

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 Mimari Seçim Kriterleri

Analiz sonuçları, mimari seçiminin yalnızca mevcut gereksinime değil, aynı zamanda planlanan büyüme ölçeğine ve hedef bağlantı hızına göre yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Düşük yoğunluklu ortamlarda (<50 kabinet) ve 40G altı hız gereksinimlerinde LC Klasik mimari teknik ve ekonomik açıdan kabul edilebilir kalmaktadır. Bu boyuttaki veri merkezlerinde MPO altyapısının başlangıç maliyeti avantajlı olmayabilir.

Ancak 100 kabineti aşan ve 100G üzeri hız gerektiren ortamlarda denkleme tamamen farklı bir boyut girmektedir. Bu ölçekte LC mimarisinin operasyonel maliyetleri (kablo yönetimi, hata tespiti, değişiklik yönetimi) yatırım maliyetlerini giderek aşmaktadır. Nitekim Tablo 2'de görüldüğü üzere ölçeklenebilirlik açısından MPO/MTP mimarisi belirgin üstünlük sağlamaktadır [4, 5].

5.2 Hibrit Model Önerisi

Her iki mimarinin güçlü yönlerini bir araya getiren hibrit yaklaşım, özellikle mevcut LC altyapısına sahip veri merkezleri için stratejik bir geçiş yolu sunmaktadır. Omurga katmanında 12-fiberli MPO trunk kablolar kullanılırken dağıtım katmanında kaset modülleri aracılığıyla LC portlarına dönüşüm sağlanmaktadır. Bu yapı sayesinde mevcut LC tabanlı son kullanıcı ekipmanı değiştirilmeden yüksek yoğunluklu omurga altyapısı inşa edilebilmektedir [4].

Hibrit model aynı zamanda geleceğe yönelik bir esneklik de sağlamaktadır. Veri merkezi 400G veya 800G hızlarına geçiş yapacağında MPO Native mimarisine geçiş yalnızca trunk kablo ve kaset değişimini gerektirmekte; tüm altyapının yenilenmesi zorunlu olmamaktadır. Bu modüler yaklaşım yatırım koruma açısından önemli bir avantaj sunmaktadır [3, 5].

5.3 Hollow Core Fiber ve Gelecek Perspektifi

Hollow Core Fiber (HCF) teknolojisi, ışığın geleneksel fiberlerde olduğu gibi cam çekirdek yerine hava dolu bir yapı içerisinde iletildiği yeni nesil bir fiber optik çözümüdür. Petrovich ve arkadaşları (2025) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, hava çekirdekli mikroyapılı bir fiber optik kablo ile 1.550 nm'de 0,091 dB/km zayıflama değeri elde edilmiş; bu değer standart single-mode fiberlerin altına inmiştir [9, 12]. Aynı çalışmada iletim hızının ışık hızının %45 oranında artırılabildiği gösterilmiştir.

HCF teknolojisi henüz yaygın kullanım aşamasında değildir; üretim maliyetleri ve mevcut altyapıyla entegrasyon zorlukları çözüm bekleyen başlıca sorunlardır. Suslov ve arkadaşları (2021), antirezonant nodeless fiber (NANF) yapısı ile standart SMF arasında yalnızca 0,15 dB ekleme kaybıyla fiziksel bağlantı kurulabildiğini deneysel olarak göstermiştir [10]. Bu bulgu, HCF teknolojisinin mevcut MPO/MTP altyapısıyla entegre edilebilme potansiyelini ortaya koymakta ve özellikle yapay zekâ veri merkezlerinde düşük gecikme gereksinimlerini karşılamak açısından önem taşımaktadır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, yüksek kapasiteli veri merkezlerinde kullanılan LC tabanlı klasik ve MPO/MTP tabanlı yüksek yoğunluklu kablolama mimarileri kapsamlı biçimde incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. 200 kabinetlik örnek senaryo üzerinden gerçekleştirilen sayısal analizler, LC mimarisinin yüksek yoğunluklu ortamlarda kablo yoğunluğu, işletme zorluğu ve ölçeklenebilirlik açısından ciddi kısıtlar barındırdığını açıkça ortaya koymuştur.

MPO/MTP tabanlı mimari; kablo yoğunluğunu dramatik biçimde azaltması, 100G-800G hız aralığını desteklemesi, soğutma verimliliğini artırması ve modüler yapısı sayesinde kolay genişleme imkânı sunması nedeniyle yüksek yoğunluklu veri merkezleri için tercih edilmesi gereken mimari olarak öne çıkmaktadır. En uygun tasarım yaklaşımı olarak omurga katmanında MPO trunk kablo, dağıtım katmanında kaset aracılığıyla LC dönüşümü kullanan hibrit model önerilmektedir.

Çalışmanın özgün katkısı olan Python tabanlı simülasyon aracı, farklı tasarım senaryolarının operasyonel ve ekonomik açıdan karşılaştırılmasına imkân tanımakta; veri merkezi mühendislerine ve karar alıcılara somut bir tasarım destek aracı sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda aracın üç boyutlu veri merkezi yerleşim planlaması ve gerçek saha maliyet verileriyle entegrasyonu hedeflenmektedir. Hollow Core Fiber teknolojisinin olgunlaşmasıyla birlikte bu yeni nesil fiberların MPO/MTP altyapısına entegrasyonu da araştırılacak önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Gartner & Statista. (2024). Global data center market size 2024. Statista Research Department.

[2] Uptime Institute. (2024). Uptime Institute global data center survey results 2024 (14. yıllık rapor). https://uptimeinstitute.com

[3] Ohmura, M., Uehara, F., Arao, H., Shimakawa, O., & Shimazu, T. (2018). Multi-fiber connectors for data center applications. SEI Technical Review, 86, 29–34.

[4] Sun, Y., & Kamino, J. (2022). Optical fiber for datacenter connectivity. In Datacenter Connectivity Technologies (pp. 213–277). River Publishers.

[5] Kogan, S. S. (2025). Fiber optic solutions for data centers with Ethernet-based packet interfaces. Part 2: Solutions using fiber optic technologies. Last Mile, 130(6), 70–78. https://doi.org/10.22184/2070-8963.2025.130.6.70.78

[6] Sunkara, K. C., Narukulla, K., & Konakanchi, R. (2026). A multi-objective algorithmic framework for automatic network bill-of-materials generation in AI-centric hyper-scale data centers. 2026 IEEE 16th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 388–397. https://doi.org/10.1109/CCWC65544.2026.11393889

[7] ANSI/TIA-942-C. (2024). Telecommunications infrastructure standard for data centers. Telecommunications Industry Association.

[8] BICSI. (2019). Telecommunications distribution methods manual (14. baskı). BICSI.

[9] Petrovich, M., Numkam Fokoua, E., Chen, Y., Sakr, H., Adamu, A. I., Hassan, R., Wu, D., Fatobene Ando, R., Papadimopoulos, A., Sandoghchi, S. R., Jasion, G., & Poletti, F. (2025). Broadband optical fibre with an attenuation lower than 0.1 decibel per kilometre. Nature Photonics, 19(11), 1203–1208. https://doi.org/10.1038/s41566-025-01747-5

[10] Suslov, D., Komanec, M., Numkam Fokoua, E. R., Dousek, D., Zhong, A., Zvánovec, S., Bradley, T. D., Poletti, F., Richardson, D. J., & Slavík, R. (2021). Low loss and high performance interconnection between standard single-mode fiber and antiresonant hollow-core fiber. Scientific Reports, 11(1), 8799. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88065-2

[11] Ethernet Alliance. (2025). 2025 Ethernet roadmap. https://ethernetalliance.org/roadmap/

[12] Liu, X., Zhang, X., Li, C., Zhang, M., Sun, P., Hu, S., Liu, Y., Wang, Q., Chen, J., Li, S., Wang, J., Li, P., Zhang, L., Liu, Z., O, Z., & Yu, S. (2025). Anti-rezonans içi boş çekirdekli fiberde ultra yüksek kapasiteli iletim. Journal of Lightwave Technology. https://doi.org/10.1109/JLT.2025.3600818

[13] Synergy Research Group. (2024). Hyperscale operators to account for 67% of all data center capacity by 2031. https://srgresearch.com

[14] Cheng, Q., Bahadori, M., Glick, M., Rumley, S., & Bergman, K. (2018). Recent advances in optical technologies for data centers: A review. Optica, 5(11), 1354–1370. https://doi.org/10.1364/OPTICA.5.001354

TAEKWONDOCULARDA YARATICI AKIL YÜRÜTME DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

İrem ALTUNAY
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Department of Coaching Education, 55139 Atakum, Samsun, Türkiye
ORCİD ID: 0009-0008-2178-2618
Assoc. Prof. Dr. İzzet İSLAMOĞLU
Ondokuz Mayıs University, Yaşar Doğu Faculty of Sports Sciences, Department of Coaching Education, 55139 Atakum, Samsun, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-5573-1423

ÖZET
Araştırmanın amacı, Taekwondo sporcularında yaratıcı akıl yürütme becerileri düzeyleri ortaya koymaktadır. Araştırmanın örneklemini, Samsun ili içerisinde bulunan taekwondo spor kulüplerinde faaliyet gösteren toplam 297 sporcu oluşturmaktadır. Araştırma grubunda yer alan bireylerin yaratıcı akıl yürütme becerileri, "Hipotetik-Yaratıcı Akıl Yürütme Becerileri Envanteri" ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Tekvandocuların cinsiyete göre yaratıcı akıl yürütme düzeyleri puan ortalamalarında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Taekwondocuların aile spor geçmişine göre yaratıcı akıl yürütme düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Taekwondocuların ailelerinin spora desteklerinin yaratıcı akıl yürütme düzeyleri etkisinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Taekwondocuların sorun karşısında çözüm üretme durumlarında anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$). Taekwondocuların ailelerinin eğitim düzeyine bakıldığında eğitim düzeyi yükseköğretim olan ailelerin çocuklarının yaratıcı akıl yürütme seviyesi yüksek, eğitim düzeyi ilköğretim olanların ise yaratıcı akıl yürütmesi seviyeleri düşüktür. Sonuç olarak, Taekwondo sporcularının çözüm karşısında yaratıcı oldukları ve anlık olarak çözüm üretme istekleri olduğu görülmüştür. Bu yaratıcılık gelişimi bireysel, genetik ve çevresel faktörlerin etkisiyle olabileceği gibi araştırmamız sonucunda ortaya çıkan verilere göre ebeveynlerinin eğitim düzeylerine göre de gelişmektedir.
Anahtar kelimeler: Teakwondo, spor, yaratıcı akıl

INVESTIGATION OF CREATIVE REASONING LEVELS IN TAEKWONDO ATHLETES

ABSTRACT
The aim of this study was to determine the levels of creative reasoning skills in taekwondo athletes. The sample of the study consisted of 297 athletes actively participating in taekwondo sports clubs located in Samsun, Türkiye. The creative reasoning skills of the participants were evaluated using the "Hypothetical-Creative Reasoning Skills Inventory" scale. No significant difference was found in the creative reasoning levels of taekwondo athletes according to gender ($p>0.05$). Similarly, no significant difference was observed in creative reasoning levels according to family sports background ($p>0.05$). Family support for sports participation also did not create a significant difference in creative reasoning levels ($p>0.05$). However, a significant difference was found in the participants' ability to generate solutions when faced with problems ($p<0.05$). When the educational level of the families was examined, athletes whose families had higher education levels demonstrated higher creative reasoning scores, whereas athletes whose families had primary education levels showed lower creative reasoning scores. As a result, it was observed that taekwondo athletes tend to be creative in problem-

solving situations and are willing to produce immediate solutions. This development of creativity may be influenced by individual, genetic, and environmental factors, and according to the findings of the present study, it may also develop depending on the educational level of parents.
Keywords: Taekwondo, sport, creative reasoning

1. INTRODUCTION

Reasoning, as a mode of thinking, involves an individual's ability to reach conclusions or generate claims in response to a given task (Rizgi & Surya, 2017). During the reasoning process, individuals think in a planned, systematic, and logical manner while interpreting problems through the questions "why" and "how" (Erdem, 2011). These characteristics of reasoning are directly related to creativity.

Creativity refers to the ability to perceive situations from different perspectives, establish connections between seemingly unrelated concepts, and generate alternative solutions to problems. It also enables individuals to adapt to new situations and solve unexpected problems (Yuvacı, 2017). In this respect, creative reasoning can be considered the process of producing unique and effective solutions.

Sports activities conducted in structured environments reveal various cognitive, physical, and social abilities of individuals (Winnick & Porretta, 2018). Athletes are required to solve multiple problems simultaneously and adapt to changing conditions. While team sports encourage cooperation and group adaptation, individual sports such as dance and martial arts highlight individual creativity and decision-making skills.

Taekwondo is an individual combat sport in which athletes apply technical and tactical skills against an opponent. During competitions, athletes must react quickly to constantly changing situations, select appropriate techniques, and develop strategies instantly (Kim, 1995). Therefore, taekwondo is believed to contribute to the development of problem-solving, decision-making, and creative reasoning skills. The originality of this study lies in examining the creative reasoning levels of taekwondo athletes and contributing to the evaluation of sports in terms of cognitive processes, problem-solving, and creative thinking skills. Although there are studies in the literature addressing the physical and technical characteristics of taekwondo, studies focusing on creative reasoning levels are limited. In this respect, the present study is expected to provide important insights into the creative thinking and reasoning skills of taekwondo athletes.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Research Model

A survey model was used in this study. The research was conducted to examine the creative reasoning levels of taekwondo athletes according to variables such as gender, family sports background, family support, and family educational level.

2.2. Research Group

The sample of the study consisted of 297 athletes actively participating in taekwondo in Samsun and its districts. The mean age of the participants was 21 years, while the average duration of sports participation was determined as 5 years.

2.3. Data Collection Tool

The "Hypothetical-Creative Reasoning Skills Inventory" developed by Duran (2014) was used as the data collection tool in the study. The inventory was utilized to evaluate the creative reasoning levels of the athletes.

2.4. Data Analysis

The data obtained from the study were analyzed using the SPSS statistical package program. Independent samples t-test and one-way analysis of variance (ANOVA) were used in the analysis of the data. The level of significance was accepted as $p<0.05$.

3. FINDINGS

Table 1. Levels of Creative Reasoning Among Taekwondo Athletes According to Gender

	Gender	N	Mean	SD	p
Creative Reasoning Total Score	Female	149	107,27	5,674	0,893
	Male	148	107,19	5,132	

An examination of Table 1 revealed no significant difference in creative reasoning levels according to gender ($p> 0.05$).

Table 2. Levels of Creative Reasoning Among Taekwondo Athletes According to Family Sports Background

	Family Sports Background	N	Mean	SD	p
Creative Reasoning Total Score	Yes	109	107,26	5,123	0,987
	No	188	107,25	5,587	

An examination of Table 2 revealed no significant difference in creative reasoning levels according to family sports background ($p> 0.05$).

Table 3. The Effect of Family Support for Sports Participation on Creative Reasoning Levels

	Family Support	N	Mean	SD	p
Creative Reasoning Total Score	Yes	262	107,26	5,464	0,972
	No	35	107,22	5,082	

An examination of Table 3 revealed no significant difference in creative reasoning levels according to family support for sports participation ($p> 0.05$).

Table 4. Problem-Solving Approaches Among Taekwondo Athletes

	Problem-Solving Approach	N	Mean	SD	p
Creative Reasoning Total Score	Use of previously identified solutions	27	95,20	9,471	0,000
	Generation of instant solutions	270	107,46	5,101	

A significant difference was found in the problem-solving approaches of taekwondo athletes ($p< 0.05$).

Table 5. The Effect of Family Educational Level on Creative Reasoning Levels of Taekwondo Athletes

	Family Educational Level	N	Mean	SD	p
Creative Reasoning Total Score	Primary Education (1)	42	105,38	5,463	1<4
	Secondary Education (2)	79	107,00	5,276	
	High School (3)	80	106,81	5,229	
	Higher Education (4)	76	108,55	5,342	
	Postgraduate (5)	20	109,10	5,674	

A significant difference was found according to family educational level. Athletes whose families had higher educational levels demonstrated higher creative reasoning scores ($p<0.05$).

4. DISCUSSION

The findings of the study demonstrated that gender, family sports history, family support, and family income level did not significantly influence creative reasoning levels among taekwondo athletes. This finding suggests that creative reasoning skills may develop similarly among individuals participating in the same sport branch.

Although family support did not create a statistically significant difference, the majority of athletes reported receiving support from their families, indicating that family support may still contribute positively to sports participation.

The study also revealed that athletes from families with higher educational backgrounds had higher levels of creative reasoning. This finding suggests that educational environment may positively influence cognitive and creative development.

In addition, taekwondo athletes who reported generating instant solutions demonstrated higher creative reasoning scores. This may be associated with the dynamic and rapid decision-making structure of taekwondo competitions.

Overall, the findings indicate that taekwondo athletes tend to demonstrate strong problem-solving and creative reasoning abilities. This situation may be related to the technical, tactical, and cognitive demands of taekwondo.

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The findings of the present study demonstrated that taekwondo athletes generally exhibited high levels of creative reasoning. Gender, family sports background, family support, and family income level were not found to have a significant effect on creative reasoning levels. In contrast, athletes whose families had higher educational levels demonstrated higher creative reasoning scores. Additionally, athletes who reported generating instant solutions in response to problems exhibited higher levels of creative reasoning.

Based on these findings, it may be suggested that taekwondo contributes positively to the development of problem-solving, rapid thinking, and creative reasoning skills. Therefore, encouraging children and adolescents to participate in sports activities, particularly branches such as taekwondo that require rapid decision-making, may be beneficial from an early age.

Future studies are recommended to include different age groups, various sports branches, and larger sample populations. Furthermore, examining creative reasoning skills together with variables such as athletic performance, decision-making, and cognitive development may contribute to the existing literature.

REFERENCES

Duran, V. (2014). *Öğretmen adaylarının hipotetik-yaratıcı akıl yürütme becerilerinin, bilimsel epistemolojik inançları, öğrenme stilleri ve demografik özellikleri açısından incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

Erdem, E. (2011). *İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel ve olasılıksal muhakeme becerilerinin incelenmesi*.Yüksek lisans tezi, Adıyaman University. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Kim, Y. S. (1995). What is taekwondo: The concept of taekwondo. *Taekwondo*, 35, 21–26.

Rizgi, N. R., & Surya, E. (2017). An analysis of students' mathematical reasoning ability in VIII grade of Sabilina Tembung Junior High School. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education, 3*(2), 3527–3533.

Tekin, M., & Taşğın, Ö. (2008). Orta öğretimde öğrenim gören spor yapan ve yapmayan öğrencilerin yaratıcılık ve çoklu zekâ alanları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2*(3).

Winnick, J., & Porretta, D. L. (2018). *Adapted physical education and sport*. Human Kinetics.

Yuvacı, Z. (2017). *Okul öncesi eğitim alan 6 yaş çocuklarının yaratıcılık düzeylerinin öğretmenlerinin ve sınıf ortamlarının yaratıcılıklarına göre incelenmesi* [Doktora tezi, Gazi University].

NURSING CARE OF A PATIENT WITH SUBDURAL HEMATOMA ACCORDING TO OREM'S SELF-CARE DEFICIT THEORY: A CASE REPORT

Nesibe ERDEMCİ
Aksaray University, Institute of Health Sciences, Department of Nursing, Aksaray, Türkiye
ORCID ID: 0009-0000-2628-3131
Professor Dr.Funda ÇETİNKAYA
Aksaray University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Aksaray, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2518-6625

ABSTRACT
This case report aimed to evaluate the self-care needs and self-care deficits that developed in a 74-year-old male patient diagnosed with Subdural Hematoma and hospitalized due to neurological symptoms, based on Dorothea Orem's Self-Care Deficit Theory. Verbal consent was obtained from the patient for the presentation of the case, and the necessary permissions were also obtained from the responsible physician. Data related to the case were collected from the patient who was treated in the Neurosurgery Service between March 10–24, 2026.The patient was admitted to the emergency department with speech disorder, dysarthria, and sudden neurological symptoms. Following evaluations, brain CT and MRI imaging were performed with a preliminary diagnosis of intracranial pathology; according to the clinical and radiological findings, the patient was diagnosed with subdural hematoma. Headache, weakness, and intermittent fluctuations in consciousness were observed during follow-up. In line with Orem's Self-Care Deficit Theory, the patient was comprehensively evaluated in terms of self-care requirements, self-care agency, and nursing systems. Due to the patient's current neurological condition, it was determined that he was unable to independently maintain basic self-care activities such as nutrition, personal hygiene, and mobilization. Nutritional needs were met through an appropriate diet and supportive methods when necessary, and the patient was closely monitored for aspiration risk. Personal hygiene was maintained with nursing support, and regular position changes were implemented to prevent complications related to immobility. As a result of the planned nursing interventions, stabilization in the patient's general condition and partial improvement in participation in self-care activities were observed.
This case demonstrates that Orem's Self-Care Deficit Theory provides a systematic and holistic approach in the management of self-care deficits associated with neurological diseases and that nursing care has positive effects on patient outcomes.
Keywords: Subdural hematoma, self-care deficit, Orem Self-Care Deficit Theory, nursing car

1. GİRİŞ

Subdural hematom, kafatası altındaki beyin dokusunu örten koruyucu katmanlardan biri olan dura materin altında kan birikmesi sonucu oluşur. Subdural hematomun doğru anlaşılması, beynin nöroanatomik örtülerinin bilinmesine bağlıdır. Beyin, birbirine bağlı nöronlardan ve destekleyici bağ dokusundan oluşan hassas sinir dokusunun merkezi deposudur ve yeterli koruma olmadan yaralanmaya karşı oldukça hassastır (Pierre, Julien, & Kondamudi,2026). Dünya nüfusunun yaşlanmasına bağlı olarak subdural hematom insidansında belirgin bir artış gözlenmiştir; özellikle 80 yaş ve üzeri bireylerde kronik subdural hematom (cSDH) görülme sıklığının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Mehmandoost ve ark., 2025). Hastalığın patogenezi tam olarak açıklanamamış olmakla birlikte, başlangıçtaki hematomun zamanla sıvılaşması, lokal inflamatuvar yanıtı tetikleyerek psödomembran oluşumuna ve lezyonun

progresif genişlemesine yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca inflamatuvar süreç, düzensiz fibrinoliz ve anjiyogenez mekanizmaları aracılığıyla geçirgen damar yapılarının oluşmasına neden olarak yeniden kanamaya zemin hazırlayabilmektedir (Dziho ve ark., 2025). Hematoma bağlı olarak intrakraniyal basınç artışı gelişmekte ve komşu beyin parankiminde basıya neden olmaktadır. Bu durum baş ağrısı, bulantı-kusma, bilinç değişiklikleri, nöbet, motor güçsüzlük, duyu kaybı, yürüme bozukluğu ve ileri olgularda koma gibi çeşitli klinik bulgularla kendini gösterebilmektedir (Feghali ve ark., 2020). Subdural hematomlar yalnızca şiddetli kafa travması sonrası değil, özellikle yaşlı bireylerde ve antikoagülan kullanan hastalarda hafif travmalar sonrası da gelişebilmektedir. Ayrıca spontan olarak veya lomber ponksiyon gibi girişimsel işlemler sonrasında da ortaya çıkabilmektedir. Güncel tedavi yaklaşımlarına rağmen mortalite ve morbidite oranlarının yüksek olduğu bildirilmektedir (Meagher & Lutsep, 2024). Anatomik olarak subdural hematomlar meningeal refleksiyonlar nedeniyle orta hattı geçmezler ve klinik olarak akut, subakut ve kronik formlara ayrılırlar. Akut subdural hematomlar bilgisayarlı tomografide hiperdens (beyaz), subakut formlar izodens (gri), kronik formlar ise hipodens (siyah) görünümde izlenir. Kronik subdural hematom, en az üç haftadır mevcut olan ve zamanla küçük tekrarlayan kanamalarla akut-kronik forma dönüşebilen kan yıkım ürünlerinin birikimi ile karakterizedir (Kloss & Lagace, 2010). Tedavi yaklaşımı hastanın klinik durumuna göre değişmektedir. Asemptomatik hastalarda gözlem, medikal tedavi, intrakraniyal basınç kontrolü, antikoagülasyonun düzenlenmesi ve seri nörolojik değerlendirmeler içeren konservatif yöntemler tercih edilmektedir. Buna karşılık, serebral kompresyon bulguları olan ve cerrahi riski kabul edilebilir düzeyde bulunan semptomatik hastalarda cerrahi müdahale uygulanmaktadır (Feghali ve ark., 2020).

Hemşirelik kuram ve modelleri, hemşirelik uygulamalarının sistematik ve ayrıntılı biçimde incelenmesine olanak sağlayarak klinik uygulamalara teorik bir temel sunmaktadır. Bu kuramsal yaklaşımlar, hemşirelerin hastalara sunduğu bakımın niteliğini artırmakta ve daha etkili sağlık hizmeti sunulmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda hemşirelik mesleğinin bilimsel bilgi birikimini ortaya koyarak mesleğin gelişimini desteklemektedir. Karmaşık bir yapıya sahip olan hemşirelik uygulamalarında kuram ve modeller, en uygun bakımın planlanması ve uygulanmasında yol gösterici bir rol üstlenmektedir (Koç ve ark., 2017).

Dorothea Elizabeth Orem tarafından geliştirilen Öz Bakım Eksikliği Kuramı, hemşirelik alanında yaygın olarak kullanılan kuramsal yaklaşımlardan biridir. Orem bu kuramı 2001 yılında geliştirmiş ve hemşirelik literatürüne kazandırmıştır. Kuram; öz bakım kuramı, öz bakım eksikliği kuramı ve hemşirelik sistemleri kuramı olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra kuram, öz bakım, terapötik öz bakım gereksinimleri, öz bakım gücü, öz bakım eksikliği, hemşirelik gücü ve hemşirelik sistemleri gibi temel kavramları içermekte; ayrıca çevresel faktörler kapsamında değerlendirilen temel durumsal değişkenleri de ele almaktadır (Berbiglia, 2014).

Bu olguda “Subdural Hematomlu Hastanın” beyin cerrahi servisindeki izlemi süresince Orem’in Öz Bakım Eksikliği Hemşirelik Kuramı’ na göre verilen hemşirelik bakımı sunulmuştur.

2. OLGU

Hasta 74 yaşında erkek olup, konuşma bozukluğu, dilde peltekleşme ve ani gelişen nörolojik semptomlar nedeniyle acil servise başvurmuştur. Yapılan klinik değerlendirmeler ve ileri görüntüleme yöntemleri sonucunda Subdural Hematom tanısı konulmuş ve hasta Beyin Cerrahisi Servisi’nde izleme alınmıştır. Hastada baş ağrısı, halsizlik ve zaman zaman bilinç düzeyinde dalgalanma gözlenmiştir. Mevcut nörolojik duruma bağlı olarak hastanın mobilizasyonunda azalma ve günlük yaşam aktivitelerini yerine getirmede yetersizlik gelişmiştir. Bu doğrultuda hastanın oral alımı ve beslenme durumu değerlendirilmiş, aspirasyon

riski açısından gerekli önlemler alınarak uygun beslenme planı oluşturulmuştur. Hastaya ait veriler, 10_24 Mart 2026 tarihleri arasında Beyin Cerrahisi Kliniği'nde takip sürecinde elde edilmiştir. Hasta değerlendirmesi ve kapsamlı bakım sürecine ilişkin verilerin sunulabilmesi amacıyla hastaya gerekli bilgilendirme yapılmış ve sözlü onamı alınmıştır.

3. Hastanın Fiziksel Bulguları

Yaş:74 Cinsiyet**:** Erkek, Boy**:**1.80cm, Kilo:85 kg

Eğitim Durumu: Ortaöğretim

Hastanın Yaşamsal Bulguları

Ateş: 36,5 C Nabız: 108/dk Solunum: 20/dk Kan Basıncı:130/80mmHg

4.Öz Bakım Gereksinimlerinin Tanılanması

Öz bakım gereksinimleri, bireyin kendi sağlığını koruma ve bakım sürecine aktif katılımını ifade eden temel insani ihtiyaçlardır. Bu gereksinimler bireyin yaşamını sürdürebilmesi için zorunlu olup, karşılanmaması durumunda sağlık durumu olumsuz yönde etkilenmektedir(Fawcett&DeSanto-Madeya,2013).Orem öz bakım gereksinimlerini üç alt grup altında sınıflandırmıştır. Bunlar; evrensel öz bakım gereksinimleri, gelişimsel öz bakım gereksinimleri ve sağlıktan sapma öz bakım gereksinimlerdir (Felipe ve ark.,2014).

4.1.Evrensel Öz Bakım Gereksinimleri

Bireyin günlük yaşam aktiviteleri olan temel gereksinim ve istekleri kapsar. Bunlar; yeterli hava, su, beslenme ihtiyaçlarının sürdürülmesi; boşaltım ve dışkılama ile ilgili bakımının sağlanması; aktivite ve dinlenme, yalnızlık ve sosyal etkileşim gibi durumlar arasındaki dengenin sağlanması; iyilik halinin sürdürülmesi ve fonksiyonelliğin geliştirilmesi gibi ihtiyaçlardır (Felipe ve ark.,2014, Meneguessi ve ark.,2012). Bu gereksinimler, bireyin biyolojik, psikolojik ve sosyal iyilik halini destekleyen temel ihtiyaçları içermektedir (Blodgett,2017).

Orem'e göre evrensel öz bakım gereksinimleri şu başlıklar altında toplanmaktadır:

- Yeterli düzeyde hava, su ve besin alımının sağlanması,
- Boşaltım fonksiyonlarının düzenli ve sağlıklı şekilde sürdürülmesi,
- Aktivite ve dinlenme dengesinin korunması,
- Yalnızlık ile sosyal etkileşim arasında uygun dengenin sağlanması,
- Yaşamı ve bireyin iyilik halini tehdit eden durumların önlenmesi,
- Normal gelişim ve işlevselliğin desteklenmesi (Yavaş Çelik, 2019).

Olguda, 74 yaşında erkek hasta konuşma bozukluğu, dilde peltekleşme ve ani gelişen nörolojik semptomlar nedeniyle acil servise başvurmuştur. Yapılan klinik değerlendirme ve ileri görüntüleme yöntemleri sonucunda hastaya subdural hematom tanısı konulmuş ve Beyin Cerrahisi Servisi'nde izleme alınmıştır. Hastada baş ağrısı, halsizlik ve zaman zaman bilinç düzeyinde dalgalanma gözlenmiştir.

4.2.Gelişimsel Öz Bakım Gereksinimleri

Bireyin yaşam sürecinde büyüme ve gelişme aşamalarında ortaya çıkan olumsuz koşulları önleyici bakımı ve gereksinimlerin karşılanmasını ifade eder (Pektekin,2013).

74 yaşında erkek hasta, Boyu 1.80 cm, kilosu 85 kg olup BKİ değeri, **26.2 fazla kilolu (hafif şişman)** kategorisinde yer almaktadır. Hasta rahatsızlığından dolayı sürekli birilerinden yardım istemek zorunda kalmanın anksiyetesini artırdığını ve kendi öz bakımını gerçekleştirmede yetersiz kaldığını (duş almada, lavaboyu kullanmada) ifade etmektedir.

4.3.Sağlıktan Sapma Öz Bakım Gereksinimleri

Orem'e göre bireylerde sağlıkta sapma durumunda eğer öz bakım gereksinimlerini karşılamada kendini yeterli görüyorsa öz bakımını kendi yürütmelidir (Berbiglia,2014). Birey sağlığında sapmalarla birlikte öz bakım gereksinimlerini karşılayamayacak raddeye gelirse hemşirelik bakımına ihtiyaç duyar (Pektekin ,2013).

Olguda, hastanın subdural hematom tanısı ile Beyin Cerrahisi Servisi'nde izlem altında olduğu, konuşma bozukluğu (peltekleşme), halsizlik ve zaman zaman bilinç düzeyinde dalgalanma yaşadığı gözlemlenmiştir. Mevcut nörolojik duruma bağlı olarak hastanın mobilizasyonunda azalma ve günlük yaşam aktivitelerini yerine getirmede yetersizlik geliştiği gözlemlenmiştir.Hastanede kaldığı süre boyunca yeterli ve düzenli uyuyamadığını uyku düzeninin bozulduğunu ifade etmiştir. Hastanın oral alımı ve beslenme durumu değerlendirilmiş, aspirasyon riski açısından gerekli önlemler alınarak uygun beslenme planı oluşturulmuştur.Sağlıklı bir kişinin temel gereksinimlerini karşılayabilmesi, yeterli öz-bakım yeteneği olup olmamasına bağlıdır. Sağlıklı bir bireyde öz bakım yeteneği ile evrensel öz-bakım gereksinimleri arasında denge vardır (Fawcett & DeSanto-Madeya,2013).

5.Hemşirelik Gücü

Öz bakım ihtiyacını karşılayamayan bireylerde öz bakım ihtiyacını belirlemek ve yönetmek için yapılan tüm hemşirelik müdahalelerini kapsar (Demirbağ, 2021).

6.Hemşirelik Sistemleri Kuramı

insanlara hemşirelik ile nasıl yardım edileceğini açıklar. Bireyin sağlık gereksinimlerinin nasıl karşılanacağı ya da bireye nasıl yardım edileceğinin yanıtı hemşirelik sistemlerinde aranmalıdır. Orem, hastanın gereksinimlerini karşılamadaki yardımda üç temel hemşirelik sistemi tanımlar. Bunlar: tümüyle eksikliği giderici sistem, kısmen eksikliği giderici sistem ve destekleyici eğitsel sistemdir. Hemşire, subdural hematom tanılı hastanın gereksinimlerini belirler ve hemşirelik sistemleri kuramının tüm aşamalarında hastanın öz bakım gereksinimlerini karşılamaya yönelik bakım uygular . (Tomey ve Alligood 1998, Velioğlu 1999).

Hemşirelik Bakım Planı

Tanı:Subdural hematoma bağlı gelişen nörolojik defisitler (bilinç düzeyinde değişiklik, motor güçsüzlük) nedeniyle öz-bakım gereksinimlerini karşılamada yetersizlik

Girişimler:

· Hastanın bilinç düzeyi, motor fonksiyonları ve öz bakım aktivitelerini yerine getirme kapasitesi düzenli olarak değerlendirildi.

· Hastanın yapabildiği öz bakım aktivitelerine katılımı teşvik edilerek desteklendi.

· Öz bakım gereksinimleri (beslenme, ağız bakımı, kişisel hijyen, giyinme ve tuvalet) hemşire tarafından uygun şekilde karşılandı.

· Ağız bakımı düzenli aralıklarla sağlanarak aspirasyon ve enfeksiyon riski azaltıdı..

· Beslenme durumu değerlendirilerek gerekirse enteral/parenteral beslenme desteği sağlandı.

· Güvenli yutma değerlendirilerek aspirasyon riskine karşı uygun beslenme pozisyonu (baş yükseltilmiş) sağlandı.

· Aileye hastanın öz bakım gereksinimleri, bakım süreci ve evde bakım uygulamaları hakkında eğitim verildi.

Tanı:Subdural hematoma bağlı gelişen nörolojik hasar (motor güçsüzlük, bilinç düzeyinde değişiklik) nedeniyle fiziksel hareket ve postür kontrolünde bozulmaya bağlı aktivite intoleransı

Girişimler:

- Hastanın aktivite toleransı; vital bulgular (nabız, solunum, kan basıncı) ve yorgunluk düzeyi izlenerek düzenli aralıklarla değerlendirildi.
- Aktivite öncesi ve sonrası hastanın genel durumu gözlemlenerek aşırı yorgunluk ve intolerans belirtileri takip edildi.
- Hastaya tolere edebileceği düzeyde, kademeli olarak artırılan mobilizasyon planı uygulandı.
- Hastanın güvenliği sağlanarak mobilizasyon sırasında düşme riski azaltıldı.
- Uygun pozisyonlama sağlanarak postür kontrolü desteklendi.
- Kas gücünü artırmaya yönelik pasif ve aktif egzersizler uygulandı.

Tanı: **Subdural hematoma nedeniyle gelişen immobilite, bilinç düzeyinde değişiklik ve dolaşım bozukluğu riskine bağlı doku bütünlüğünde bozulma riski.**

Girişimler:

Bası yarası gelişme riski değerlendirilecek; cildi ve basınç bölgeleri düzenli kontrol edildi .
• Hasta cildi temiz ve kuru tutuldu .
• İki saat ara ile ve/veya gerektikçe pozisyon verildi.
• Yatak çarşaflarının temiz, kuru ve kırışıksız olması konusunda hasta ve yakınları bilgilendirildi .
• Giysileri temiz ve kuru tutulacak ve terletmeyen kıyafetler tercih edildi .
• Hastanın Tırnaklarını düz ve kısa kesilmesi gerektiği söylendi .
• Aileye, cilt bütünlüğünün korunmasının önemi; bunun sağlığına ve iyileşme sürecine etkisi hakkında eğitim verildi.

Tanı: Subdural hematoma bağlı nörolojik semptomlar (baş ağrısı, bilinç değişikliği, hastane ortamı ve tedavi sürecine bağlı stres) nedeniyle uyku örüntüsünde bozulma

Girişimler:

- Hastanın uyku düzeni (uykuya dalma süresi, uyku süresi, gece uyanmaları) düzenli olarak değerlendirildi.
- Ağrı varlığı değerlendirilerek hekim istemine uygun analjezik uygulaması yapıldı.
- Hastaya gece ortamı sessiz, loş ve uykuya uygun şekilde düzenlendi.
- Gereksiz hemşirelik girişimleri gece saatlerinde azaltılarak uyku bölünmesi önlendi.
- Hastanın rahat pozisyon alması sağlanarak konfor arttırıldı.
- Kaygı ve huzursuzluğu azaltmak için hasta ile terapötik iletişim kuruldu.
- Gün içinde uyuklama süresi düzenlenerek gece uykusunun desteklenmesi sağlandı.

Tanı:Subdural hematoma bağlı gelişen bilinç değişikliği, yutma güçlüğü ve iştahsızlık nedeniyle beden gereksiniminden az beslenme.

Girişimler:
· Hastanın günlük besin alımı, kilo değişimi ve laboratuvar değerleri (albumin, total protein vb.) düzenli olarak izlendi ve değerlendirildi.
· Hastanın bilinç durumu ve yutma fonksiyonu değerlendirilerek uygun beslenme yöntemi belirlendi.
· Hastaya küçük, sık ve yüksek kalorili/proteinli öğünler verilmesi sağlanacaktır.
· Beslenme sırasında aspirasyon riskine karşı hastanın başı en az 30–45° yükseltilmiş pozisyonda tutuldu.
· Hastanın yeterli sıvı alımı takip edilecek, dehidratasyon bulguları izlendi.
· Beslenme sırasında dikkat dağıtıcı faktörler azaltılarak hastanın odaklanması sağlandı.
· Gerekli durumlarda hekim istemine göre enteral beslenme (nazogastrik sonda vb.) uygulandı.
· Aileye hastanın beslenme gereksinimleri ve güvenli beslenme yöntemleri hakkında eğitim verildi.

***Tanı:B*ilinç değişikliği ve motor fonksiyonlarda bozulma nedeniyle** yaralanma riski**.**

Girişimler:

- Hastanın bilinç düzeyi, oryantasyonu ve nörolojik durumu düzenli olarak değerlendirildi.
- Hasta yatak korkulukları kaldırılarak güvenli pozisyon sağlanıldı.
- Yatak en düşük seviyede tutulup ve frenleri kilitli hale getirildi.
- Hastanın çevresindeki kesici-delici ve düşmeye neden olabilecek tüm materyaller uzaklaştırıldı.
- Mobilizasyon sırasında hasta yalnız bırakılmayacak, gerekirse destekle yürütüldü.
- Hastaya uygulanan sedatif/antikonvülzan ilaçların etkileri (uyku hali, baş dönmesi) izlendi.
- Hasta ve aileye güvenli çevre oluşturma ve yaralanma riskleri konusunda eğitim verildi.
- Acil durum ekipmanları (aspirasyon seti, oksijen, acil müdahale ekipmanı) hazır bulunduruldu.

7.SONUÇ

Orem Öz-Bakım Eksikliği Hemşirelik Kuramı doğrultusunda subdural hematom tanılı hastanın öz bakım gereksinimleri değerlendirilmiş olup öz bakımını karşılayamadığı belirlenmiştir. Orem Öz Bakım Eksikliği Kuramı doğrultusunda planlanan ve uygulanan hemşirelik bakımı ile hastanın öz bakım gereksinimleri değerlendirildi. Bu doğrultuda hastanın beslenme, mobilizasyon ve güvenlik gereksinimlerine yönelik destekleyici hemşirelik girişimleri uygulandı. Yürütülen bakım süreci sonucunda hastanın öz bakım gereksinimlerini karşılama düzeyinde kısmi bir iyileşme ve bakım sürecine uyumunda artış gözlemlenmiştir

KAYNAKÇA

Berbiglia, V. A. (2014). Orem's self-care deficit theory in nursing practice. In M. R. Alligood (Ed.), *Nursing theory: Utilization & application* (5th ed., pp. 222–243). Mosby Year Book.
Blodgett, T. J. (2017). A book review of Contemporary nursing knowledge: Analysis and evaluation of nursing models and theories by J. Fawcett and S. DeSanto-Madeya (2013). *Nursing Science Quarterly, 30*(3), 278–279.
Demirbağ, B. C. (2021). *Hemşirelik kuramları kavram haritalarıyla*. Akademisyen Kitabevi.
Dziho, A., Al Awadhi, A., Mollica, C., Richards, E., Sanghera, R., Fleet, A., … & Nouri, A. (2025). Global prevalence and incidence of chronic subdural hematoma: A systematic review. *Brain and Spine,* 105893.

Fawcett, J., & DeSanto-Madeya, S. (2013). *Contemporary nursing knowledge: Analysis and evaluation of nursing models and theories* (3rd ed., pp. 179–231). F.A. Davis Company.
Feghali, J., Yang, W., & Huang, J. (2020). Updates in chronic subdural hematoma: Epidemiology, etiology, pathogenesis, treatment, and outcome. *World Neurosurgery, 141*, 339–345.
Felipe, L. C., Araújo, A. R. A., & Vitor, A. F. (2014). Nursing process according the model of self-care in a cardiac bed idden patient. *Journal of Research Fundamental Care Online, 6*(3), 897–908.
Kloss, B. T., & Lagace, R. E. (2010). Acute-chronic subdural hematoma. *International Journal of Emergency Medicine, 3*, 511–512.
Koç, Z., Kızıltepe, S. K., Çınarlı, T., & Şener, A. (2017). Hemşirelik uygulamalarında, araştırmalarında, yönetiminde ve eğitiminde kuramların kullanımı. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi, 14*(1), 62–72.
Meagher, R. J., & Lutsep, H. L. (2024). Subdural hematoma. Medscape.
Mehmandoost, M., Bahri, A., Hasheminejad, A., Sharifi, H., Oveisi, S., & Fahim, F. (2025). Prevalence, etiology, risk factors, management options, and outcomes in chronic subdural hematoma (cSDH): A comprehensive literature review of recent advances. *Brain Disorders, 19*, 100271.
Meneguessi, G. M., Teixeira, J. P. D. S., & Jesus, C. A. C. (2012). Rehabilitation in spinal cord: Reflection on the applicability of the Orem's self-care theory. *Journal Nursing UFPE On Line, 6*(12), 3006–3012.
Pektekin, Ç. (2013). *Hemşirelik felsefesi kuramlar-bakım modelleri ve politik yaklaşımlar* (s. 105–109). İstanbul Tıp Kitabevi.
Pierre, L., Julien, C., & Kondamudi, N. P. (2026). Subdural hematoma. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
Tomey, M. A., & Alligood, M. R. (1998). *Nursing theorists work* (4th ed., pp. 129–151). Mosby.
Velioğlu, P. (1999). *Hemşirelikte kavram ve kuramlar*. Alaş Ofset.
Yavaş Çelik, M. (2019). Orem'in öz bakım eksikliği kuramı ve bu kurama göre sağ ayak bileği ve pelvis kırığı olan hastanın hemşirelik bakımı. *Sağlık ve Toplum, 3*, 99–104.

TRAVMATİK BATIN CERRAHİSİ SONRASI GELİŞEN POSTOPERATİF İLEUSUN ROY ADAPTASYON MODELİ'NE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ: OLGU SUNUMU

Nesibe ERDEMCİ
Aksaray Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hemşirelik Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye
ORCID ID: 0009-0000-2628-3131
Prof.Dr.**Funda ÇETİNKAYA**
Aksaray Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Aksaray, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2518-6625

ÖZET

Bu olgu sunumu, batın bölgesine silahlı yaralanma nedeniyle cerrahi müdahale uygulanan 52 yaşındaki bir erkek hastada gelişen postoperatif ileusun Roy Adaptasyon Modeli doğrultusunda değerlendirilmesidir. Olgunun sunumu için hastadan sözel onam, ilgili hekimden gerekli izinler alınmıştır. Olguya ilişkin veriler, 18–25 Kasım 2025 tarihleri arasında Genel Cerrahi Servisi'nde tedavi gören hastadan alınmıştır. Hastada, travmaya bağlı batın cerrahisi sonrası postoperatif erken dönemde katı gıdaya geçişi sonrası abdominal distansiyon, bulantı ve gaz-gaita çıkışında azalma şikâyetleri mevcuttur. Klinik bulgular doğrultusunda postoperatif ileus tanısı konulmuştur. Hastanın oral alım tamamen kesilerek enteral beslenme ve parenteral beslenmeye geçilmiştir. Roy Adaptasyon Modeli çerçevesinde hasta; **fizyolojik alan, benlik kavramı alanı, rol fonksiyonu alanı ve karşılıklı bağlılık alanı** olmak üzere dört uyum alanında ele alınmıştır. Fizyolojik alanda gastrointestinal motilite bozukluğu, ağrı, sıvı-elektrolit dengesizliği, beslenme yetersizliği öncelikli sorunlar ele alınmıştır. Benlik kavramı alanında travmatik yaralanma ve cerrahi sürece bağlı gelişen stres, kaygı ve beden algısındaki değişimler değerlendirilmiştir. Rol fonksiyonu alanında hastalık sürecinin bireyin günlük yaşam rollerini ve bağımsızlığını sürdürme kapasitesine etkisi incelenmiştir. Karşılıklı bağlılık alanında ise hastanın ailesiyle olan etkileşimi, bakım sürecine katılımı ele alınmıştır. Planlanan hemşirelik girişimleri doğrultusunda enteral ve parenteral beslenme ile hastanın metabolik gereksinimleri karşılanmış, sıvı-elektrolit dengesi yakından izlenmiş, ağrı yönetimi, enfeksiyon kontrolü ve hasta bakımı multidisipliner yaklaşımla sürdürülmüştür. İzlem sürecinde ileus bulgularında gerileme gözlenmiştir. Bu olgu, travmatik batın cerrahisi sonrası gelişen postoperatif ileusun yönetiminde Roy Adaptasyon Modeli'nin bireyin fizyolojik ve psikososyal uyumunu bütüncül olarak ele alma açısından etkili bir rehber olduğunu hemşirelik bakımının hasta sonuçlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Postoperatif ileus, Travma, Roy Adaptasyon Modeli, Hemşirelik bakımı

EVALUATION OF POSTOPERATIVE ILEUS DEVELOPING AFTER TRAUMATIC ABDOMINAL SURGERY ACCORDING TO THE ROY ADAPTATION MODEL: A CASE REPORT

ABSTRACT

This case report evaluates postoperative ileus in a 52-year-old male patient who underwent abdominal surgery following a gunshot wound, using Roy's Adaptation Model. Verbal consent was obtained from the patient, and the necessary permissions were secured from the attending physician. Data were collected during the patient's treatment in the General Surgery Department between November 18 and 25, 2025.The patient developed abdominal distension, nausea, and reduced gas and stool passage in the early postoperative period after resuming a

solid diet. Based on clinical findings, postoperative ileus was diagnosed. Oral intake was discontinued, and the patient was managed with enteral and parenteral nutrition.Using Roy's Adaptation Model, the patient was assessed in four adaptation domains: physiological, self-concept, role function, and interdependence. In the physiological domain, gastrointestinal motility disturbances, pain, fluid-electrolyte imbalance, and nutritional deficiencies were identified as primary concerns. The self-concept domain highlighted stress, anxiety, and altered body perception due to the trauma and surgery. The role function domain addressed the impact of illness on the patient's ability to maintain daily life roles and independence. The interdependence domain focused on the patient's interactions with family and engagement in the care process.Planned nursing interventions included meeting metabolic needs through enteral and parenteral nutrition, close monitoring of fluid-electrolyte balance, pain management, infection prevention, and comprehensive care through a multidisciplinary approach. Follow-up showed regression of ileus symptoms.This case illustrates that Roy's Adaptation Model is an effective framework for addressing both physiological and psychosocial adaptation in patients with postoperative ileus following traumatic abdominal surgery, demonstrating the positive impact of structured nursing care on patient outcomes.
Keywords: Postoperative ileus, Trauma, Roy Adaptation Model, Nursing Care

1. GİRİŞ

İleus, paralitik ileus veya fonksiyonel ileus olarak da bilinir ve bağırsak içeriğinin akışında mekanik olmayan bir azalma veya durma olduğunda ortaya çıkar(Beach & De Jesus, 2023).Bağırsak içeriğinin ilerlemesini engeller ve gaz ve dışkı çıkışında azalma, bulantı ve kusma gibi klinik belirtilerle kendini gösterir. İleus, özellikle cerrahi sonrası dönemde sık görülmekte olup, erken tanı ve tedavi gerektiren önemli bir komplikasyondur.Postoperatif ileus (POI), batın ameliyatlarından sonra sıklıkla görülebilen bir komplikasyondur. Ameliyat öncesi ve sonrası uygulanan uygun yönetimle,postoperatif ileusu azaltmayı mümkün kılmıştır (Buscail&Deraison,2022).Ameliyat sonrası ileus (POI), hastanede kalış süresini, bakım maliyetini ve ameliyat sonrası morbiditeyi artırdığı için önemli bir endişe kaynağıdır. POI tanımı nispeten kabul görmüş olsa da, 2 ila 7 gün arasında değişen bir iyileşme süresi tanımı mevcuttur. Bununla birlikte, bu varyasyon, çalışmaların tekrarlanabilirliğinin olmamasına ve sonuçların yorumlanmasında zorluklara yol açmaktadır. POI'nin patofizyolojisinin anlaşılması, oluşumunu önlemeye ve engellemeye yardımcı olmuştur. Ancak bu bilgiden kaynaklanan önleyici ve tedavi edici çabalara rağmen, hastaların %10 ila %30'unda batın ameliyatından sonra hala POI gelişmektedir(Venara ve ark.2016).Postoperatif ileus, özellikle akut ve uzun süreli cerrahi işlemlerden sonra yüksek riskli hastalarda görülen ciddi bir durumdur. Etiyolojisinde inflamasyonun yanı sıra nörolojik, hormonal ve farmakolojik etkiler gibi birçok faktörün de kaynak olduğu belirtilmiştir. Önleme ve tedavide, geri dönüşümlü etiyolojik faktörleri etkilemek için farmakolojik olmayan yöntemler uygulamaya ve postoperatif dönemde ERAS prosedürlerini uygulamaya ve kullanmaya çalışılmaktadır. İlaçlar, bu patolojiyi etkilemenin diğer bir olasılığıdır. Karın içi ameliyatların çoğundan sonra bağırsak hareketliliğinde kısa süreli bozulma riski vardır bu yüzden hastalar yakından takip edilmelidir(Urbanek,2024).Postoperatif ileus, hem karın içi hem de karın dışı ameliyatlardan sonra sık görülen, gastrointestinal motilitenin anormal bir şeklidir. İleusun birçok nedeni vardır; bunlar arasında postoperatif ağrı ve analjezi için narkotik kullanımı, elektrolit dengesizlikleri ve ameliyat sırasında bağırsakların manipülasyonu yer alır(Stewart,2007).

Bu olguda travmatik batın cerrahisi sonrası gelişen postoperatif ileus nedeniyle genel cerrahi servisinde izlenen hastaya, Roy Adaptasyon Modeli'ne göre planlanan ve uygulanan hemşirelik bakımı sunulmuştur.

2. OLGU

Hasta 52 yaşında erkek olup, batın bölgesine yönelik silahlı yaralanma sonrası acil cerrahi müdahale uygulanmıştır. Cerrahi girişimi takiben postoperatif erken dönemde katı gıdaya geçiş sonrası abdominal distansiyon, bulantı ve gaz-gaita çıkışında azalma gelişmiş; yapılan klinik değerlendirme sonucunda postoperatif ileus tanısı konulmuştur. Bu nedenle oral alım tamamen kesilmiş ve hasta enteral (nazogastrik tüp aracılığıyla) ve parenteral beslenmeye geçmiştir. Hastanın verileri 18.12.2025-25.12.2025 tarihleri arasında bir eğitim ve araştırma hastanesinin genel cerrahi kliniğinde takip edilen hastadan edinildi. Hasta değerlendirilmesi ve kapsamlı bakımında hastanın verilerinin sunumu için hastaya bilgi verilerek sözlü onamı alındı.

Yaş:52, **Cinsiyet:** Erkek, **Boy:**1.70cm, **Kilo:**90 kg

Eğitim Durumu: Ortaöğretim, **Sağlık Güvences**i: BAĞ-KUR

Anemnezi veren: Hasta , **Tıbbi tanısı**: Batın silahlı yaralanması sonrası postoperatif ileus

Yaşam Bulguları;

Ateş: 36,5 C **Nabız:** 108/dk **Solunum:** 21/dk **Kan Basıncı:**140/80mmHg

Tedavi:

- Parol 100 ml flakon 3X1 IV
- Contramal ampul 3X1 IV
- İzotonik 1000 ml 2x1 IV
- Albumin 100 ml flakon 1X1 IV
- Metronıdazol 3x1 IV
- periolimel N4
- %5 Dext.+%0,45 Sodyum klorür 500 ml izomıx IV
- İzotonik(%0.9NACI) IV

3.Roy Adaptasyon Modeli (RAM)

Hemşirelikte adaptasyon modeli olarak da bilinen Roy Adaptasyon Modeli, öncü hemşirelik kuramcısı *Callista Roy* (d. 1939) tarafından 1976 yılında ilk kez yayınlanmıştır. Roy'un modeli, tedavi protokollerinde hemşirenin rolünü kökten yeniden tanımlamıştır. Adaptasyon modelinin özünde, hemşireler gibi tıp uzmanlarının bir hasta ile etkileşime en iyi nasıl yaklaşabileceği yatmaktadır. Roy'dan önce, en iyi yaklaşımın her hastayı hasta ve iyileşme protokolü ilgili hekim tarafından belirlenmiş biri olarak ele almak olduğu varsayılıyordu. Bir hastanın iyileşme protokolü, büyük ölçüde benzer bir hastalıkla mücadele eden herhangi bir hastanın iyileşme rejimiyle aynıydı. Bir hastaya yaklaşımı standartlaştırmak, hemşirenin rolünü en aza indiren ortak bir uygulama çekirdeğini garanti ediyordu. Roy'un teorik önermesi, bir hastanın hastalığın zorluğuna birden fazla düzeyde yanıt veren karmaşık bir birey olduğu fikri, hemşirelik uygulaması için yaygın bir model haline gelmiştir(Dewey,2023)

Roy adaptasyon modelinin temelini adaptasyon kavramı oluşturmaktadır. Roy'a göre birey içinde bulunduğu ortama fizyolojik, psikolojik ve sosyal açıdan adapte olmaya yatkındır (Erdoğan,2023).RAM'ın temel kavramları şunlardır: uyarlanabilir bir sistem olarak birey, çevre, sağlık ve hemşireliğin amacı. [1] Uyarlanabilir bir sistem olarak birey, bir amaç için bir bütün olarak işlev gören parçalara sahip bir bütün olarak tanımlanır. [1] Çevre, insan ve dünya kaynakları özelinde, uyarlanabilir sistemler olarak insanların gelişimini ve davranışını çevreleyen ve etkileyen tüm koşullar, durumlar ve etkiler olarak tanımlanır(Jennings,2017)

4.Roy Adaptasyon Modeli'ne Göre Olgunun Değerlendirilmesi

4.1.Fizyolojik alan

Fizyolojik alan, bireyin çevresiyle olan etkileşiminde fiziksel varlığının önemini vurgulayan bir kavramdır. Bu alandaki temel gereksinim, bireyin fizyolojik bütünlüğünü korumaktır. Fizyolojik alan, "oksijenlenme, beslenme, boşaltım, aktivite ve dinlenme, korunma, duyular,

sıvı elektrolit ve asit baz dengesi, nörolojik ve endokrin fonksiyon" olmak üzere dokuz temel bileşen içermektedir(özden&iyigün,2025). Fizyolojik ihtiyaç, fizyolojik bütünlüktür. İnsan vücudunu oluşturan tüm fizyolojik faaliyetlerin tezahürüdür(jennings,2017). Çevreden kaynaklanan uyaranlara karşı kişinin bedensel olarak verdiği cevaplar ile ilişkilidir.Bu alandaki davranış hücrelerin, dokuların ve insan bedenini kapsayan sistemlerin tümünün fizyolojik aktivitelerinin belirtisidir(Vicdan&Karabacak,2014).

4.1.1.Olguya ait fizyolojik belirtiler

1.Oksijenlenme: Tansiyon: 140/80 mmHg, SpO2: %95, ateş: 36,5 °C, nabız: 108 atım/dk, aritmi ve siyanoz bulunmamaktadır.

2.Beslenme: Hastada ileus gelişmesi sonucu oral alım tamamen kesilmiş ve hasta enteral (nazogastrik tüp aracılığıyla) ve parenteral beslenmeye geçmiştir.

3.Aktivite ve dinlenme: *Nazogasrtik tüp* bulunduğundan uyku da problem yaşamakta ve rahat hareket edemediğini ifade etmektedir.

4.**Boşaltım**:Son 24 saatte gaita çıkışı yok, günde 1100 ml idrar çıkışı olmaktadır.

5.Korunma: *Travma* bölgesinde kızarıklık, enfeksiyon belirtileri yoktur.

6. Duyular:*Hastada hafif* işitme kaybı bulunmaktadır.

7. Sıvı elektrolit ve asit baz dengesi: Yaklaşık 2100 ml/gün sıvı alımı sağlanmaktadır.

8.Nörolojik fonksiyon: Bilinci açık olan hastanın yer ve zaman oryantasyonu tamdır.

9. **Endokrin sistem:**Silahlı yaralanmaya bağlı cerrahi stres nedeniyle hastada **stres yanıtı** gelişme riski bulunuyor.

4.2.Benlik kavramı alanı

Benlik kavramı modu, bireyin belirli bir zamanda kendisi veya başkaları hakkındaki inanç ve duygularının karışımı olarak tanımlanır. Benlik kavramı modu, fiziksel benlik ve kişisel kimlikten oluşur. Fiziksel benlik, beden imajını ve beden algısını içerir (Ursavaş, Karayurt, işyeri ,2014). İhtiyaç, ruhsal ve bedensel bütünlüktür. Kişinin kendisi hakkındaki inanç ve duygularının bütünüdür ve tüm davranışlarını yönlendirir(Jennings,2017).Belirli bir zaman süresinde bireyin kendisi hakkında edindiği inanç ve duygularının bileşimidir. Özellikle kişinin fizyolojik ve akılsal görünümleri üzerine odaklanır. Ben kavramı alanının altta yatan temel gereksinimi, psişik bütünlük olarak tanımlanmaktadır(Vicdan&Karabacak,2014).

Benlik kavramı alanında hastaya **anksiyete** ve **beden imgesinde rahatsızlık** hemşirelik tanıları konulmuş, bu tanılara yönelik hemşirelik girişimleri uygulanmış ve süreç sonunda hasta yeniden değerlendirildi.

4.3.Rol Fonksiyonu Alanı

Sosyal bütünlüğü amaçlayan, toplum içerisinde bireyden yerine getirmesi beklenen rollerdir. Bunun dışında aile içinde yaşayan bireylerden (anne, baba olma gibi) beklenen rolleri içermektedir (Sert,Oran,Erkal,2014). Roy, rolü "kişinin toplumdaki pozisyonundan doğan (anne, öğrenci, çocuk, vb.) ve bu pozisyonunu devam ettirebilmesi için toplumun beklediği davranışları göstermesi" olarak tanımlar. Rol, toplumun işlev gören bir ünitesi olarak kişinin bir pozisyondan başka bir pozisyona geçtiğinde onun göstereceği davranışlardan beklenenler olarak da tanımlanır(Vicdan&Karabacak,2014).

Rol fonksiyon alanına göre hastanın üstlendiği rolleri yerine getirmede yetersizlik tanısı konmuş ve bu doğrultuda hemşirelik bakım girişimleri uygulandı ve değerlendirildi.

1. Birincil Roller: Ailesine karşı beklentileri karşılayamama hissine sahip olduğunu ifade etmektedir.

2. İkincil ve Üçüncül Roller: Hasta, sosyal rolü olan 'ailede karar verici' rolünü hastalık nedeniyle yerine getirmekte zorlandığını ifade etmektedir.

4.4.Karşılıklı Bağlılık Alanı

İhtiyaç duyulan şey ,ilişkisel bütünlüktür. Sevgi, saygı değer vermenin ve almanın getirdiği, besleyici ilişkilerde güvende hissetmektir. (Jennings,2017).Bireylerin birbirleri ile olan ilişkilerinde mevcut ilişkiyi devam ettirme ve güçlendirme davranışlarını ve sosyal yönden desteği içermektedir. Roy, bu dört uyum alanındaki davranışsal cevapları uyumlu veya uyumsuz olarak nitelendirir. Roy, hemşireliğin amacını, uyum alanlarında olumlu cevapların geliştirilmesi şeklinde tanımlamıştır. Hemşirelik girişimleri çevredeki uyaranlara müdahale ederek odak ve/veya etkileyen uyaranlarının etkisini çoğaltmayı, azaltmayı veya tamamen ortadan kaldırmayı hedefler (Sert,Oran,Erkal,2014). Bireyin ayrıcalıklı kişilerle ve destek sistemlerle ilişkilerini kapsar. Birey doyum ve sevgi gibi gereksinimlerini karşılayarak psişik bütünlüğünü devam ettirir.(Barış ve ark.,2015).

Karşılıklı bağlılık alanına göre hastada sosyal izolasyon hemşirelik tanısı kondu, bu doğrultuda hemşirelik girişimleri uygulandı ve bakım süreci değerlendirildi.

Roy Adaptasyon Modeli'ne Göre Hemşirelik Bakım Planı

Fizyolojik alan						
Davranışın Tanılanması	**Odak uyaran**	**Hemşirelik tanısı**	**Hedef**	**Girişim/uygulama**	**Değerlendirme**	
*Hastada şu an gözle görülür deri bütünlüğü bozulması bulunmamakla birlikte; uzun süreli yatak istirahati, invaziv girişimler ve beslenme yetersizliği nedeniyle deri bütünlüğünün korunmasına yönelik adaptif davranışların yetersiz kalma riski bulunmaktadır.	*Silahlı yaralanmave buna bağlı cerrahi girişimler	***Deri bütünlüğünde bozulma riski**	*Doku bütünlüğünün devamlılığın sağlanması	* Hastanın yeterli hidrasyonunu sağlamak amacıyla günlük sıvı alımı izlenmiş ve yeterli sıvı alımı sağlandı. *Mesane boşaltımı için iki saatte bir olacak şekilde program oluşturuldu ve uygulandı. *Uzun süreli immobilizasyona bağlı komplikasyonları önlemek amacıyla tolere edebildiği ölçüde ROM egzersizleri yaptırıldı. *Yatak–sandalye transferleri yeterli personel desteği ile güvenli şekilde gerçekleştirildi. * Her pozisyon değişiminde cilt bütünlüğü değerlendirildi. *Basınç ülseri önleme konusunda hasta ve ailesine eğitim verildi. *Hastanın yaralı bölgesi nekroz yönünden kontrol edildi.	*Deri bütünlüğünün devamı sağlandı.	
*Yorgunluk, hareketten kaçınma	*Silahlı yaralanma sonrası gelişen **travma**	***Aktivite intoleransı**	*Aktivite sırasında aşırı yorgunluk yaşamaması, günlük aktiviteleri artan süre ve sıklıkta sürdürebilmesi	*Hastanın sağlığını iyileştirmeye yönelik kişisel hedefleri belirlendi. *Uzun süreli hareketsizliğin yol açabileceği komplikasyonlar hastaya açıklandı. *Aktivite sonrası yaşam bulguları değerlendirildi. *Uzun süreli yatak istirahati ve zorunlu immobilitenin kondisyon kaybına etkisini azaltmak amacıyla günde en az iki kez ROM egzersizleri başlatılmış, aktif yapamadığı durumlarda pasif ROM uygulanıldı. *Hastanın tolere edebileceği kısa ve amaçlı aktiviteler (sandalyede oturma, odada kısa mesafe yürüme) planlanmış ve uygulanıldı.	* Hasta aktivite sırasında daha az yorgunluk ve nefes darlığı yaşadığını ifade etti, aktivite toleransında artış gözlendi.	

Hasta batın bölgesinde rahatsızlık ve ağrı olduğunu bildiriyor	*Batın bölgesine silahlı yaralanma sonucu gelişen ağrı.	***Ağrı**	*Postoperatif dönemde hastanın ağrı düzeyinin kontrol altına alınarak fizyolojik bütünlüğün korunması ve günlük aktivitelerini ağrısız bir şekilde sürdürebilmesi sağlanacaktır.	*Hastayı güvenli ve rahat pozisyonlarla desteklendi. *Solunum egzersizleri ve gevşeme tekniklerini öğretildi. *Ağrı ile başa çıkma stratejileri konusunda bilgilendirildi. * Doktor istemine göre analjezik ve gerekli farmakolojik tedavi uygulandı.	Uygulamalar sonrası hastanın ağrısı azalmış, huzursuzluğu ve pozisyon değiştirme ihtiyacı azalmış, günlük aktivitelerini rahatça yapabilmiştir.		
*Halsizlik ve yorgunluk	*Ameliyat sonrası sıvı ve elektrolit kaybı nedeniyle dengesizlik.	***sıvı elektrolit dengesizliği**	*Hastanın sıvı-elektrolit dengesi sağlanacak, vital bulguları normal sınırlara dönecek ve fizyolojik bütünlük korunacaktır.	*Sıvı alım ve çıkışını düzenli olarak izlemek ve kaydetmek *Vital bulguları düzenli olarak değerlendirmek * Doktor istemine göre intravenöz sıvı ve elektrolit takviyesi sağlamak *Hastayı sıvı alımı konusunda bilgilendirmek ve teşvik etmek *Elektrolit laboratuvar sonuçlarını izlemek ve anormalliklerde müdahale etmek	*Hemşirelik girişimleri sonrası hastanın sıvı-elektrolit dengesi sağlanmış, vital bulguları normal sınırlara dönmüş ve halsizlik ile diğer dengesizlik belirtilerinde azalma gözlenmiştir.		

Benlik kavramı alanı					
Davranışın Tanımlanması	**Odak uyaran**	**Hemşirelik tanısı**	**Hedef**	**Girişim/ uygulama**	**Değerlendirme**
*Hasta, vücudunda meydana gelen travmatik değişiklikler ve tıbbi girişimler nedeniyle beden görünümüne yönelik olumsuz düşünceler ifade etmektedir.	*Silahlı yaralanma sonrası oluşan **travmaya bağlı bedensel değişiklikler**	***Beden imgesinde rahatsızlık**	*Hastanıbedenine yönelik olumsuz ifadelerin azalması ve benlik saygısının güçlenmesi.	*NG tüp ve parenteral beslenmeye bağlı bedenindeki değişimlere ilişkin duygu ve düşüncelerini ifade etmesi desteklendi. *Bedenindeki değişimlerin tedavi sürecinin bir parçası ve geçici olabileceği hastaya açıklandı. *Mahremiyet sağlanarak güvenli ve destekleyici bir iletişim ortamı oluşturuldu. *Hastanın sağlık durumu ve tedavi süreci hakkında soru sorması teşvik edilmiştir sorularına uygun cevaplar verildi . *Yanlış inanışlar ve kaygılar açıklığa kavuşturuldu. *Aile ile iletişimi ve sosyal etkileşimi desteklendi. *Hastanın güçlü yönleri ve baş etme kaynakları değerlendirildi. *Uygun olduğunda NG tüp ve kişisel bakım sürecine	*Hemşirelik girişimlerinin ardından hastanın beden imgesiyle ilgili rahatsızlığı azaldı.

				kademeli olarak dahil edildi.			

*Hasta, yaşadığı travmatik olay ve tedavi sürecine bağlı olarak endişe, huzursuzluk ve gerginlik hissettiğini ifade etti.	Batın bölgesine silahlı yaralanma sonrası ameliyat geçiren hastada postoperatif ileus gelişmesi.	***Anksiyete**	*Hastanın anksiyete düzeyinin azalması, duygularını ifade edebilmesi	*Hastanın mevcut anksiyete düzeyi değerlendirildi. *Hastaya sakin, güven verici yaklaşım sergilenmiş ve yanında bulunuldu. *Duygularını ifade etmesi için konuşmasına izin verildi. *Anksiyeteyi tetikleyen durumlar ve karşılanmamış gereksinimler değerlendirildi. *Gevşeme teknikleri (derin nefes alma, müzik dinleme) öğretildi ve uygulanması sağlandı.	*Hemşirelik girişimleri sonrası hastanın kaygı düzeyi azalmış,hastanın rahatlanması sağlandı.		

Rol Fonksiyon Alanı							
Davranışın Tanılanması	**Odak uyaran**	**Hemşirelik tanısı**	**Hedef**	**Girişim/uygulama**	**Değerlendirme**		
*Hasta, yaşadığı travma ve hastaneye yatış süreci nedeniyle aile içi ve sosyal rollerine ilişkin sorumluluklarını yerine getiremediğini ifade etmekte; bağımlılık hissi ve rol kaybına bağlı huzursuzluk yaşamaktadır.	*Silahlı yaralanmaya bağlı gelişen **fiziksel yetersizlik**	***Üstlendiği rolleri yerine getirmede yetersizlik**	*Hastanın mevcut durumuna uygun rollerini tanımlayabilmesi, rol kaybına yönelik duygularını ifade edebilmesi ve iyileşme süreciyle uyumlu yeni rol beklentileri geliştirmesi	***** Hastanın silahlı yaralanma ve tedavi sürecine bağlı olarak üstlendiği aile, iş ve sosyal roller değerlendirildi. *Hastanın mevcut fiziksel kısıtlılıklarının rol performansına olan etkisi belirlendi. *Hastanın günlük yaşam aktivitelerinde gereksinim duyduğu yardım türleri (beslenme, kişisel bakım, ev işleri, ulaşım)	*Hemşirelik girişimleri sonrası hastanın günlük rollerini yerine getirme yeteneği artmış, sorumluluklarını gerçekleştirme kapasitesinde iyileşme gözlemlendi.		

				belirlenmiş ve bu yardımlara erişimi sağlandı. *Aile üyelerine, bakım sürecinin fiziksel yük ve diğer roller üzerindeki etkileri açıklandı. *Bakım verenin fiziksel gereksinimleri ve olası zorlanmaları değerlendirildi. * Bakım vericiye duygularını ve yaşadığı güçlükleri ifade etmesi için fırsat tanındı. *Hasta ve aile, sosyal destek sistemleri ve toplumsal kaynaklar (sosyal hizmetler, evde bakım hizmetleri, maddi destek) konusunda bilgilendirildi.			

Karşılıklı Bağlılık Alanı							
Davranışın Tanılanması	**Odak uyaran**	**Hemşirelik tanısı**	**Hedef**	**Girişim/uygulama**	**Değerlendirme**		
*****Hasta kimseyle görüşmek istemiyor.	*Silahlı yaralanmaya bağlı **travmatik olay** ve buna eşlik eden hastaneye yatış durumu	***Sosyal İzolasyon**	*Hasta sosyal etkileşimlerini artırır.	Hastanın silahlı yaralanma ve tedavi sürecine bağlı sosyal etkileşim düzeyi değerlendirildi. *NG tüp ve parenteral beslenmenin sosyal ortamlardan kaçınmaya etkisi ele alındı. *Hastanın yalnızlık duygularını ve izolasyon nedenlerini ifade etmesi desteklendi. *Aile üyeleri ve yakınlarıyla iletişimi sürdürmesi teşvik edildi. Aile bu konuda bilgilendirildi. *Uygun koşullarda ziyaretçi kabulü sağlandı. *Hastanın tolere edebileceği düzeyde ortak alanlara çıkması desteklendi.	*Hemşirelik girişimleri sonrası hastanın sosyal etkileşimlerde bulunma isteği artmış, yalnızlık duygusunda azalma gözlemlendi.		

5. SONUÇ

Roy Adaptasyon Modeli doğrultusunda planlanan ve uygulanan hemşirelik bakımı ile hastanın fizyolojik gereksinimleri sistematik olarak değerlendirildi. Enteral ve parenteral beslenmeye ilişkin bakım, enfeksiyon bütüncül bir yaklaşımla sürdürüldü. Ayrıca travmatik yaralanmanın bireyin benlik algısı ve rol fonksiyonları üzerindeki olası etkileri göz önünde bulundurularak hastaya bilgilendirme ve destekleyici girişimler uygulanmıştır. Multidisipliner ekip iş birliği ile yürütülen bakım süreci sonucunda beslenme durumunun iyileşme sürecine olumlu katkı sağladığı ve adaptasyon düzeyinde olumlu gelişmeler gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

Barış, N., Gülseven Karabacak, B., & Ecevit Alpar, Ş. (2015). Roy adaptasyon modeline göre bir hemşirelik bakım planı. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 31*(2), 130–139.

Beach, E. C., & De Jesus, O. (2023). *Ileus*. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Buscail, E., Deraison, C., et al. (2022). Postoperative ileus: A pharmacological perspective. *British Journal of Pharmacology, 179*(13).

Carpenito, L. J. (Yıl). *Hemşirelik tanıları: El kitabı* (F. Erdemir & G. G. Türk, Çev.). Nobel Tıp Kitabevleri.

Dewey, J. (2023). *Adaptation model of nursing*. EBSCO Research Starters.

Erdoğan, F. (2023). *Bağırsak stoması açılması planlanan hastalarda ameliyat öncesi Roy Adaptasyon Modeline göre verilen hemşirelik eğitiminin ameliyat sonrası kaygı düzeyine, beden imajına ve yaşam kalitesine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Jennings, K. M. (2017). The Roy Adaptation Model: A theoretical framework for nurses providing care to individuals with anorexia nervosa. *Advances in Nursing Science, 40*(4), 370–383.

Lyhne, L., & Kippenento-Moyet, M. (Yıl). *Hemşirelik tanıları: El kitabı*.

Özden, E., & İyigün, E. (2025). Nursing care structured according to the Roy Adaptation Model in the postoperative intensive care process of a trauma patient. *Journal of Intensive Care Nursing, 29*(1), 81–91.

Sert, E., Erkal, Y., & Tuna Oran, N. (2014). Ebelikte Roy adaptasyon modeli'nin antenatal değerlendirmede kullanımı [The usage of Roy adaptation model in antenatal assessment in midwifery]. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 3*(4), 1147–1161.

Stewart, D., & Waxman, K. (2007). Management of postoperative ileus. *American Journal of Therapeutics, 14*(6), 561–566.

Urbanek, L., Urbankova, P., & Travnicek, T. (2024). Postoperative ileus and possibilities of pharmacological intervention. *Rozhledy v chirurgii, 103*.

Ursavaş, F. E., Karayurt, Ö., & İşeri, Ö. (2014). Nursing approach based on Roy Adaptation Model in a patient undergoing breast conserving surgery for breast cancer. *Journal of Breast Health, 10*(3), 134–140.

Venara, A., Neunlist, M., Slim, K., Barbieux, J., Colas, P. A., Hamy, A., & Meurette, G. (2016). Postoperative ileus: Pathophysiology, incidence, and prevention. *Journal of Viscéral Surgery, 153*(6).

Vicdan, A. K., & Karabacak, B. G. (2014). Hemşirelik modellerinden: Roy Adaptasyon Modeli. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 4*, 255–259.

KORONER ARTER BYPASS GREFTİ SONRASI POSTOPERATİF BAKIMDA YAŞAM AKTİVİTELERİ MODELİ: OLGU SUNUMU

Fatma Nur POLAT
Aksaray University Institute of Health Sciences, Department of Nursing, Aksaray
ORCID ID: 0009-0004-8891-8883
Prof. Dr. Funda ÇETİNKAYA
Aksaray University Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Aksaray
ORCID ID: 0000-0003-2518-6625

ÖZET

Bu olgu sunumu, Koroner Arter Bypass Grefti ameliyatı olan 50 yaşındaki erkek hastanın postoperatif dönemdeki değerlendirmesini kapsamaktadır. Olgu sunumu için hastadan sözel ve yazılı onam alınmış, ayrıca ilgili hekimden gerekli izin sağlanmıştır. Olguya ilişkin veriler 9-15 Mart 2026 tarihleri arasında Kalp Damar Cerrahi Servisi'nde tedavi gören hastadan alınmıştır.

Hastanın bilinen hipertansiyon, tip 2 diyabet, kolesterol, kalp yetmezliği ve böbrek yetmezliği vardır. Hasta kontrol için kardiyoloji polikliniğine gittiğinde hastaya Koroner Anjiyografi yapılmıştır. Anjiyografi sırasında LAD D1 seviyesi %100, D1 proksimal %80-90, CX gövde %50-60, CX OM2 %80-90, RCA gövde %80-90 tıkalı olduğu görülerek hasta KVC'ye yönlendirilmiştir. Konsey kararıyla hastaya Dörtlü Koroner Arter Bypass Grefti (CABG*4) ameliyatı planlanmıştır.

Hasta kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiş; akut ağrı, elektrolit dengesizliği, öz bakım eksikliği, fiziksel mobilitede bozulma, rol performansında bozulma, uyku örüntüsünde bozulma ve anksiyete hemşirelik tanıları belirlenmiştir. Ayrıca düşme riski, enfeksiyon riski, kanama riski ve solunum fonksiyonunda etkisizlik riski temel riskler olarak saptanmıştır.

Yaşam Aktiviteleri Modeli doğrultusunda hastanın fizyolojik ve psikososyal gereksinimleri sistematik bir şekilde ele alınmış, belirlenen hemşirelik tanıları bu model çerçevesinde bütüncül olarak değerlendirilerek bakım girişimleri planlanmıştır. Bu kapsamda multidisipliner yaklaşım ile ağrı yönetimi, sıvı-elektrolit dengesinin izlenmesi ve enfeksiyon kontrolünün sağlanmasına yönelik girişimler uygulanmıştır. Uygulanan hemşirelik bakımı sonucunda hastanın genel klinik durumunda stabilizasyon sağlanmıştır.

Anahtar Kelime: Koroner Arter Bypass Grefti, Koroner Arter Hastalığı, Günlük Yaşam Aktiviteleri Modeli, Hasta, Hemşirelik Bakımı

ACTIVITIES OF LIFE MODEL IN POSTOPERATIVE CARE AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFT: CASE REPORT

ABSTRACT

This case report describes the postoperative evaluation of a 50-year-old male patient who underwent coronary artery bypass graft surgery. Verbal and written informed consent was obtained from the patient, and the necessary permission was also obtained from the attending physician. Data were collected from the patient, who received treatment at the Cardiovascular Surgery Department between March 9-15, 2026. The patient had known hypertension, type 2 diabetes, high cholesterol, heart failure, and renal failure. During a follow-up visit to the cardiology outpatient clinic, coronary angiography was performed. The angiography revealed 100% occlusion at the LAD D1 level, 80-90% proximal D1, 50-60% CX trunk, 80-90% CX OM2, and 80-90% RCA trunk, leading to referral to the cardiovascular surgery department. A quadruple coronary artery bypass graft (CABG*4) surgery was planned based on the council's decision. The patient underwent a comprehensive evaluation; Acute pain, electrolyte

imbalance, lack of self-care, impaired physical mobility, impaired role performance, sleep pattern disturbance, and anxiety were identified as nursing diagnoses. Additionally, fall risk, infection risk, bleeding risk, and respiratory dysfunction risk were identified as key risks. In line with the Activities of Living Model, the patient's physiological and psychosocial needs were systematically addressed, and care interventions were planned holistically within the framework of this model, considering the identified nursing diagnoses. Within this scope, interventions aimed at pain management, monitoring fluid and electrolyte balance, and infection control were implemented using a multidisciplinary approach. As a result of the applied nursing care, stabilization was achieved in the patient's general clinical condition.
Keywords: Coronary Artery Bypass Graft, Coronary Artery Disease, Activities of Daily Living Model, Patient, Nursing Care

1.GİRİŞ

Koroner arter hastalığı (KAH), koroner arterlerin daralması ya da tamamen tıkanması sonucunda miyokardın kanlanmasının bozulmasına yol açan yüksek morbidite ve mortalite oranlarına sahip bir hastalıktır. Bu tıkanıklık durum stabil ve unstabil angina, miyokard enfarktüsü gibi klinik tablolara neden olabileceği gibi ani kardiyak ölüme kadar ilerleyebilir. KAH'ın küresel hastalık yükünün %2,2'sini ve kardiyovasküler hastalıkların %32,7'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir. 2019 yılında dünya genelinde kardiyovasküler hastalıklardan kaynaklanan ölüm sayısı 17,9 milyon olarak belirtilirken, bu sayının 2030 yılına kadar 23,6 milyonu aşması ve hastalığın ekonomik yükünün 1 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir (Demirkol & Güneş, 2025; Gürer, 2025).

Koroner arter hastalığı (KAH) için en yaygın olarak kullanılan tedavi yöntemi, koroner arter bypass grefti (KABG) ameliyatıdır. Her yıl CABG ameliyatı geçiren kişi sayısının ABD'de 400.000, Türkiye'de ise 20.000 olduğu tahmin edilmektedir (Bozkurt & Sağlam, 2021).

Küresel sağlığı önemli ölçüde etkileyen koroner arter hastalığının (KAH) tedavisi, hastanın klinik durumuna bağlı olarak yaşam tarzı değişiklikleri, tıbbi tedavi ve perkütan koroner girişim (PCI) veya koroner arter bypass ameliyatı (KABG) gibi invaziv müdahaleleri içerir. KABG ameliyatı, ileri ve yaygın KAH tedavisinde en sık kullanılan müdahale tekniğidir. KABG ameliyatından sonra hastaların hayatta kalma oranı artmış olsa da, ameliyat sonrası dönem birçok hasta için karmaşık bir süreç olarak tanımlanabilir (Demirkol & Güneş, 2025). Koroner arter bypass grefti cerrahisi sonrası dönemde hastalarda çeşitli komplikasyonlar gelişebilmektedir. En sık görülen komplikasyonlar arasında aritmi, özellikle atriyal fibrilasyon, düşük kardiyak debi sendromu, miyokard iskemisi, enfeksiyon (özellikle cerrahi alan enfeksiyonu ve pnömoni), kanama, tromboembolik olaylar, solunum fonksiyonlarında bozulma ve böbrek fonksiyonlarında azalma yer almaktadır. Ayrıca hastalarda ağrı, immobiliteye bağlı komplikasyonlar ve psikolojik sorunlar (anksiyete, depresyon) da sık karşılaşılan durumlardır (Fuster et al., 2017; McCarthy et al., 2019).

Bu komplikasyonların erken dönemde tanılanması ve etkili şekilde yönetilmesi, postoperatif mortalite ve morbiditenin azaltılmasında kritik öneme sahiptir. Özellikle hemodinamik izlem, sıvı-elektrolit dengesi takibi, solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi, ağrı yönetimi ve enfeksiyon kontrolü hemşirelik bakımının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Hemşireler, postoperatif dönemde hastanın vital bulgularını yakından izleyerek, komplikasyonların erken belirtilerini saptamada ve uygun girişimleri başlatmada önemli bir rol üstlenmektedir (Bulechek et al., 2018).

Koroner arter bypass grefti sonrası bakımda hemşirelik süreci yalnızca fizyolojik iyileşmeyi değil, aynı zamanda hastanın psikososyal uyumunu ve yaşam kalitesini de hedeflemektedir. Bu nedenle bakımın sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla planlanması gerekmektedir. Yaşam

Aktiviteleri Modeli, hastanın biyolojik, psikolojik ve sosyal gereksinimlerini bütüncül şekilde değerlendirmeye olanak sağlayarak postoperatif bakım sürecinde önemli bir rehber niteliği taşımaktadır (Roper et al., 2000).

Koroner arter bypass greft cerrahisi sonrası bakımın amacı hastanın iyileşmesini sağlamak ve hızlandırmak, komplikasyonları önlemek, hastanın yaşam kalitesinin yükselmesini sağlamak ve yaşam süresinin artmasına katkı da bulunmaktır (Üstündağ & Eti Aslan, 2011).

2.OLGU

Yaş:50, **Cinsiyet:** Erkek, **Boy:**175 cm, **Kilo:**85 kg

Eğitim Durumu: Ortaokul, **Sağlık Güvencesi:** BAĞ-KUR

Öyküsü: A.K.; 50 yaşında erkek hasta. Bilinen hipertansiyon, Tip II diyabet, kolesterol, kalp yetmezliği, böbrek yetmezliği var. 1 ay önce kontrol için kardiyoloji polikliniğine giden hastaya Koroner Anjiyografi yapılıyor ve anjiyo sırasında LAD D1 seviyesi %100, D1 proksimal %80-90, CX gövde %50-60, CX OM2 %80-90, RCA gövde %80-90 tıkalı olduğu görülerek hasta KVC'ye yönlendiriliyor. Konsey kararıyla hastaya Dörtlü Koroner Arter Bypass Grefti (CABG*4) ameliyatı planlanıyor.

Tablo 1. Tedaviler

Postop 1. Gün		**Postop 3. Gün**	
İzotonik inf. 50 cc/h	TDP Süspansiyonu IV 2*1	İzotonik inf. 50 cc/h	Beloc 50 mg tb. Oral 1*1
Dopamin inf. 3 cc/h	Eritrosit Süspansiyonu IV 2*1	İprasal nebül inh. 4*1	Coraspin 100 mg tb. Oral 1*1
Steradin inf. 0,06 cc/h	Lasix 20mg/2ml amp 1*1	Pulmicort nebül inh. 2*1	Plavix 75 mg tb. Oral 1*1
İespor 1 gr flakon IV 3*1	İprasal nebül inh. 4*1	İespor 1 gr flakon IV 3*1	
Asist 300mg/3ml amp. IV 3*1	Pulmicort nebül inh. 2*1	Asist 300mg/3ml amp. IV 3*1	
Pantpas 40 mg flakon IV 1*1	Beloc 50 mg tb. Oral 1*1	Pantpas 40 mg flakon IV 1*1	
Perfalgan 10mg/ml flakon IV 3*1	Coraspin 100 mg tb. Oral 1*1	Perfalgan 10mg/ml flakon IV 3*1	
Novorapid 3*15 ünite	Plavix 75 mg tb. Oral 1*1	Novorapid 3*15 ünite	
Toujeo 1*20 ünite		Toujeo 1*20 ünite	

3.Yaşam Aktiviteleri Modeline Göre Olgunun Verileri

3.1. Hastanın Çevresinin Güvenliğini Sağlama ve Sürdürme

Tablo 2. Yaşam Bulguları

	Postop 0. Saat (YBÜ)	**Postop 1. Saat (YBÜ)**	**Postop 1. Gün (YBÜ)**	**Postop 3. Gün (Servis)**
Ateş	36,5 C	36,5 C	36,4 C	36,9 C
Nabız	120/dk	130/dk	88/dk	69/dk
Kan Basıncı	110/60 mmHg	97/50 mmHg	117/52 mmHg	139/72 mmHg
Satürasyon	%99 (3 lt/dk O2)	%99 (3 lt/dk O2)	%99 (4 lt/dk O2)	%95
Kan Şekeri	218 mg/dl	247 mg/dl	208 mg/dl	196 mg/dl

Tablo 3. Laboratuvar Sonuçları

	Preop	**Postop 1. Saat**	**Postop 1. Gün**	**Postop 2. gün**
pH	**7,34 ↓**	7,35	7,44	**7,49 ↑**
K	**4,8 ↑**	4	**4,8 ↑**	**4,8 ↑**
Na	135	139	**133 ↓**	**130 ↓**
Ca	1,23	1,18	**1,12 ↓**	**1,07 ↓**
Glikoz	**215 ↑**	**225 ↑**	**183 ↑**	**241 ↑**
RBC	**4,42 ↓**	**2,99 ↓**	**2,5 ↓**	**2,99 ↓**
HGB	**12,6 ↓**	**8,6 ↓**	**7,1 ↓**	**8,5 ↓**
HCT	**38,1 ↓**	**25,8 ↓**	**21,1 ↓**	**25,1 ↓**
PLT	164	145	**111 ↓**	**86 ↓**
PT	10,7	13,2	12,2	12,3
INR	0,91	1,14	1,05	1,06
APTT	23,2	25,2	26,4	29,1
CRP	**5,50 ↑**	**62,5 ↑**	**84,75 ↑**	**209,72 ↑**
Üre	**103 ↑**	**86 ↑**	**98 ↑**	**127 ↑**
Kreatinin	**1,55 ↑**	**1,37 ↑**	**1,72 ↑**	**2,08 ↑**
Albumin	**26,4 ↓**	**20,4 ↓**	**22,6 ↓**	**22,7 ↓**
AST	49	**60 ↑**	**63 ↑**	**98 ↑**
ALT	**83,2 ↑**	**58,1 ↑**	**52,2 ↑**	49,0
Troponin I	**11,4 ↑**	**3539,9 ↑**	**>26860,0 ↑**	**>26860,0 ↑**

3.2. İletişim
Hastanın işitme ve konuşma problemi yok. İletişime açık. Sorulan sorulara cevap veriyor.

3.3. Solunum
Solunum: 18-20 / dk. Hasta yoğun bakımda nazal kanül ile 4 lt/dk O2 ile satürasyonu %99'dur. Servise geçtiğinde ise oda havasında satürasyonu %94'tür. Doktor orderında olan Pulmicort nebül inhaler 2*1 ve İprasal nebül inhaler 4*1 hastaya uygulanmıştır.

3.4. Yeme-İçme Aktivitesi
Hasta postop 8. saatten sonra oral beslenmeye başlamıştır. İlk olarak hastaya rejim 2 (sulu yumuşak gıdalar) daha sonrasında rejim 3'e geçmiştir.

3.5. Boşaltım Aktivitesi
Hastada foley sonda var. Günlük idrar miktarı yaklaşık 2500 ml. Hastaya aldığı çıkardığı takibi (AÇT) yapılmaktadır. Hastada 2 adet göğüs tüpü vardır. Mediastendeki göğüs tüpünden 100 ml, sol torakstaki 200 ml gelen vardır. Hastanın AÇT'si +2120'dir.

3.6. Kişisel Hijyen ve Giyim Aktivitesi
Günlük kişisel hijyen ve bakımında eşinden yardım alıyor.

3.7. Beden Isısının Kontrolü
Vücut ısısı: 36,9 C. Vücut ısısı normal sınırlarda seyrediyor.

3.8. Hareket
Hasta eşinin desteğiyle yatak dışında mobilize olabiliyor.

3.9. Çalışma ve Eğlenme
Ev içi aktivitelerde sınırlı. Boş zamanlarını televizyon izleyerek geçiriyor.

3.10. Cinselliği İfade Etme
Hasta bu konuda konuşmak istememiştir.

3.11. Uyku
Hasta günde yaklaşık 12 saat uyumaktadır.

3.12. Ölüm
Hasta durumuna şükrettiğini ifade ediyor. Ailesi, hastalığına karşı psikolojik destek sağlamaya çalışıyor.

4. Hemşirelik Tanıları
4.1. Güvenli Çevre Sağlama Aktivitesi
Hemşirelik tanısı 1: Düşme riski

Amaç: Hastanın hastanede kaldığı süre boyunca düşme olayının gerçekleşmemesi.

Girişimler: Hastanın düşme riski, İtaki Düşme Riski Ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Hastanın odasına "düşme riski"ni gösteren uyarıcı görsel (kayan adam figürü) yerleştirilmiştir. Hasta ve hasta yakınları düşme riski ve alınması gereken önlemler konusunda bilgilendirilmiştir. Hastanın mobilizasyonu hemşire gözetimi dışında tek başına gerçekleştirmemesi sağlanmıştır. Hasta odasının yeterli düzeyde aydınlatılması sağlanmıştır. Sık kullanılan kişisel eşyalar hastanın kolay ulaşabileceği mesafeye yerleştirilmiştir. Yatak korkulukları kapatılmış ve yatak frenleri kilitlenmiştir. Hastanın hemşire çağrı sistemi hakkında bilgilendirilmesi sağlanmış ve gerektiğinde kullanması öğretilmiştir.

Hemşirelik tanısı 2: Enfeksiyon riski

Amaç: Hastada hastanede yatış süresi boyunca enfeksiyon gelişiminin önlenmesi.

Girişimler: Hasta, enfeksiyon bulguları (ateş, lokal ağrı, kızarıklık, ısı artışı ve pürülan akıntı) açısından düzenli olarak gözlemlenmiştir. Enfeksiyon kontrolünü sağlamak amacıyla el hijyeni kurallarına titizlikle uyulmuş ve aseptik teknikler uygulanmıştır. Hasta ve hasta yakınlarına kişisel hijyen ve enfeksiyonun önlenmesine yönelik eğitim verilmiştir. Enfeksiyon riskini azaltmak amacıyla ziyaretçi sayısı sınırlandırılmıştır. Ayrıca yara iyileşmesini desteklemek amacıyla hastaya protein ağırlıklı beslenmenin önemi konusunda bilgilendirme yapılmıştır.

Hemşirelik tanısı 3: Kanama riski

Amaç: Hastada hastanede yatış süresi boyunca kanama gelişmemesi.

Girişimler: Hasta, kanama belirtileri açısından (drenaj miktarında artış, hipotansiyon, taşikardi, baş dönmesi ve bilinç değişikliği) düzenli olarak izlenmiştir. Vital bulgular sık aralıklarla takip edilmiştir. Dren çıkışı renk, miktar ve içerik açısından değerlendirilerek kayıt altına alınmıştır. Hemodinamik stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla laboratuvar değerleri (özellikle hemoglobin, hematokrit ve koagülasyon parametreleri) hekim istemi doğrultusunda takip edilmiştir. Kanama riskini azaltmak ve olası komplikasyonları erken fark edebilmek için hasta sürekli gözlem altında tutulmuştur.

Hemşirelik tanısı 4: Akut ağrı

Amaç: Hastanın ağrısının azalması ve bunu sözlü olarak ifade etmesi.

Girişimler: Hastanın ağrısı sözel ağrı skalası kullanılarak değerlendirilmiş, hastanın ağrısını 10 üzerinden 9 olarak ifade ettiği belirlenmiştir. Ağrının yeri, süresi, şiddeti, yayılımı ve ağrıyı artıran/azaltan faktörler detaylı olarak değerlendirilmiştir. Hekim istemine uygun olarak analjezik ilaçlar zamanında uygulanmıştır. Hastaya ağrı yönetimine yönelik non-farmakolojik yöntemler (dikkati başka yöne çekme, gevşeme teknikleri ve rahatlama stratejileri) hakkında eğitim verilmiştir. Hastanın ağrı düzeyi düzenli aralıklarla yeniden değerlendirilmiştir.

4.2. Solunum Aktivitesi
Hemşirelik tanısı 5: Solunum fonksiyonunda etkisizlik riski

Amaç: Hastada etkili solunum fonksiyonunun sürdürülmesi ve solunum komplikasyonlarının önlenmesi.

Girişimler: Hastaya, sternotomi insizyon hattını destekleyerek (splintleme yaparak) rahat solunum ve etkili öksürme teknikleri konusunda eğitim verilmiştir. Derin solunum ve öksürük egzersizleri açıklanmış ve düzenli olarak uygulaması (saatte 5-10 kez) için teşvik edilmiştir. Solunum kapasitesini artırmak amacıyla triflow (incentive spirometre) kullanımına yönelik

eğitim verilmiş ve hasta kullanımı konusunda desteklenmiştir. Hekim istemine uygun olarak verilen inhaler ilaçlar zamanında uygulanmıştır. Hastanın solunum sayısı, oksijen satürasyonu ve solunum paterni düzenli olarak izlenmiştir.

4.3. Beslenme Aktivitesi

Hemşirelik tanısı 6: Elektrolit dengesizliği

Amaç: Hastada elektrolit dengesinin sürdürülmesi ve olası dengesizliklerin erken dönemde önlenmesi.

Girişimler: Hastanın serum elektrolit düzeyleri (Na, K, Ca vb.) hekim istemi doğrultusunda laboratuvar sonuçları üzerinden düzenli olarak takip edilmiştir. Sıvı alım-çıkarım takibi (AÇT) yapılmıştır. Elektrolit dengesizliğine yönelik klinik bulgular (halsizlik, kas krampları, kardiyak aritmiler, bilinç değişiklikleri ve idrar miktarında azalma) açısından hasta düzenli olarak gözlemlenmiştir. Vital bulgular özellikle kardiyak ritim değişiklikleri açısından yakından izlenmiştir. Gerekli durumlarda hekimle iletişime geçilerek erken müdahale sürecine destek olunmuştur.

4.4. Kişisel Temizlik ve Giyinme Aktivitesi

Hemşirelik tanısı 7: Özbakım eksikliği

Amaç: Hastanın öz bakım aktivitelerine mümkün olan en yüksek düzeyde katılımının sağlanması ve bağımsızlığının desteklenmesi.

Girişimler: Hasta, öz bakım aktivitelerine katılımı konusunda desteklenmiş ve yapabildiği ölçüde bağımsız gerçekleştirmesi teşvik edilmiştir. Öz bakım sırasında yapamadığı alanlarda (kişisel hijyen, giyinme, mobilizasyon vb.) hemşirelik desteği sağlanmıştır. Bakım sürecinde hastanın mahremiyetine özen gösterilmiştir. Hastanın bakım sürecine aile bireyleri ve bakım veren kişiler dahil edilerek eğitim verilmiş ve sürece aktif katılımları desteklenmiştir. Hastanın öz bakım becerilerini geliştirmeye yönelik motivasyonu artırılmıştır.

4.5. Hareket Aktivitesi

Hemşirelik tanısı 8: Fiziksel mobilitede bozulma

Amaç: Hastanın fiziksel mobilitesinde artış sağlanması ve mobilizasyonun güvenli şekilde sürdürülmesi.

Girişimler: Hastanın ağrı kontrolü sağlanarak mobilizasyona katılımı teşvik edilmiştir. Yara bölgesini koruyarak güvenli mobilizasyon teknikleri hakkında eğitim verilmiş ve uygulamalı olarak gösterilmiştir. Hastaya günlük aktif ve pasif eklem hareket açıklığı (ROM) egzersizleri öğretilmiş ve düzenli olarak yapması için desteklenmiştir. Mobilizasyon sırasında düşme ve yaralanma riskine karşı güvenlik önlemleri alınmış, hasta hemşire gözetiminde hareket ettirilmiştir. Hastanın toleransına göre mobilizasyon düzeyi kademeli olarak artırılmıştır.

4.6. Çalışma ve Eğlence Aktivitesi

Hemşirelik tanısı 9: Hastalığa bağlı rol performansında bozulma

Amaç: rol performansına yönelik stresin azaltılması

Girişimler: Hastanın üstlendiği roller belirlendi (baba, eş). Hastalığın bu roller üzerindeki etkisi değerlendirildi. Rol kaybına ve değişimine bağlı duygusal tepkiler değerlendirildi. Hastanın duygularını ifade etmesi için alan tanındı. Hastanın güçlü yönleri ve hala sürdürebildiği rolleri vurgulandı. Aile üyeleri bilgilendirildi.

4.7. Uyku Aktivitesi

Hemşirelik tanısı 10: ağrı ve anksiyeteye bağlı uyku örüntüsünde bozulma

Amaç: Hastanın rol performansına ilişkin yaşadığı stresin azaltılması ve uyum sürecinin desteklenmesi.

Girişimler: Hastanın üstlendiği roller (baba, eş vb.) belirlenmiş ve hastalığın bu roller üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Rol değişimi ve olası rol kaybına bağlı gelişen duygusal tepkiler gözlemlenmiştir. Hastanın duygularını ifade etmesi için destekleyici ve güvenli bir

iletişim ortamı sağlanmıştır. Hastanın güçlü yönleri ve halen sürdürebildiği roller vurgulanarak öz yeterliliği desteklenmiştir. Aile üyeleri süreç hakkında bilgilendirilmiş ve hastaya sosyal destek sağlamaları konusunda yönlendirilmiştir.

4.8. Ölüm

Hemşirelik tanısı 11: Anksiyete

Amaç: Hastada anksiyete düzeyinin azaltılması ve baş etme becerilerinin güçlendirilmesi.

Girişimler: Hastayla güvene dayalı, yargılayıcı olmayan terapötik iletişim kurulmuştur. Hastanın duygularını ifade edebilmesi için aktif dinleme teknikleri kullanılmıştır. Hastanın soruları açık, anlaşılır ve net bir şekilde yanıtlanarak belirsizlik hissi azaltılmıştır. Hastalığı, uygulanacak girişimler ve bakım süreci hasta anlayabileceği bir dilde açıklanmıştır. Yanlış inanışlar düzeltilmiş ve gerçekçi beklentiler oluşturulmasına yardımcı olunmuştur. Hastaya derin nefes alma ve kas gevşetme gibi gevşeme teknikleri öğretilmiştir. Hastanın anksiyetesini azaltmaya yönelik sessiz, güvenli ve rahatlatıcı bir çevre sağlanmıştır. Gerektiğinde hastanın dikkatini başka yöne çekmeye yönelik aktiviteler önerilmiştir.

KAYNAKÇA

Bozkurt, T., Sağlam, R. (2021). Symptoms and Care Satisfaction in Patients Who Underwent Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Clin Exp Health Sci 2021; 11:* 481-486.

Bulechek, G. M., Butcher, H. K., Dochterman, J. M., & Wagner, C. (2018). *Nursing interventions classification (NIC)* (7th ed.). Elsevier.

Demirkol, A., Güneş, A. (2025). Return to work after coronary artery bypass graft surgery and investigation of its effects on patient. *BMC Public Health* (2025) 25:2781.

Fuster, V., Harrington, R. A., & Narula, J. (2017). *Hurst's the heart* (14th ed.). McGraw-Hill.

Gürer, Z. (2025). *Koroner arter bypass cerrahisi öncesi ameliyathane sürecine yönelik uygulanan hemşire navigasyon programının hastaların ameliyat öncesi anksiyete, kaliteli hemşirelik bakımı algısı ve stres hormonu düzeylerine etkisi* (Doktora tezi)

Karasu, V. E., Aksu, Ç. (2024). KORONER ARTER BYPASS SONRASI HASTALARIN SAĞLIK ALGILARI VE YAŞAM KALİTESİ. *Gevher Nesibe Journal of Medical & Health Sciences 2024; 9(3):* 394-402.

Korkut, M. (2025). *KALP AKCİĞER POMPASINA BAĞLI KORONER ARTER BAYPAS GREFTİ AMELİYATI OLAN HASTALARDA KONFOR DÜZEYİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ* (Yüksek Lisans Tezi).

McCarthy, P. M., et al. (2019). Postoperative complications following coronary artery bypass graft surgery: A clinical review. *Journal of Cardiac Surgery*, 34(10), 1–10.

Roper, N., Logan, W. W., & Tierney, A. J. (2000). *The Roper-Logan-Tierney model of nursing based on activities of living*. Churchill Livingstone.

Üstündağ, H., & Eti Aslan, F. (2011). Koroner arter bypass greft cerrahisi uygulanan hastanın bakımı ve konforu. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi, 15*(1), 22–28.

EBEVEYN BOŞANMASININ GENÇ YETIŞKIN ÇOCUK DENEYIMI: ANALITIK OTOETNOGRAFIK BIR ÇALIŞMA

Can Dündar
Niğde Ömer Halisdemir University, Graduate School of Social Sciences, Department of Sociology, Merkez, Niğde
ORCID ID: 0000-0002-5219-5423
Prof. Dr. Yücel Can
Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Sociology, Niğde, Merkez
ORCID ID: 0000-0002-5782-6570

Özet

Bu çalışma, ebeveyn boşanmasının genç yetişkin bir erkek çocuğun yaşamında yarattığı sosyolojik dönüşümleri; otorite, güven ve toplumsal cinsiyet inşası ekseninde incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürde boşanma olgusu genellikle pedagojik bir kriz veya eşler arası bir süreç olarak ele alınırken; bu araştırma, boşanmayı ataerkil kodların baskın olduğu bir taşra bağlamında, geride kalan birey üzerindeki "hegemonik erkeklik" ve "sorumluluk" baskısı üzerinden okumaktadır. Nitel araştırma yöntemlerinden analitik otoetnografi deseninin kullanıldığı çalışmada, araştırmacının kendi deneyimi sosyolojik bir veri olarak ele alınmış; Connell'ın "hegemonik erkeklik", Kandiyoti'nin "patriarkal pazarlık" ve Goffman'ın "benlik sunumu" kavramlarıyla analiz edilmiştir.

Araştırma bulguları, baba otoritesinin kaybının bireyde bir güven kültürü krizine yol açtığını ve oluşan otorite boşluğunun geniş aile (dayılar ve büyükanne) tarafından katı cinsiyet rolleriyle doldurulmaya çalışıldığını göstermektedir. Çalışma, boşanma sonrası iki farklı ev arasında kalan bireyin, çatışmayı önlemek ve hayatta kalmak adına diplomatik benlikler geliştirdiğini ve evi stratejik bir sahne olarak kullandığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, ataerkil yapılarda boşanmanın genç erkek çocuk için sadece bir ayrılık değil; kuşatılmış bir erkeklik performansı ile stratejik bir direniş arasında gidip gelen, çok katmanlı bir yeniden inşa süreci olduğunu savunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Boşanma, Analitik Otoetnografi, Hegemonik Erkeklik, Patriarkal Pazarlık, Genç Yetişkinlik.

THE YOUNG ADULT CHILD'S EXPERIENCE OF PARENTAL DIVORCE: AN ANALYTICAL AUTOETHNOGRAPHIC STUDY

Abstract

This study aims to examine the sociological transformations caused by parental divorce in the life of a young adult male, focusing on the axes of authority, trust, and the construction of gender. While the phenomenon of divorce is often addressed in the literature as a pedagogical crisis or an inter-spousal process, this research interprets divorce through the pressures of "hegemonic masculinity" and "responsibility" imposed on the individual within a provincial context dominated by patriarchal codes. Employing analytical autoethnography, a qualitative research design, the study treats the researcher's personal experience as sociological data, analyzed through the lenses of Connell's "hegemonic masculinity," Kandiyoti's "patriarchal bargain," and Goffman's "presentation of self."

The findings demonstrate that the loss of paternal authority triggers a crisis in the culture of trust, and the resulting authority vacuum is attempted to be filled by the extended family (uncles

and grandmother) through rigid gender roles. The study reveals that the individual caught between two different households post-divorce develops “diplomatic selves” to prevent conflict and survive, utilizing the home as a strategic stage. Ultimately, this research argues that in patriarchal structures, divorce is not merely a separation for the young male child; it is a multi-layered process of reconstruction oscillating between a besieged performance of masculinity and strategic resistance.
Keywords: Divorce, Analytical Autoethnography, Hegemonic Masculinity, Patriarchal Bargain, Young Adulthood.

GİRİŞ

Boşanma, sosyolojik literatürde genellikle eşler arasındaki bir çözülme veya çocukluk çağındaki bireylerin pedagojik gelişimini etkileyen bir kriz olarak ele alınmaktadır. Ancak boşanma olgusu, sadece çekirdek ailenin mekânsal ayrılığı değil; geride kalan bireylerin toplumsal cinsiyet rollerini, otorite algılarını ve güven duygularını zorunlu olarak yeniden inşa ettikleri çok katmanlı bir sosyolojik süreçtir. Özellikle ataerkil kodların güçlü olduğu toplumsal yapılarda, babanın evden ayrılışı sadece bir ebeveyn kaybı değil, aynı zamanda evdeki “erkeklik” ve “otorite” koltuğunun boşalması anlamına gelmektedir. Bu boşluk, geride kalan erkek çocuk için bir yas sürecinden ziyade, geniş aile tarafından dayatılan hegemonik erkeklik rollerinin ve sorumlulukların kuşatması altına girmek demektir.

Literatürde boşanmanın erken çocukluk dönemine etkileri sıklıkla çalışılmış olsa da, üniversite çağındaki genç yetişkin bireylerin bu süreci nasıl deneyimlediği, özellikle toplumsal cinsiyet inşası bağlamında yeterince irdelenmemiştir. Oysaki bu dönem, bireyin kendi kimliğini aradığı, eğitim hayatını sürdürdüğü ve geleceğini kurguladığı kritik bir eşiktir. Bu çalışmanın temel sorunsalı; boşanma sonrası oluşan otorite boşluğunda, genç bir erkeğin hem kendi bireyselliğini koruma çabası hem de üzerine yüklenen evin reisi rolü arasında yaşadığı sıkışmışlıktır.

Bu çalışma, ebeveyn boşanmasını deneyimleyen bir genç yetişkinin; baba otoritesinin yitimiyle oluşan güven eksikliğini, geniş ailenin ataerkil denetim mekanizmalarını ve iki farklı ev arasında bölünmüş benliğini nasıl yönettiğini anlama amacı gütmektedir. Bu bağlamda çalışma, boşanmayı sadece psikolojik bir travma olarak değil; Connell’ın “hegemonik erkeklik”, Kandiyoti’nin “patriarkal pazarlık” ve Goffman’ın “benlik sunumu” kavramları ekseninde, bireyin toplumsal yapıyla giriştiği bir müzakere süreci olarak ele almaktadır. Konuşulması zor olan bu mahrem deneyimlerin ve aile içi güç ilişkilerinin derinlemesine analiz edilebilmesi adına, çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden "analitik otoetnografi" deseni benimsenmiştir.

Araştırmanın Amaç ve Alt Amaçları

Bu çalışmada, boşanmanın yetişkinlik dönemindeki çocuğun üzerindeki etkilerine yer verilecektir. Boşanmak her ne kadar evli partnerlerin yaşadığı bir süreç olarak algılanmaktaysa da boşanmanın arka planında çocukluk ve çocuklara dair de önemli sorunlar ve etnografik öyküler de mevcuttur. Çalışmada çözümlenmeye çalışılacak olan alt amaçlar şu şekildedir:

1) Ebeveyn boşanması sonrası geride kalan çocuk güven duygusuna dair bireysel ve kültürel boyutta bir değişim yaşamakta mıdır?
2) Ebeveyn boşanması sonrası çocuğun sorumluluk duygusuna dair bir değişim mevcut mudur?
3) Ebeveyn boşanması sonrası çocuk, ataerkil sistem tarafından nelere maruz kalmaktadır?
4) Ebeveyn boşanması sonrası çocuk için aile kurumu ve eve dair anlam dünyası ne şekildedir?
5) Ebeveyn boşanması sonrası çocuk maddi olarak zorluk yaşamakta mıdır?

Yöntem

Bu çalışma ebeveyn boşanması yaşayan çocuğun yaşadığı sorunları bireysel ve toplumsal açıdan anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışma, kapsamına uygun olması bağlamındaki titizliğin farkında olunarak, "konuşması zor" olarak bilinen bir konuyu en ince ayrıntılarına kadar anlamaya yardımcı olması açısından nitel araştırma olarak belirlenmiştir. Nitel araştırmalar Creswell (2018, s.42) için *"mecazi anlamda farklı renk ve dokuya sahip incecik iplik ve çeşitli malzemelerin karışımından oluşan girift bir kumaşa benzer. Bu kumaş kolay veya basit bir şekilde açıklanamaz"*. Nitel araştırmalar toplumsal gerçek ve kültürel anlamı inşa eden detayları anlamaya yardımcı olan, etkileşim süreci ya da olaylara odaklanan, kuram ve verinin iç içe geçtiği, mesafeli değil de müdahil araştırmacının olduğu bir yöntemdir (Neuman, 2020, s.53).

Çalışma, nitel araştırmalarının bir yaklaşımı olan otoetnografik yaklaşıma göre tasarlanmıştır. Etnografinin aynı kültür içerisinde bir arada bulunan bireylerin yaşam örüntülerini gözlemleyerek değer ve davranışlarını anlamaya çalışması gibi(Creswell, 2018, s.90-91), otoetnografi de biyografik bir anlatım içerir (Anderson, 2006, s.376). Anderson'un (2006) tanımlamaları ışığında ise otoetnografik bu araştırmanın çeşidi ise analitik otoetnografidir. Analitik otoetnografi, analitik yansıtıcılık, araştırmacının benliğinin görünürlüğü, benliğin ötesindeki bilgilendiricilik ve teorik analize bağlılığı içerir (Anderson, 2006, s.378).

Çalışmanın veri toplama sürecinde ailemin boşanma sürecindeki ilk yıl üzerine odaklandım. Bu süreci "sistematik hatırlama" yoluyla derledim. Çalışma sonunda hatıralarımın beni yanıltabileceğinden ötürü çalışmamı annem ve kardeşimle müzakere ettim. Hatıralar kronolojik olarak değil de tematik olarak anlatılmıştır. Çalışmada 3 ana tema belirlenmiş, temalar üzerine sistematik hatırlama sosyolojik kavramlar ışığında açıklanmaya çalışılmıştır. Veriler işlenirken, Anderson'un analitik otoetnografi tanımlaması gereğince "analitik anlatı" yapılmıştır.

Araştırmacının aynı zamanda çalışmanın öznesi olması, anlatının seçimi, vurgulanması ve yorumlanması süreçlerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu durum çalışmanın temel sınırlılıklarından biridir. Ancak bu sınırlılık, analitik otoetnografide metodolojik bir araç olarak ele alınmakta; araştırmacının kendi konumunu, duygulanımını ve anlamlandırma süreçlerini açık biçimde yansıtması beklenmektedir. Bu çalışmada refleksivite, kişisel anlatının toplumsal bağlamdan kopmaması ve kuramsal analizle desteklenmesi yoluyla sağlanmıştır.

BULGULAR

1. Baba Otoritesinin Kaybı: Güven Eksikliği ve Kültürel Korku

Ebeveyn boşanması sonrası belki de ilk karşılaştığım mücadele, baba otoritesinin bir gün içerisinde kaybolması sonrasında düştüğüm karmaşık ortamdı. Otorite, *"herhangi bir konuda diğerlerine göre daha üstün bir gücü elinde bulundurma, bilgili, donanımlı, söz söyleme gücü ve yeteneğine sahip olma anlamlarında kullanılmaktadır"* (Özkan & Polat, 2017, s.110). Otorite kavramı yapısı gereği zorlayıcı etkisi olabilen ancak bir başka açıdan ise görece düzenin sağlanmasına yardımcı olabilen bir olgudur: Otorite, aile üyeleri arasındaki ilişkiyi şekillendiren bir olgudur (Güloğlu, 2022, s.79). Ev içerisinde baba tarafından sağlanan otorite geleneksel toplumsal cinsiyet normları çerçevesinden bakıldığında son derece etkilidir. Özellikle ebeveynleri boşanan bir erkek çocuğunun "baba otoritesi"ni hem reddedip hem eksikliğini hissetmesi bu açıdan tutarlıdır. Babam ve annem boşandıktan sonra yaşadığım otorite kaybının ise eylemlerim ve düşünme biçimin hakkında ciddi bir yük olması bu nedenle şaşırtıcı değildi. Geçmişte özellikle eğitim hayatımda yaşadığım zorluklar hakkında babama danışır, önerilerini uygulardım. İnsanlarla kuracağım ilişkilerimde verdiği tavsiyeler benim için kanun hükmündeydi ve onun deneyimlerini devralmaktan ötürü yaşadığım gurur beraberinde

babama eksiksiz bir güven duymamı sağlıyor; bu güven ise ilişkilerimde davranışlarıma yansıyordu.

Babam üniversite eğitimini 90'lı yıllarda İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'nde tamamlamıştı. Annem ise köyünde ilkokul okumuş, dedemin "kadınlar okumaz" şeklinde kararı nedeniyle daha fazla okuluna devam edememişti. Ben de üniversiteye ailemin de yaşadığı Niğde İli'nde gitmeye karar vermiştim. Boşandıkları 2017 yılında da ben üniversiteye ikinci sınıfa başlamıştım. Babam sürekli entelektüel birikimin kıymetinden bahseder, özellikle kitaplardan edinilecek bilgilerin insanların hayatları açısından ne kadar kıymetli olduğunu aktarırdı. Babamın üniversite mezunu olması, benim gözümde çok kıymetliydi. Ne babamın ne de annemin ailesinde üniversiteye başlamış ve bitirmiş başka kimse yoktu. Babam yüksek lisans yapmak için çok çabaladığını lakin siyasi görüşünün bölüm başkanıyla ters düşmesi sonrası yüksek lisans mülakatından elendiğini anlatırdı. Kendisi için de bu önemli bir kayıptı, bu kaybın aynısını çocuklarının yaşamasını istemez, elinden geldiğinin tamamını çocuklarının entelektüel birikimlerine ayırırdı. Hatırladığım kadarıyla ilkokul eğitimime başlamadan önce babamın teşvikleri ve okumaya gösterdiği ilgiden ötürü okuma-yazmayı hem kardeşim hem de ben kısmen de olsa öğrenmiştik. Babam sürekli hikâye kitapları alır, annemle birlikte okuma yaparlar, bize de çocuk kitapları okuturlardı. Babam yaşadığımız köydeki okulda müdürlük görevi yapmaktaydı. Dersler babamın mesaisinden önce biterdi ve ben babamın mesaisinin bitmesini beklerken okulun küçük kütüphanesinde vakit geçirirdim[22]. Henüz ortaokuldayken Ansiklopedilerden Comte ve Durkheim gibi isimlere denk gelmiş ve sosyoloji bilimini merak etmeye başlamıştım. Annem sürekli babama "felsefeci bir oğlum olacak galiba" derdi. Babam ise her bilginin elde edilmesinin kıymetinin farkındaydı. Ansiklopedilerden edebiyat, tarih, felsefe/sosyoloji[23], astronomi ve tıp bilimleri hakkında hemen her şeyi okurdum. Babama dair en büyük güven duygum da buradan gelmekteydi. Ben bilime dair bildiğim her şeyi onun altyapısı altında öğreniyordum. Köy içerisinde herkesten çok imkâna sahiptim. Astronomiye ilgi duyduğum bir dönemde babam bana hediye olarak bir teleskop bile almıştı.

Üniversite çağına geldiğimde ise sınavlara çalışmaktan yana pek de istekli ve başarılı değildim. Aileme ve hatta babama dair yaşadığım ilk güven sorunlarım lise dönemimde başlamıştı. Ailem Niğde'nin Çamardı İlçesi'nde yaşamaya başlamış, babam ilçe milli eğitimde şube müdürlüğüne yükselmişti. Ben lise eğitimi görmek için Anadolu Lisesi kazanmıştım ve Niğde'de yaşamam gerekiyordu. Babam yurtta kalmam gerektiğini, tayin isteyemeyeceğini söylemişti. Yurt lise yaşlarında bir öğrenci için son derece zorluydu. Bir yıl boyunca yurtlarda kaldım ve ailemin ve babamın otoritesi olmadan yaşadığım o yıl hayatımda ilk kez sigara içtim. İlk sigara içtiğim günü çok iyi hatırlamıyorum ama ilk sigara içiş sebebimi çok iyi hatırlıyorum: Kendi başımaydım ve hesap vermem gereken kimse yoktu, akşam olduğunda üzerimdeki kokuyu önemsememe gerek yoktu ve sigara içmeyen bir ailede sigara içen çocuk olarak yalnız bırakılmanın intikamını alıyordum.

Lise ikinci sınıfa başladığımda annem kaldığım yurdun demir ranzalarından ve yerdeki halı eksikliğinden ötürü ağlayarak babamın yanına gitmiş ve taşınmamız gerektiğini söylemiş. Babam ise kesin bir şekilde bunu reddetmiş. Annem ise babama taşınmazsak boşanma davası açacağını söylemiş ve o dönem boşanmışlardı. Annem Niğde'de bir ev kiralamış ve babam da Nevşehir'in bir ilçesinde milli eğitime tayin olmuştu. Bu ayrılık çok uzun sürmedi, tekrar

[22] Köy okulundaki bu kütüphane ilçe milli eğitim müdürlüğü tarafından neredeyse parçalanmaya yüz tutmuş onlarca ansiklopediden oluşurdu. İçerisi hiç kullanılmaz, genellikle her yer toz içinde olurdu. Ansiklopedileri çıkarıp camdan üfleyerek tozlarını alır, tek sandalyeli küçük bir masada otururdum. Kütüphane içerisinde bir kitaplık, küçük bir masa ve sandalye ile duvarda duran satranç takımı harici hiçbir şeyin olmadığı ve hatta sığamayacağı bir yerdi.

[23] O yaşlarımda felsefe ve sosyolojinin farklarını bilmiyordum. Babam gelecekte ikisinin farklı bilim dalları olduğunu bana anlatacaktı.

barıştılar. Ancak ben değişmeye başlamıştım ve çocukluktan kalan o eğitime düşkünlüğüm yerini sosyalleşmeye devretmişti. Hiç ders çalışmadığım için üniversiteye gidemeyeceğimden endişelenen annem babama benim için başka bir okul teklif etmiş ve babamla ortak bir karar alarak lisenin son yılında beni başka bir okula nakil yaptırmışlardı. O sene sınıf arkadaşım, komşum, en değer verdiğim dostumu bir trafik kazasında kaybetmiştim. Sınava çok az zaman kalmıştı. Babam durumu öğrendiğinde hemen eve gelmiş ve yanımda olmuştu. Bana benim yaşlarımdayken tıpkı benim gibi onun da bir arkadaşını kaybettiğini anlatmıştı. Babamla empati kurduğum o gün onun bir işi, evi ve iki çocuğu olduğunu fark etmiştim. Tıpkı benim gibi acı çekmiş ancak hayatına devam etmeyi de öğrenmişti. Tıpkı onun gibi olmak istediğime karar verdim ve çok yoğun bir çalışma ortamına kendimi bıraktım.

Üniversite sınavına son birkaç ayda çalışmaya başlayan bir öğrenciye göre önemli bir başarı elde etmiş, ailemi şaşırtmıştım. Annem hemşire olmamı istiyordu ve sürekli sağlık bilimi ile alakalı bölümlerden bahsediyordu. Babam ise tercihin benim hakkım olduğunu söylüyordu, ben ise babama öneri yapması için ısrar ediyordum. Bana eğer istersem sınıf öğretmenliği tercihi yapabileceğimi söyledi, bir süre düşündükten sonra sosyoloji bölümünde eğitim görmek istediğimi belirttim. Annem sosyolojinin ne olduğunu bilmiyor ve –loji'nin "sol görüş" olduğunu zannediyordu ve şiddetle reddetti, babam ile sosyolojiyi açıkladıktan sonra da[24] kabul etmişti. Babam ise sadece gelecekte iş konusunda zorlanabileceğimi ancak bu bilimi merak ediyorsam kesinlikle arkamda duracağını söylemişti.

Özellikle toplumsal cinsiyet normları gereği baba kavramı ve babalığın önemi yukarıdaki pasajlarda açıktır. Baba hem güveni sağlayan, hem desteği ile doğru olanın yapılmasını sağlayan hem de otoritesiyle yanlıştan kaçınılmasını sağlayan birisidir. Belli vd.,'e göre (2021), 1970'lerden itibaren özellikle feminist ideoloji çerçevesinde babalık değişmiş ve babalık sadece fiziksel ihtiyaçların karşılanmasının yanında bir yeterlilik ve duygusal açıdan çocuğun gelişimini sağlayan bir kavrama dönüşmüştür. Güloğlu'na (2022, s.101) göre de babalar aile üyeleri arasındaki bağı kuvvetlendirerek otoritesini yeniden üretir ve sonucunda da hem güvenilen hem güven veren olur.

Alışılagelmiş ev ve evin içerisinde bulunan bireylerin değişim süreci, kişilerin oluşan yeniye uyum sağlamasını gerektirir. Bu gereklilik kültürel olduğu kadar ailenin varlığı ve nitelikleri de kültüreldir. Ailenin yapısında yaşayan dönüşüm risk algısı üzerinden değerlendirilebilir. Bireyler deneyimleri dolayısıyla risk altında hissedebilirler. Değişim süreci içerisinde bireyin geleceği algılama biçimi de kültürel olarak değişir. Gelecek kaygısı da kolektif güvensizliği geleceğe yönlendirmektedir (Furedi, 2001, s.95-98). Furedi korkuya dair yaptığı bu geniş anlatımda her ne kadar kapitalist ve modern toplumun genel bir tasvirini çizse de süreç benim için de tıpkı bu şekilde ilerlemişti. Babam ve annemin artık aynı "ev" içerisinde olmaması gerçeği kardeşimi ve beni risk altında hissettirmiş, küçük-büyük her detayı düşünmek zorunda kalmıştım: "Annemin soyadı artık aynı kalmayacaktı. Apartmanın giriş kapısında daire numarasının yanındaki zilde annemin soy isminin değişeceği anlaşılacak, anlaşılmasa bile bir kadının adının yanında bir erkeğin adı olmayacaktı".

Evin erkeği tanımı patriarkaldir. Sancar'a (2020, s.53) göre, modern cinsiyet rejimi dikotomik (kadın-erkek) olarak tanımlanmış ve erkek özellikle on dokuzuncu yüzyılda ortaya çıkan endüstriyel kapitalist fabrika düzeninin yarattığı istihdam modeli beraberinde erkeklik tarzlarını yaratan önemli bir süreçtir. İstihdam açısından erkek "eve para getiren"dir. Bunun yanı sıra erkek aynı zamanda evi "koruyan-kollayan" cins olarak da kabul edilir.

Babamın da gidişi sonrası eve dair korkularım geleneksel anlamlardan kaynaklanmaktaydı. Özellikle ekonomik ve fiziksel boyutta ciddi endişeler yaşamış, bazı zamanlarda okulu

[24] Annem sosyolojinin kapsamını ilk kavradığı anda çocukluğundan beri sana felsefeci olacaksın derdim, çünkü çok belliydi diyerek öngörüsünü haklı çıkarmış olmamdan dolayı gurur duyardı.

bırakmak zorunda kalacağım için korkuyla dolmuştum. Hayat boyu büyükannelerimin bizim için ettiği bir duadan da korkar hale gelmiştim: "Allah hayırlı birisini yazsın". Kültürel olarak "kız isteme" ritüelinin toplum için ne denli kıymetli olduğunun bilincindeydim ve ailesi ayrı bir "erkek" olmak benim endişelerimi katbekat artırıyordu. Annem ve babamın boşanan birçok çift gibi bir daha görüşmeyeceğini ve ileride evlenirken sorun yaşayacağımı sürekli düşünürdüm. Yakın arkadaşlarıma bu konuyu açtığımda onlar bana, bu endişenin çözümü için şimdiden ailemle konuşabileceğimi ve endişemi onlara söylemem gerektiğini düşündüklerini belirttiler. Neyse ki anneme bu durumu anlattığımda beni çok iyi anlamış, babamı arayıp "biz birbirimizden ayrılıyoruz, çocuklardan ayrılmıyoruz, oğlun önemli günlerde yalnız kalmaktan çok korkuyor, düşman olmadığımızı sadece ayrıldığımızı anlattım, sen de istersen bir konuş" demiş ve babam da benimle konuşmuştu. Babam bizim için önemli olduğunu düşündüğümüz her şeyde annemle birlikte yanımızda olacağını söylemiş ve korkumu önemli ölçüde yatıştırmıştı.

2. Zorunlu Bireyselleşme: Otorite Boşluğunda Sorumluluk ve Ataerkil Kuşatma

Boşanma kararı almış bireylerin, çocukların yaşlarına göre hareket etmeleri gerekmektedir. Çocuklara boşanmayı uygun bir dille anlatmalı, ebeveynlerinin ayrılığının çocuktan da ayrılmak anlamına gelmediği belirtilmeli ve gerekirse bir uzmandan yardım alınmalıdır (Öngören, 2017, s.78). Bizim serüvenimizde süreç hem böyle hem de farklı ilerlemişti. Anne ve babam bizden ayrılmadıklarını sürekli anlatırlar ancak verdiğimiz tepkilere karşı savunmasız kalırlardı. Hem kardeşimin hem de benim belki de bir uzmana en çok ihtiyacımız olduğu dönemdi. Ancak bu gerçekleşmiyordu. Kardeşim bana göre yaşça küçük olduğu için ona gösterilen tahammül biraz da olsa fazlaydı. Ancak benim üzülmem ve moralim bozuk bir gün yaşamam sürekli diğer erkekleri rahatsız ediyordu. Özellikle dayımlar ve her fırsatta erkekliği yeniden üreten büyükannem için yeni atanmış bir evin reisinin insani duygulara sahip olmasını doğru bulmuyorlardı. Bu noktada hegemonik erkeklik ve erkekliğin toplumsal inşasının yeri önemlidir. Erkeklik, kültürlerin toplumsal cinsiyet temelinde inşa ettiği kültürel betimlemelerle dolu bir kavramdır ve doğası gereği ilişkiseldir (Connell, 2023, s.136). Hegemonik erkeklik ise kadın ve erkek ile birlikte erkek ve erkek arasındaki ilişkilere de odaklanır. Bu noktada ikincil konuma itilmiş erkekler de hegemonik erkekliklerle ilgilidir ve hegemonya ile ataerkil şiddet birbirlerine yakınlardır (Connell, 2019, s.268-269).

Büyükannem ve dedem gayri resmi şekilde ayrılarmış, dayımlar hiç ağlamamış ve üzülmemiş, eve ekmek götürmüşler. Bu anlatı o dönem en çok duyduğum anlatıydı. Dayılarım bazen benimle yalnız şekilde bazen de hepsi bir aradayken evin reisi olmanın nasıl bir şey olduğunu kendi deneyimleri ve öyküleriyle bana aktarırlardı. Onlar "gerçek birer erkekti" ve benim de öyle olmam gerekiyordu. Bunun yolu da evdeki kadınlara baskı kurup eve ekmek götürmekti. Dayılarımdan birisi okulu bırakıp onun iş yerlerinden birisinde çalışabileceğimi söylemişti. Sonuçta annemlerin denetimlerinden uzak bir şehirde değil de onların bulunduğu ilçede yaşamalarının gerekli olduğunu düşünüyordu. Bunun olamayacağını annem kesinlikle belirtmiş, çocuklarım ailemizde ilk okuyanlar olacak diye hep bizi savunmuştu. Dayımlar da Niğde'ye döndüğümde sürekli evdeki iki kadına baskınlık kurmam gerektiğini, bensiz dışarı çıkmalarına izin vermememem ve hiçbir erkeğin varlığına[25] müsaade etmememi kesin şekilde belirtmişlerdi.

Annem içerisinde bulunduğum o yoğun sorumluluk hissini ilk fark eden kişi olmuştu. Boşandıkları yaz gittiğimiz ilçemizde dayımın iş yerinde çalışmaya başlamıştım ve annem benim için üzülüyordu. Dayımlara çalışmak istediğini belirtti ve dayımlar bunu şiddetle reddettiler. Annemin gerçekten çok istekli olduğunu ve ona saygı duymazsa Niğde'de gizlice

[25] Fırına bile ben gitmeliydim. Esnaflar annemin bekar olduğunu düşünmemeliydi onlara göre. Özellikle apartman toplantılarına, kardeşimin veli toplantılarına katılan kişinin erkek olması gerektiğini hep söylerlerdi.

çalışacağını söylemesi üzerine ortanca dayım iş yerinde annemin benim yanımda çalışmasına izin verdi. Dayımın kuralları çok netti. Ben annemi sadece bir yerde oturtacaktım ve hiç hareket etmeden yapılabilecek işleri yapacaktı. İş yerine gelen kadın müşterilerle ilgilenecek, erkek müşteriler ona soru sorduğunda ise ben cevap verecektim. Annem çok kısa bir süre çalışabildi. Bir gün ilçemizde ailemin ayrıldığının haberi yayıldıktan kısa bir süre sonra bir erkek iş yerine gelip anneme sessizce evlilik teklifi etmiş, annem ise bunu dayıma söylemiş. Dayım ise hemen annemi iş yerinden alıp götürmüştü, olan biteni o günün akşamında öğrenmiştim. Çok sonraları öğrenecektim ki dayım, anneme göz kulak olmadığım için böyle olduğunu düşünüp içten içe bana sinirlenmişti. Annem ise patriarkal güce karşı direnmekte kararlıydı ve planladığımızdan daha erken Niğde'ye gitmiştik. Annem sürekli erkek olmanın onlara getirdiği ayrıcalıktan şikâyetçiydi. İlerleyen yıllarda annem kardeşleri ile ciddi tartışmalar yaşayacak, otoritelerini reddedecek ve kendisini patriarkal kıskaçtan görece kurtaracaktı.

Sancar'a (2020, s.304-305) göre Türkiye'de cinsiyet eşitsizliği yaratılıştan gelen biyolojik farklarla ilgilidir ve değiştirilemez insan tabiatının erkek egemenliği beslediği ve toplumun farklı kesimlerinden destek bulduğu bir olgudur. Bulunduğum ilçedeki her kesimden insanın aşağı yukarı aynı "erkeklik" kurgusu olduğuna inanıyorum. Dayılarımın iş yerlerinde çalıştığım süreler boyunca erkeklerin hem kendileri hem de karşı cinsteki bireylere karşı nasıl etkileşim pratikleri içerisinde olduklarını sıklıkla gözlemlerdim. Onlardan birisi olmamam tüm ilçenin dikkatini çekiyordu[26] fakat ailemde bunu gerçekten sorun eden kimse olmamıştı. Sadece büyük annem "subay tıraşı ol yoksa yakışıklı olmazsın" diye söylenip dururdu. Kendisi muhtemelen dayımlardan da fazla toplumsal erkeklik inşasından yanaydı. Annem ve babam ayrıldıktan sonra büyük annem benden bekledikleri gibi bir erkek olabileceğimi pek düşünemediği için sıklıkla Niğde'de evimize gelir, kalabileceği kadar evimizde kalırdı. Bu uzun misafirliğin hem evi koruyacak yaşça büyük birisinin varlığıyla hem de ekonomik destek olmak amacıyla olduğunu biliyordum.

Kandiyoti'ye (1988, s.276-278) göre kadınlar hem patriarkal sisteme açık bir şekilde direnir hem de ona uyum sağlayarak bir tezat oluştururlar. Klasik ataerki döngüsünde iktidar sadece cinsiyete değil, yaşa da dayalıdır; bu hiyerarşide kıdemli ve yaşça büyük kadın, diğer aile üyeleri üzerinde denetleyici bir erkeklik vekili olarak konumlanabilir. Büyükannem ise tam da bu nedenle o anlarda evimizin fiili reisi gibi davranıyordu. Sonuç olarak, otorite boşluğunda bireyselleşmeye çalışan bir çocuk ve kadın; sadece erkeklerin değil, ataerkil sistemle işbirliği yapan büyükannenin de denetim mekanizmalarını aşmak zorunda kalıyordu.

3. Boşanma Sonrası Çocuğun Anlam Dünyası ve Ekonomik Deneyimi

Gerek toplumsal gerekse de bireysel manada bakıldığında boşanmanın çocuklar üzerinde çeşitli olumsuz etkileri vardır. Johnsen ve arkadaşlarına göre, (2018, s.45) ebeveynlerin ayrılması çoğu çocuk için stresli bir durumdur ve çocuklar depresyon, endişe ve tehlikede hissedebilirler. Çocukların özellikle uyumakta zorluk çekme, yalnız hissetme gibi sorunlarla da karşı karşıya kalabileceğini belirtmektedirler.

Boşanma, benim için duygularımla baş başa kalacağım ve çözüm için bilinçli aksiyonlar alabileceğim bir süreç değildi. Boşanma sürecinde ciddi bir rol alanında bulunmam ve beklenene dair her şeyi gerçekleştirip kolayca süreçten kaçınmam gerekliydi. Goffman (2017, s.15) için rol esasen her bireyin yüz yüze veya dolaylı irtibat kurması gerektiğinde sunum yaptığı bir şeydir. İçerisinde bulunduğum etkileşim sahası ise yine Goffmancı bağlamda bir kaçınma ve düzeltme süreciydi. Kaçınma sürecinde birey kendisine yönelik tehditleri önlemek için tehdit oluşabilecek temaslardan kaçınır, düzeltme sürecinde ise katılımcılar toplumsal

[26] Özellikle fiziksel görünüm nedeniyle (uzun saçlı bir erkek) çok garipsenirdim hep. Hiç kimse açık şekilde yadırgamazdı ancak insanların "saçın kız saçı gibi çok güzelmiş" şeklinde saçımı övüyor gibi konuşmalarının erkeklik kurgusuyla alakalı olduğunu çok sonraları öğrenmiştim.

değerler tarafından muhafaza edilen yargıların çatışmasını engelleyemezler ve çatışmanın ortaya çıkmaması adına uyum içerisinde eyleme geçerler (Goffman, 2017, s.25-30).

Ben ailemin boşanacağını öğrendiğim an boşanmaya dair üzüntümün yanında kültürel beklentilerle de mücadele etmeye başlamıştım. Bana göre hiçbir cinsin bir diğerine üstünlüğü yoktu ve evimdeki iki kadının (annem ve kardeşim) korumama ihtiyaç duymadıkları çok açıktı. Lakin çevremiz için bu böyle değildi. Bunu fark etmeye başladığımda zorlandığımı fark ederek başlarda kültürel beklentilere karşı koymaya çalıştım. Annem durumdan oldukça hoşnuttu çünkü kendisi benim gibi düşünmekte fakat kaçınma sürecinden çok düzeltme sürecinde benliğini sunmaktaydı. Yukarıdaki pasajlarda anlatılan dayı hikâyelerinin sonrasında zaten büyükannem tanımlarına uyan bir erkek bulmakta zorlanıp ataerkil gücün temsilcisi olmak görevini üstlenmişti.

O zamanlar yaz tatili bitmiş ve biz Niğde'ye dönmüştük. Dönerken dayım yaz boyu çalışırken bana verdiği maaşları önemsememiş, okulum için harcamamı tavsiye etmiş ve ailem için harcamam gerektiğini söylediği yüklü bir miktar para daha vermişti. Diğer dayılarım da bu maddi desteğin devamını getirmişlerdi. Ben dönüşte kendi kendime memurlarda olmayan para bende var diye düşünmüştüm. Dayımlar evin her ihtiyacını benim karşılamam gerektiğini düşünüp paralarını bana vermişlerdi. Ancak beklemedikleri bir şey olmuştu. Ben Niğde'ye döndüğümde harçlıklarım hariç tüm parayı anneme vermiştim. Bu hareketimle evin ihtiyaçlarını annem karşılar hale gelmişti. Annem ise bu durumu dayımlara farklı yansıtmıştı; parayı benim tutumlu olmadığım gerekçesiyle[27] el koymuş gibi lanse ederek, hem evin idaresini fiilen eline almış hem de dayıların gözündeki o denetleyici hiyerarşiyi bozmamış olacaktı. Olağanüstü bir dayanışma gösterisi oluyordu. Bir taraftan dayılarım maddi olarak desteklerini sunuyor diğer taraftan büyükannem bahçesindeki hasat ettiği her türlü meyve ve sebzeleri sürekli bize gönderiyordu. Bu dayanışma direnci içerisinde okula devam edip etmeme sürecim çoktan sona ermişti. Annem herkesi ikna etmiş, ben çalışmak yerine okula gider olmuştum.

Niğde'ye dönmeden önce yazın sadece bir kez babamı görmüş ve oldukça özlemiştim. Babam yeni bir ev kiralamıştı ve ev denen mekânın iki farklı formuna adapte olmak zorunda kalacaktım. Evin dikotomik bir yapıya dönüşümü bireylerin paylaşım sorununu da beraberinde getirmişti ve küçük büyük her şey bizim için sorun olmaya başlamıştı. Hangi kıyafet hangi evde olacaktı? Hangi kitabımı hangi eve götürecektim? En önemlisi de kaç gün hangi evde kalacaktım? Bu gibi sorular cevabını bulmakta çok ciddi şekilde zorlandığım ve süreci benim için giderek kaotik bir sürece götüren sorulardı. Kültürel olarak annemin yanından ayrılmamam bekleniyordu, ben okula yakın olduğu için annemde kalmak istiyordum fakat babam da haftada birkaç gün onun yanında kalmamı istiyordu. Sürecin içerisinde kimsenin beklentisini karşılayamayacağımı fark ettiğimde ise tamamen düzeltme sürecine girdim ve en azından günü kurtarabileceğimi fark ettim. Dayımlar geleceği zaman okul harici evden ayrılmıyor, babamı özlediğim zamanlarda babama gidiyor, annemin evine dönmem gerektiğinde ise babama kitaplarımın annemin evinde olduğunu ve sürekli taşınamayacağını söyleyerek geri dönüyordum.

Ev, aile gibi temel konularda anlam dünyam bu pasajdaki gibi değişiyordu. Ev artık benim için güvenli bir sığınak değil, birkaç alana yayılmış stratejik bir rol yapma alanıydı. Akrabaların sağladığı maddi destek ise hem onların beklediği gibi bir erkek olmamı sağlamak için bir taktikse bile başarılı olamamıştı. Boşanma sonrası Niğde'ye dönene kadar yüzleştiğim bütün geniş ailemin patriarkal baskısı ve umutsuzluğum artık geçmiş, okulum ve iki farklı evin getirdiği zorluklarla uğraşmaya başlamıştım. Sonuç olarak, Goffmancı bir bağlamda; iki farklı ev arasında mekik dokurken, çatışmayı önlemek adına sürekli 'kaçınma' ve 'düzeltme' stratejileri uyguluyor, her iki otoriteye karşı farklı 'diplomatik benlikler' sergiliyordum.

[27] Annem günü kurtarmak için bu hamleyi yapmıştı ve benim kültürel erkekliğim zarar görmekten hiç bıkmamıştı.

Sonuç Yerine

Bu analitik otoetnografik çalışma, ebeveyn boşanmasının genç yetişkin bir erkek çocuk için sadece ailenin dağılması değil; otorite, erkeklik ve mekân algısının köklü bir dönüşüme uğraması anlamına geldiğini ortaya koymuştur. Çalışmadan elde edilen bulgular üç temel eksende tartışılabilir:

İlk olarak, baba otoritesinin evden ayrılışı, bireyde Furedi'nin (2001) belirttiği türden bir "güven kültürü" kaybına ve "gelecek korkusuna" yol açmıştır. Baba, sadece bir ebeveyn değil, aynı zamanda entelektüel birikimi ve rehberliğiyle hayatı öngörülebilir kılan bir yasa koyucu figürüdür. Onun yokluğu, bireyi risk toplumu karşısında savunmasız bırakmış, bu güvensizlik hissi ise eğitimden sosyal ilişkilere kadar geniş bir alanda eksiklik duygusu olarak hissedilmiştir.

İkinci olarak, baba otoritesinin bıraktığı boşluğun, geniş aile (dayılar ve büyükanne) tarafından hegemonik erkeklik performanslarıyla doldurulmaya çalışılmasıdır. Connell'ın (2019) vurguladığı gibi, erkeklik ilişkiseldir ve bu süreçte çocuk, dayıların "sert, koruyucu ve eve ekmek getiren erkek" kalıbına girmeye zorlanmıştır. Kandiyoti'nin (1988) "patriarkal pazarlık" kavramıyla örtüşen bir şekilde, ailenin en yaşlı kadını olan büyükanne de bu ataerkil denetimin en güçlü uygulayıcısı konumuna gelmiştir. Dolayısıyla bireyselleşme çabası, paradoksal bir şekilde "zorunlu bir erkekleşme" baskısıyla kuşatılmıştır.

Son olarak, bu kuşatma ve mekânsal bölünmüşlük karşısında birey, hayatta kalma stratejisi olarak Goffmancı anlamda bir benlik geliştirmiştir. Evin anlamı güvenli sığınaktan, stratejik bir sahneye dönüşmüştür. Birey, dayıların ekonomik desteğini yönetirken veya iki ev arasında eşyalarını taşırken, çatışmayı önlemek adına sürekli bir sahne önü-sahne arkası sergilemek zorunda kalmıştır.

Sonuç olarak; boşanma sonrası süreçte çocuk, pasif bir mağdur değil, otorite boşluğunda kendi bağımsızlığını stratejik hamlelerle yeniden inşa etmeye çalışan aktif bir özneye dönüşmüştür. Bu çalışma göstermektedir ki, ataerkil yapılarda boşanma, geride kalan erkek çocuk için bir özgürleşme değil; aksine patriarkal rollerin, ekonomik gücün ve duygusal sınırların yeniden ve daha sert bir şekilde müzakere edildiği bir kuşatma ve direniş sahasıdır.

KAYNAKÇA

Anderson, L. (2006). Analytic Autoethnography. *"Journal of Contemporary Ethnography"*, 35 (4), 373-395.

Belli, M., Didişen Akçay, N., Bal Yılmaz, H. (2021). Geçmişten günümüze değişen babalık rolü ve çocuk gelişimine katkıları. *"Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi"*, 8 (2), 366-371.

Connell, R.W. (2023). Erkeklikler. (Çev. Nagihan Konukcu). (2. Baskı). Phoenix.

Connell, R.W. (2019). Toplumsal cinsiyet ve iktidar: toplum, kişi ve cinsel politika. (Çev. Cem Soydemir). (4. Basım). Ayrıntı.

Creswell, J.W. (2018). Nitel araştırma yöntemleri: beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni. (Çev. Ed. Mesut Bütün & Selçuk Beşir Demir). (4. Baskı). Siyasal.

Furedi, F. (2001). Korku kültürü: risk almamanın riskleri. (Çev. Barış Yıldırım). Ayrıntı.

Goffman, E. (2017). Etkileşim ritüelleri: yüz yüze davranış üzerine denemeler. (Türkçe Söyleyen. Adem Bölükbaşı). Heretik.

Güloğlu, M.F. (2022). Baba otoritesi: bir aile sosyolojisi denemesi. Sakarya Üniversitesi Yayınları.

Johnsen, I. O., Litland, A. S., & Hallström, I. K. (2018). Living in two worlds – children's experiences after their parents' divorce: A qualitative study. "*Journal of Pediatric Nursing"*, 43, 44–51. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2018.08.002

Kandiyoti, D. (1988). Bargaining with patriarchy. *"Gender and Society"*, 2 (3), Special Issue to Honor Jessie Bernard. 274-290.
Neuman, W.L. (2020). Toplumsal araştırma yöntemleri: nicel ve nitel yaklaşımlar. (Çev. Özlem Akkaya). (Cilt 2). Siyasal.
Öngören, S. (2017). Boşanma ve boşanmanın erken çocukluk dönemi çocuklar üzerindeki etkileri. *"Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi"*, 4 (13), 73-87.
Özkan, R., Polat, B. (2017). Toplumsal bir değer olarak otorite. *"Journal of World of Turks"*, 9 (3), 109-125.
Sancar, S. (2020). Erkeklik: imkansız iktidar. (5. Baskı). Metis.

İTALYA'NIN ASYA DİPLOMASİSİ: LİDER ZİYARETLERİNİN MEKANSAL VE ZAMANSAL ÖRÜNTÜLERİ

Zehra Nur KOÇ
Sakarya University, Institute of Social Sciences, Department of International Relations
ORCID ID: 0009-0000-1263-7242

ÖZET
İtalya'nın Güney ve Güneydoğu Asya ülkeleriyle yürüttüğü diplomatik ilişkileri, 1990–2024 dönemini kapsayan üst düzey lider ziyaretleri üzerinden mekânsal ve zamansal boyutlarıyla incelemektedir. Lider ziyaretleri, dış politika tercihlerini ve önceliklerini yansıtan stratejik araçlar olarak ele alınmış; ziyaretlerin ardındaki motivasyonel dinamiklerin sistematik biçimde analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan veri seti kullanılarak, İtalya'nın Asya ülkelerine gerçekleştirdiği ziyaretler ile bölge ülkelerinden İtalya'ya yapılan ziyaretlerin yıllara ve ülkelere göre dağılımı değerlendirilmiştir. Bulgular, İtalya'nın Asya'ya yönelik diplomatik angajmanının doğrusal ve sürekli bir artış göstermediğini; aksine küresel ve bölgesel krizleri takip eden dönemlerde yoğunlaşan dalgalı ve dönemsel bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Mekânsal analiz, ziyaretlerin Japonya, Çin ve Hindistan gibi ekonomik ve stratejik ağırlığı yüksek ülkelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Zamansal yoğunlaşmalar ise 1997 Asya Finansal Krizi, 2008 Küresel Ekonomik Krizi ve Ukrayna krizi gibi kırılma anlarıyla ilişkilidir. Çalışma, bu örüntüleri Yeni Ekonomik Coğrafya ve realizm kuramsal çerçeveleriyle ilişkilendirerek, İtalya'nın Asya politikasının uzun vadeli kurumsal bir stratejiden ziyade ekonomik çıkarlar ve güvenlik kaygıları doğrultusunda şekillenen konjonktürel bir nitelik taşıdığı sonucuna ulaşmaktadır.
Anahtar Kelimeler : İtalya–Asya ilişkileri, üst düzey ziyaretler, diplomatik angajman, Yeni Ekonomik Coğrafya, realizm, dış politika

ITALY'S ASIAN DIPLOMACY: SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF LEADER VISITS

ABSTRACT
Italy's diplomatic relations with South and Southeast Asian countries are examined through the spatial and temporal dimensions of high-level leadership visits covering the period from 1990 to 2024. Leadership visits are conceptualized as strategic instruments that reflect foreign policy preferences and priorities, and the motivational dynamics underlying these visits are analyzed in a systematic manner. For this purpose, a newly constructed dataset is employed to assess the annual and country-based distribution of visits both from Italy to Asian countries and from the region to Italy. The findings indicate that Italy's diplomatic engagement with Asia does not follow a linear or steadily increasing trajectory; instead, it displays a cyclical and episodic pattern, with notable intensifications following global and regional crises. Spatial analysis shows that visits are concentrated in countries with significant economic and strategic weight, particularly Japan, China, and India. Temporal clustering is closely associated with critical turning points such as the 1997 Asian Financial Crisis, the 2008 Global Financial Crisis, and the Ukraine crisis. When interpreted through the theoretical frameworks of New Economic Geography and realism, these patterns suggest that Italy's Asia policy is shaped less by a long-term institutionalized strategy than by conjunctural dynamics driven by economic interests and security considerations.

Keywords: Italy–Asia relations, high-level visits, diplomatic engagement, New Economic Geography, realism, foreign policy

1. INTRODUCTION

Washington-based platform 9DashLine argues in a recent analysis that Italy's relations with Malaysia have deepened significantly in recent years and have become one of the cornerstones of Rome's Indo-Pacific outreach. According to the report, the increase in defense-industrial cooperation, trade, and diplomatic contacts indicates a broader Asian orientation in Italian foreign policy beyond its traditional European and Atlantic focus (9DashLine, 2025). Can Italy's intensified diplomatic, economic, and defense-based relations with Malaysia in recent years be explained primarily as a consequence of Malaysia's emergence as an increasingly influential regional hub and center of attraction in Southeast Asia? Or do these relations instead reflect a diplomatic orientation rooted in Italy's efforts to reassert and consolidate its security and interests in the aftermath of global and regional crises?

The literature on high-level leader visits identifies three main categories of motivations underlying such visits: the pursuit of material interests, the expression of political and ideological motivations, and the search for, or reinforcement of, status within international society (Balcı & Pulat, 2024). This framework makes it possible to evaluate leader visits not merely as acts of diplomatic courtesy or symbolic engagement, but as strategic instruments that reflect foreign policy preferences and priorities.

Existing studies demonstrate that leader visits to Asian countries are shaped by different motivational dynamics depending on the country in question. High-level engagements with Japan (Marino, 2013) and South Korea (Marino, 2022) are primarily explained by the pursuit of economic and military interests, given the concentration of cooperation in areas such as advanced technology, defense industries, supply chains, and regional security. These findings are consistent with the literature that interprets leader visits through the lens of material interests (Lebovic & Saunders, 2016; McManus & Yarhi-Milo, 2017).

In contrast, diplomatic engagement with Southeast Asian countries is generally approached within the framework of ASEAN, where multilateralism, regional cooperation, and normative engagement are emphasized rather than bilateral strategic depth (The European House – Ambrosetti, 2024). In this context, leader visits to countries such as Indonesia, Vietnam, Singapore, and the Philippines can be interpreted as expressions of political motivations and efforts to strengthen regional engagement (Ostrander & Rider, 2019; Wang & Stone, 2022).

India, on the other hand, is regarded as a rising power within the Indo-Pacific context, and high-level visits to the country are associated with motivations related to status seeking and status reinforcement within evolving global and regional power balances (Goldstein, 2008; Kastner & Saunders, 2012; Patalano, 2023). Relations with China reveal a more complex set of motivations, shaped by a combination of material interests—such as trade and investment—and concerns related to strategic competition and status sensitivity (Dezan Shira & Associates, 2024).

Despite the growing body of literature on leader visits, Italy's relations with South and Southeast Asian countries have not been systematically examined through the lens of high-level diplomatic visit data. Existing studies predominantly analyze Italy's engagement with the region in terms of economic cooperation, security concerns, and normative engagement; however, they do not directly investigate the temporal and spatial patterns of leader visits, which constitute a concrete and observable indicator of diplomatic relations (Marino, 2013; Marino, 2022; The European House – Ambrosetti, 2024; Patalano, 2023).

Drawing on a newly compiled dataset covering Italy's high-level leader visits to South Asian countries, this study aims to systematically examine the motivational dynamics underlying these relationships. An analysis of the temporal and spatial distribution of leader visits provides an opportunity to assess whether Italy's increasing engagement with Asia is driven by temporary responses to changing circumstances or by a more structural and enduring foreign policy orientation. In doing so, the study contributes both to the literature on leader visits and to the broader scholarship on Italian foreign policy.

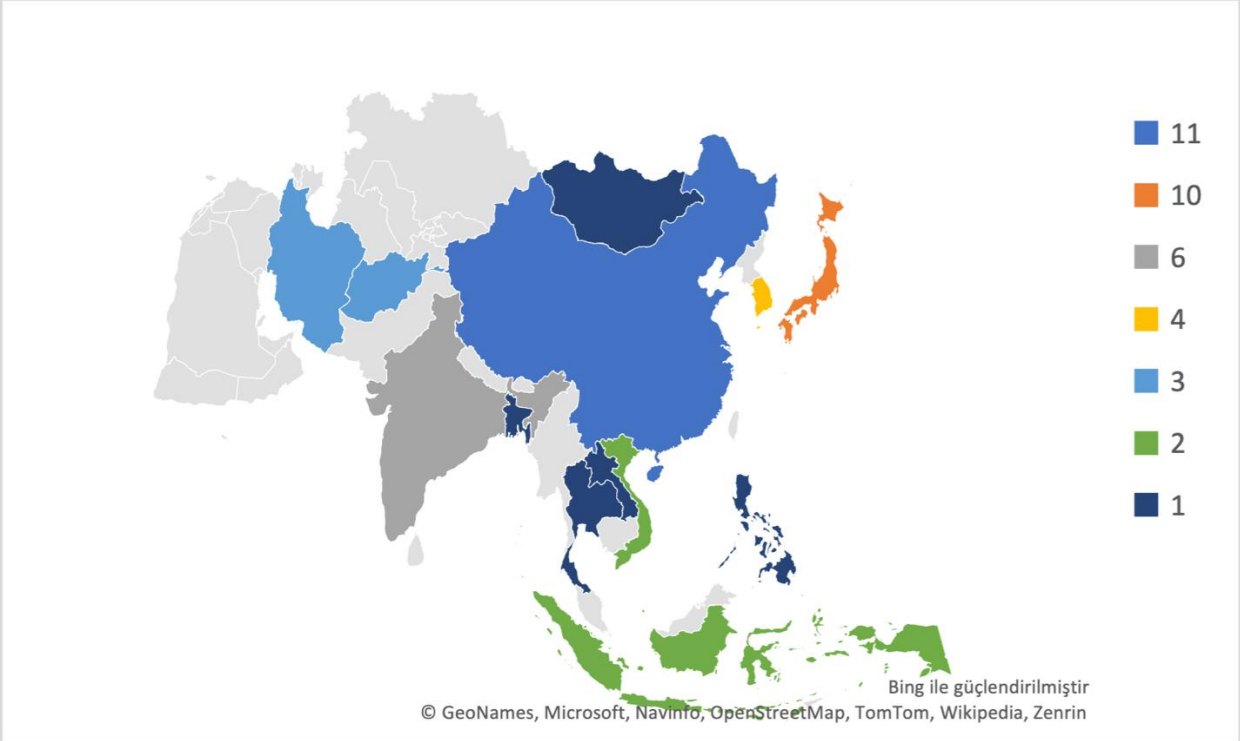


Figure 1. High-Level Visits Conducted by Italy Between 1990 and 2023

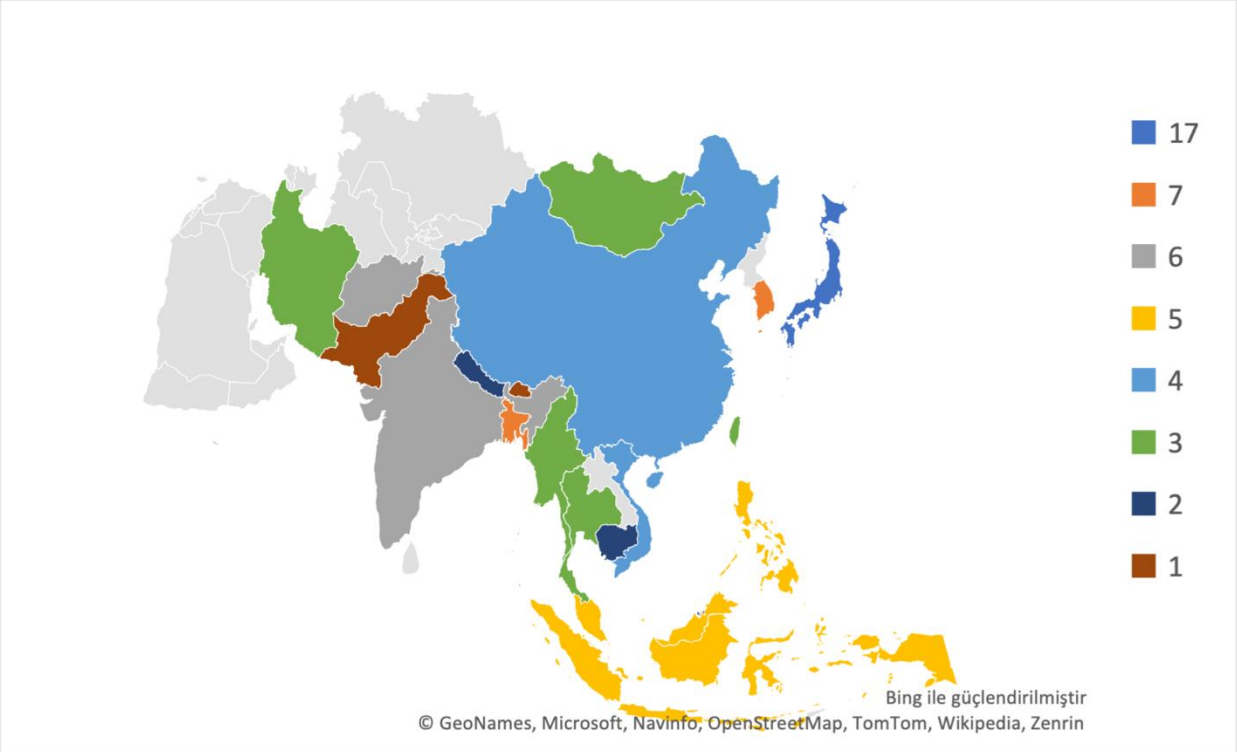


Figure 2. High-Level Visits to Italy Between 1990 and 2023

Distribution of High-Level Visits Between Italy and South Asia

When examining the number of visits between Italy and Asian countries during the 1990–2024 period, a distinctly fluctuating pattern emerges. There is no clear long-term linear trend of increase or decrease in either visits to Italy or visits from Italy to the region. Instead, a cyclical pattern is observed, characterized by sharp increases in certain years followed by rapid declines. This suggests that relations have been shaped not by a regular and stable mechanism, but rather by periodic needs, international developments, or conjunctural factors in bilateral relations.

Particularly notable concentrations of visits to Italy can be observed in 1996, 1999, 2008, and 2014. The increase in the number of visits during these years suggests that diplomatic contacts or economic and strategic cooperation may have intensified during these periods. The sharp declines in the years following these peaks, however, reveal the lack of continuity in visit traffic. Italy's visits to Asian countries, by contrast, generally remain at a more moderate level and within a narrower range. In most years, the number of visits varies between one and four. Although relatively unstable, the period during which Italy's outbound visits reached their highest level was around 2010 and 2013; however, they never exhibited increases as dramatic as those observed in visits to Italy. This indicates that Italy occupies a more central position in the region as a "visited country," that reciprocity is not fully symmetrical, and that other countries may have a comparatively stronger interest in maintaining contact with Italy.

When both series are evaluated together, visits to Italy are higher than Italy's outbound visits in terms of both volume and variability. This pattern points to an asymmetric intensity of relations and creates the impression that Italy functions as a more significant center of attraction for the region.

From a spatial perspective, Figures 1 and 2 show the total number of visits between Italy and Asian countries geographically, revealing the main centers of interaction. Japan (27), China (16), India (15), and South Korea (11) are the countries with the highest volume of visit traffic with Italy. The fact that all of these countries are actors of considerable economic, political, and strategic weight at the regional level demonstrates that Italy's diplomatic engagement is

concentrated around regional centers of power. The prominence of Japan, China, and India at the top of the list confirms the spatial dimension of deepening bilateral relations between Italy and these major powers in Asia, while the high level of interaction with a developed economy such as South Korea is consistent with expected patterns.

Afghanistan (9), Bangladesh (7), Indonesia (6), the Philippines (6), Vietnam (6), Iran (6), Singapore (5), Malaysia (4), Thailand (4), and Mongolia (4) can be classified as countries with a medium level of visit intensity. These countries represent actors whose regional influence is increasing or who demonstrate a tendency to strengthen economic and diplomatic relations with Italy. This level of interaction indicates that Italy's engagement with South and Southeast Asia has been maintained with a certain degree of regularity.

Countries such as Myanmar, Taiwan, Nepal, Cambodia, Brunei, Pakistan, Bhutan, the Maldives, and Laos, which recorded between one and three visits, suggest that Italy maintains broadly distributed but relatively shallow relations across the region, with contacts remaining limited in some cases. These countries may occupy a lower position in Italy's hierarchy of foreign policy priorities.

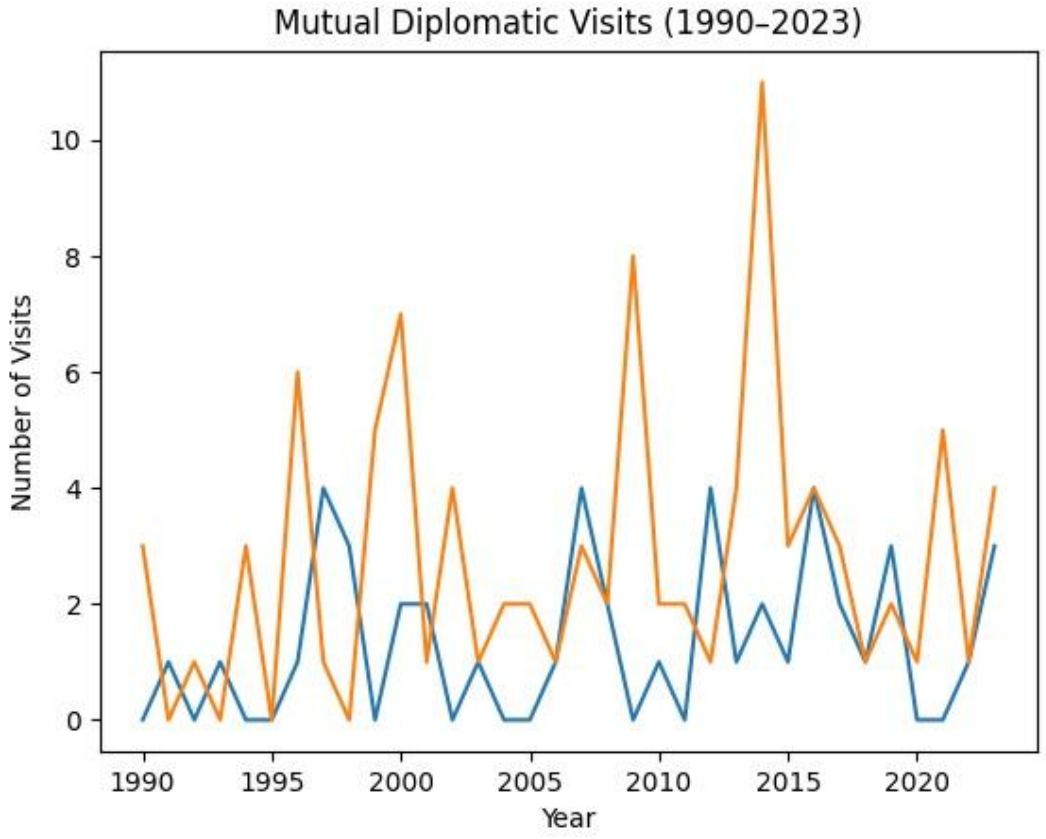


Figure 3. Distribution of Visits by Year

When the time series and spatial distribution are evaluated together, it becomes apparent that the sudden increases observed over time correspond with the countries that have the highest total number of visits on the map. For example, the concentrations visible in the time-series graph appear to be associated with visits involving countries such as Japan, China, and India. In contrast, countries with low visit numbers on the map are represented by only one or two visits in most years of the time series, which may be interpreted as an indicator of limited and unstable diplomatic engagement.

The fact that the distribution of visits across Asia parallels the region's centers of economic gravity demonstrates that Italy's visitation strategy is aligned with economic priorities, the diplomatic agenda, and the prevailing geopolitical context. The irregular fluctuations observed over time, however, point to the existence of a foreign policy interaction shaped by periodic needs rather than by a long-term and institutionalized mechanism of cooperation.

Within this framework, visit relations between Italy and Asian countries are highly heterogeneous and periodic in nature, with major regional powers such as China, India, and Japan occupying a central position in Italy's regional relations (Moyer, 2025).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. New Economic Geography Perspective

Income inequalities and differences in economic development observed in today's global economy are closely related to the heterogeneity in the spatial distribution of economic activities. In this context, the New Economic Geography (NEG) approach was introduced by Paul Krugman in the early 1990s and has become one of the principal theories explaining how economic agglomerations emerge in geographical space (Krugman, 1991, 1998). NEG is built upon fundamental economic assumptions such as general equilibrium analysis, transportation costs, increasing returns to scale, and factor mobility. At the core of the theory lies the interaction between two opposing forces that determine the spatial location of economic activities: centripetal forces that promote agglomeration and centrifugal forces that facilitate dispersion.

The theoretical framework of NEG is classified into static models—including Krugman's core–periphery model as well as international trade and urban systems models—and dynamic models that integrate agglomeration and growth processes. By modelling the tension between centripetal and centrifugal forces, this approach provides an understanding of the spatial choices of economic activities and the formation of geographical structures.

Italy's high-level visits to economically influential Asian countries such as Japan, China, and India embody the international-scale dynamics of the centripetal and centrifugal forces predicted by NEG theory. These visits represent a centripetal movement toward Asian markets that can be defined as "attractive spaces," with the objective of increasing economic cooperation and market access. Italy seeks to maximize increasing returns to scale by benefiting from the rapid economic growth, large consumer bases, and technological capacities of these countries. In particular, China's large-scale markets create potential forward linkages for Italian firms (Genovese, 2023), while cooperation with Japan in technology and innovation reflects efforts to enhance national competitiveness (Dell'Era, 2025).

On the other hand, the centrifugal forces involved in this international interaction may manifest themselves in the form of relatively high transportation costs, cultural and legal differences in Asian markets, and political risks within global supply chains (Öztürk, 2025). Therefore, these visits can be evaluated as indicators of Italy's efforts to strengthen its position within the global economic order by moving closer to existing centres—economic power centres in Asia—and creating new areas of economic concentration within the framework of NEG's core–periphery dynamics.

2.2. Realism and Security-Oriented Temporal Agglomeration

The concept of security, which constitutes the foundation of international relations, is a dynamic phenomenon whose scope has continuously expanded in parallel with time, space, and technological developments (Küçüksolak, 2012). Initially limited to the pursuit of protection against external threats and centred on military power, the understanding of security acquired a more institutional and state-centred character with the transition to settled life, the intensification of warfare, and the emergence of the nation-state form.

In this evolution, the Cold War period in particular was dominated by realism, whose intellectual roots extend back to Thucydides, Machiavelli, and Hobbes and which views the state as the central actor while considering military security the primary category of threat. Realism regards the international system as anarchic and argues that security can only be achieved through states maximizing military power and maintaining a balance of power among themselves (Waltz, 1979; Mearsheimer, 2001).

In contrast, idealist and collective security approaches that emerged after the two World Wars sought lasting peace through international law, moral norms, and institutional cooperation; however, the outbreak of the Second World War demonstrated the practical limitations of these claims. Beginning in the 1970s, the increase in transnational threats such as oil crises, economic shocks, environmental disasters, terrorism, and irregular migration led to questioning the narrow, military-focused conception of security associated with realism, and the concept of security expanded to include economic, social, and environmental dimensions. These developments demonstrated that security had become a multidimensional and collective issue that could no longer be resolved by a single state acting alone (Özdoğan, 2019).

In this context, the oil shocks, economic crises, and rise of global threats beginning in the 1970s transformed the state-centred search for security embedded in realism into a different dimension; economic stability, energy supply security, and the continuity of supply chains became integral components of security. By assuming the international system to be anarchic, realism argues that states engage in struggles for power in order to maximize national interests and maintain security (Waltz, 1979).

Within this framework, the increase in the number of bilateral visits by Italy to rapidly rising economic and geopolitical power centres such as Japan, China, and India can be interpreted not only as an effort toward commercial expansion but also as a search for security and interest optimization in a changing global threat environment. The growth of economic and environmental risks alongside military threats in the post–Cold War period has encouraged realist states to establish strategic partnerships with new centres of power in order to secure resource control, ensure economic stability, and protect vital supply chains. These visits may therefore be regarded as rational and interest-driven diplomatic strategies serving Italy's objective of indirectly strengthening its national security and prosperity by deepening relations with powerful actors in Asia in line with balance-of-power considerations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Compatibility of Spatial Agglomeration with Krugman's Theory

The findings reveal that Italy's diplomatic visits in Asia are spatially concentrated in certain major economic centres. The significant agglomeration of visits in countries with strong economic attraction such as Japan, China, and India presents a pattern consistent with Krugman's New Economic Geography approach. According to Krugman (1991, 1998), the clustering of economic activities in particular centres causes these centres to generate greater attraction not only in terms of production and trade but also in diplomatic and political relations. In this regard, Italy's orientation toward major economic and technological centres in East Asia demonstrates the determining influence of economic scale and market size on diplomatic behaviour. Thus, the spatial data confirm that Italy's diplomatic engagement follows economic centre-of-gravity dynamics.

3.2. Compatibility of Temporal Agglomeration with Realism

The temporal data indicate that Italy's diplomatic visits to Asian countries are closely related to periods of international crisis and shifts in global power balances. Realist theory argues that states intensify diplomatic contacts and seek greater security during periods when uncertainty and perceptions of threat rise within the international system (Waltz, 1979; Mearsheimer,

2001). This theoretical framework is consistent with the surges in diplomatic visits observed during four critical years between 1990 and 2024.

The year 1996 represents a period in which economic integration with Asia accelerated in the post–Cold War era and the region became increasingly integrated into the global economy. Italy's growing contacts with Asian countries during this period demonstrate the importance of economic diplomacy. The concentration of visits in 1999 reflects diplomatic engagement aimed at revitalizing relations with regional countries and compensating for economic losses following the 1997 Asian Financial Crisis. Realist literature emphasizes that post-crisis periods compel states to reposition themselves within international relations (Mearsheimer, 2001).

The increase in visits following the 2008 Global Economic Crisis demonstrates that economic diplomacy assumed a more critical place among the instruments of foreign policy. As the crisis deepened interdependence within the global economy, states became more active in diplomatic initiatives designed to secure trade and investment relations.

Another notable surge can be attributed to a combination of factors: the disruption of the European security architecture due to the Russia crisis, China's rapid rise as a global economic and geopolitical power, and the evolution of the international system toward a multipolar structure. These transformations pushed states toward seeking new alliances and developing strategic partnerships, as predicted by the realist perspective (Waltz, 1979; Mearsheimer, 2001).

Following the Ukraine crisis, the severe deterioration of relations between the European Union and Russia led some EU member states to undertake a significant process of rebalancing their external economic and diplomatic orientations (Semercioğlu, 2016). In this context, Italy was observed to increase its high-level diplomatic visits and economic contacts with Asian countries, particularly with the aim of ensuring energy supply security, diversifying trade volume, and creating new investment opportunities. The limitation of relations with Russia due to sanctions encouraged Italy to turn more strongly toward Asian markets, while reciprocal visits with China, Southeast Asian countries, and Central Asian countries became important instruments of economic diplomacy. These visits were evaluated not only as means of enhancing commercial relations but also as a strategic initiative aimed at strengthening Italy's position within global economic networks. Consequently, the Ukraine crisis indirectly created favourable conditions for increased diplomatic engagement and economic cooperation efforts between Italy and Asian countries.

Therefore, these temporal concentrations in diplomatic visits demonstrate that economic shocks and geopolitical disruptions have directly influenced Italy's foreign policy toward Asian countries and that such visits can be explained through realist reflexes grounded in security and balance-of-power considerations. Accordingly, this finding confirms the tendency of crisis periods to generate diplomatic agglomeration and demonstrates a strong correspondence between temporal analysis and realist theory.

3.3. Periodicity in Italy's Asia Strategy

The findings of this research indicate that Italy's diplomatic engagement in Asia is shaped more by conjunctural developments and immediate needs than by a long-term and institutionalized foreign policy strategy. The fluctuating pattern of diplomatic visits and their concentration in specific years followed by rapid declines reveal that Rome manages its relations with the region not through a consistent institutional framework but rather through a dual motivation combining economic interests and security concerns.

Cristiani (2023) and Louis (2025) likewise argue that Italy's outreach toward the Indo-Pacific and East Asia still represents an opportunity-driven and periodic orientation rather than a fully institutionalized strategy. Therefore, Italy's foreign policy toward Asia can be said to follow a hybrid model oscillating between economic diplomacy and security diplomacy.

4. CONCLUSIONS

This study has demonstrated that Italy's diplomatic visits to Asian countries did not exhibit a systematic trend of increase or decrease during the 1990–2024 period; rather, they displayed a fluctuating, periodic, and crisis-oriented pattern. Spatial analysis showed that visits were concentrated in economic and strategic centres, with major Asian actors such as Japan, China, and India standing out in diplomatic interactions. Temporal analysis revealed that concentrations of visits particularly coincided with the aftermath of global and regional crises and were consistent with security-oriented realist reflexes (Waltz, 1979; Mearsheimer, 2001).

By applying spatial–temporal agglomeration analysis to diplomatic visit data, this research fills an important gap in the existing literature. While previous studies have primarily examined economic and political relations with major actors such as China, Japan, and ASEAN (Andornino, 2012; Cristiani, 2023; Louis, 2025), this study offers an original contribution by analysing the long-term geographical and temporal patterns of diplomatic behaviour within a theoretical framework.

The model, which combines economic geography (Krugman, 1991, 1998) with realist security theory (Waltz, 1979; Mearsheimer, 2001), analyses Italy–Asia diplomatic relations from a two-dimensional and holistic perspective.

The findings suggest that Italy should develop a more institutionalized approach within its Asia strategy. While maintaining continuity in relations with major powers, expanding cooperation with medium-sized countries could increase diplomatic diversity and regional influence capacity. Furthermore, the coordinated use of economic diplomacy and security diplomacy instruments could reduce abrupt fluctuations and contribute to a more coherent foreign policy orientation.

Future studies may examine the spatial and temporal distribution of Italy's sector-specific diplomatic visits (energy, technology, defence, etc.). In addition, Italy's Asia policy may be analysed comparatively alongside the European Union's regional strategy. Finally, applying similar spatial–temporal agglomeration analyses to other European countries would contribute to evaluating regional foreign policy behaviour from a comparative perspective.

REFERENCES

Andornino, G. (2012). *The political economy of Italy's relations with China*. Istituto Affari Internazionali. https://ciaotest.cc.columbia.edu/journals/iai/v47i2/f_0025738_21052.pdf

Balci, A., & Pulat, A. (2024). Love, money, or fame? Determinants of Turkey's leader visits. *International Studies Quarterly*, *68*.

Ballestracci, E. (2025, 10 Eylül). Italy–Malaysia relations: A cornerstone of Rome's Indo-Pacific engagement. *9DashLine*. https://www.9dashline.com/article/italymalaysia-relations-a-cornerstone-of-romes-indo-pacific-engagement?utm

Cristiani, D. (2023, 13 Ocak). Why and how Italy and Japan are upgrading their partnership. *The Diplomat*. https://thediplomat.com/2023/01/why-and-how-italy-and-japan-are-upgrading-their-partnership/

Dell'Era, A. (2025). Building a new strategic partnership: Trust and the deepening security cooperation between Japan and Italy. *The Pacific Review*, 1–25. https://doi.org/10.1080/09512748.2025.XXXXX

Dezan Shira & Associates. (2024, 29 Temmuz). China and Italy to relaunch bilateral ties: Trade and investment outlook. *China Briefing News*. https://www.china-briefing.com/news/china-and-italy-to-relaunch-bilateral-ties-trade-and-investment-outlook/

Genovese, C. (2023). *Belt and Road Initiative: The emerging China-EU railway and the opportunity for Italy*.
Goldstein, E. (2008). The politics of the state visit. *The Hague Journal of Diplomacy, 3*(2), 153–178.
Kastner, S. L., & Saunders, P. C. (2012). Is China a status quo or revisionist state? Leadership travel as an empirical indicator of foreign policy priorities. *International Studies Quarterly, 56*(1), 163–177.
Krugman, P. (1991). *Geography and trade*. MIT Press.
Krugman, P. (1998). What's new about the new economic geography? *Oxford Review of Economic Policy, 14*(2), 7–17. https://doi.org/10.1093/oxrep/14.2.7
Küçüksolak, Ö. K. (2012). Güvenlik kavramının realizm, neorealizm ve Kopenhag Okulu çerçevesinde tartışılması. *Turan-Sam, 4*(14), 199–205.
Lebovic, J. H., & Saunders, E. N. (2016). The diplomatic core: The determinants of high-level US diplomatic visits, 1946–2010. *International Studies Quarterly, 60*(1), 107–123.
Louis, Y. M. (2025). *Italy as Europe's bridge to the Global South: A Southeast Asian perspective*. TWAI – Torino World Affairs Institute. https://www.twai.it/articles/italy-europe-bridge-global-south/
Marino, T. (2022). *Italy–South Korea relations*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/365488100_Italy-South_Korea_Relations
Marino, T. (Ed.). (2023). *Engaging ASEAN: Italy–Japan cooperation in Southeast Asia*. Centro Studi Internazionali (CeSI). https://www.esteri.it/wp-content/uploads/2023/09/CeSI-Engaging-ASEAN-Italy-Japan-Cooperation-in-Southeast-Asia.pdf
McManus, R. W., & Yarhi-Milo, K. (2017). The logic of "offstage" signaling: Domestic politics, regime type, and major power–protégé relations. *International Organization, 71*(4), 701–733.
Mearsheimer, J. J. (2001). *The tragedy of great power politics*. W. W. Norton.
Moyer, J. D., Meisel, C. J., Szymanski-Burgos, A., Scott, A. C., Casiraghi, M. C. M., Kurkul, A., Hughes, M., Kettlun, W., McKee, K. X., & Matthews, A. S. (2025). *When Heads of Government and State (HOGS) Fly: Introducing the Country and Organizational Leader Travel (COLT) Dataset Measuring Foreign Travel by HOGS* [Veri seti]. Harvard Dataverse. https://doi.org/10.7910/DVN/87YG4K
Ostrander, I., & Rider, T. J. (2019). Presidents abroad: The politics of personal diplomacy. *Political Research Quarterly, 72*(4), 835–848.
Özdoğan, M. (2019). Realizm ve neorealizm bağlamında Soğuk Savaş sonrası güvenlik anlayışının değerlendirilmesi. *Güvenlik Bilimleri Dergisi, 8*(1), 1–24.
Öztürk, N. S. (2025). Doğu Avrupa ve Orta Asya ülkelerinde ulaştırma yatırımları, lojistik performans ve dış ticaret ilişkisi: Bir panel veri analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18*(2), 721–735.
Patalano, A. (2023, 22 Mart). Italy's silent engagement in the Indo-Pacific. *S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS)*. https://rsis.edu.sg/rsis-publication/rsis/italys-silent-engagement-in-the-indo-pacific/
Semercioğlu, H. (2016). Ukrayna krizi bağlamında AB–Rusya ilişkilerinin ekonomi politiği. *LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 7*(2), 188–202.
The European House – Ambrosetti. (2024, Kasım). *The state of the art of the economic relationship between Italy and ASEAN*. https://eventi.ambrosetti.eu/high-level-dialogue-asean-italy-2024/wp-content/uploads/sites/274/2024/11/Asean-2024-Position-Paper-State-Art-Italy-ASEAN-economic-relationship-REV.pdf
Waltz, K. N. (1979). *Theory of international politics*. McGraw-Hill.
Wang, Y., & Stone, R. W. (2022). China visits: A dataset of Chinese leaders' foreign visits. *The Review of International Organizations, 18*(1), 201–225.

ORTOPEDİ CERRAHİSİ SONRASI DERİN VEN TROMBOZUNUN ÖNLENMESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Yüksek Lisans Öğrencisi Hemşire Sevgi Büşra ÖZLÜ
Sakarya University of Applied Sciences Graduate Education Institute, Sakarya Türkiye
ORCID ID: 0009-0000-7584-6594
Prof. Dr. Feride TAŞKIN YILMAZ
Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Sakarya, Türkiye **ORCID ID:** 0000-0003-0568-5902
Dr. Öğr. Üyesi Handenur GÜNDOĞDU
Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Sakarya, Türkiye, **ORCID ID:** 0000-0001-9058-6057

ÖZET
Derin ven trombozu (DVT), özellikle ortopedik cerrahi sonrası dönemde sık görülen ve ciddi morbidite ile mortaliteye yol açabilen önlenebilir bir komplikasyondur. DVT sıklığı ve pulmoner emboli riski nedeniyle, önlemeye yönelik koruyucu girişimler yaşamsal önem taşır. Önleyici girişimler, venöz dönüşü destekleyerek aşırı pıhtılaşmayı ve venöz duvarın yaralanma riskini azalmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ortopedik cerrahi sonrası DVT'nin önlenmesinde kullanılan kanıta dayalı hemşirelik uygulamalarını incelemektir. Literatür incelendiğinde, DVT gelişiminde hareketsizlik, cerrahi travma ve hiperkoagülabilite gibi faktörlerin etkili olduğu ve riskin özellikle büyük ortopedik girişimlerde arttığı görülmektedir. Kanıta dayalı uygulamalar arasında farmakolojik profilaksi, mekanik yöntemler ve hemşirelik temelli girişimler ön plana çıkmaktadır. Randomize kontrollü ve yarı deneysel çalışmalar, düşük molekül ağırlıklı heparin, aralıklı pnömatik kompresyon cihazları, erken mobilizasyon ve hasta eğitiminin DVT insidansını anlamlı düzeyde azalttığını göstermektedir. Ayrıca ayak bileği egzersizleri ve yapılandırılmış hemşirelik bakımının venöz dönüşü artırarak tromboz riskini azalttığı bildirilmektedir. Sonuç olarak, ortopedik cerrahi sonrası DVT'nin önlenmesinde multidisipliner yaklaşım ve hemşirelik bakımının aktif rolü kritik öneme sahiptir. Risk değerlendirmesine dayalı bireyselleştirilmiş bakım ve hasta eğitimi, DVT'nin önlenmesinde etkili stratejiler arasında yer almaktadır.
Anahtar kelimeler: Cerrahi, derin ven trombozu, hemşirelik, kanıta dayalı bakım, ortopedi

EVIDENCE-BASED PRACTICES IN PREVENTING DEEP VENOUS THROMBOSIS AFTER ORTHOPEDIC SURGERY

ABSTRACT
Deep vein thrombosis (DVT) is a preventable complication that frequently occurs after orthopedic surgery and may lead to significant morbidity and mortality. Due to the frequency of DVT and the risk of pulmonary embolism, preventive interventions are vital. Preventive measures support venous return, reducing the risk of excessive clotting and venous wall injury. The aim of this study is to evaluate evidence-based nursing practices for the prevention of DVT in postoperative orthopedic patients. The literature indicates that immobility, surgical trauma, and hypercoagulability are the main contributing factors, and the risk is particularly high following major orthopedic procedures. Evidence-based interventions include pharmacological prophylaxis, mechanical methods, and nursing-led interventions. Randomized controlled and quasi-experimental studies demonstrate that low-molecular-weight heparin, intermittent pneumatic compression devices, early mobilization, and patient education significantly reduce

the incidence of DVT. In addition, ankle pump exercises and structured nursing care improve venous return and decrease thrombosis risk. In conclusion, a multidisciplinary approach and active nursing involvement are essential in preventing DVT after orthopedic surgery. Individualized care based on risk assessment and effective patient education are key strategies in reducing DVT incidence.
Keywords: Surgery, deep vein thrombosis, nursing, evidence-based care, orthopedics

1. GIRIŞ

Derin ven trombozu (DVT), en sık bacak veya pelvisin büyük venlerinde olmak üzere, derin venlerde trombüs oluşumudur. Pulmoner emboli (PE), ven duvarlarındaki pıhtılardan kopan trombüslerin kalp yoluyla akciğer arterlerine ulaşmasıyla gelişir. Tedavi edilmemiş proksimal DVT' si olan hastaların %50'sinde 3 ay içinde semptomatik PE gelişme olasılığı vardır. Hastaların %25'inde PE' nin ilk belirtisi ani ölümdür (Ahmed et al., 2021). Derin ven trombozunun doğal gidişi trombozun lokalizasyonuna bağlıdır. Cerrahi hastalarında baldır venlerinde gelişen distal DVT' lerin yaklaşık yarısı 72 saat içinde spontan olarak iyileşirken, altıda birinde proksimal venlere yayılır. Proksimal yayılım, semptomatik distal DVT'si olan hastalarda daha sık görülmektedir. Masif tromboz oluşumu dolaşım bozukluğuna ve venöz gangrene yol açabilir (Demir et al, 2010). DVT dünya çapında her yıl yaklaşık 10 milyon kişiyi etkileyen kronik bir hastalıktır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda 100.000'e kadar ölüme neden olduğu bildirilmektedir. Derin ven trombozu önlenebilir olmasına rağmen cerrahi hastalarında sıklıkla görülmektedir. Hospitalizasyon, özellikle ameliyat veya akut hastalık nedeniyle, DVT için bilinen bir risk faktörüdür, çünkü hareketsizlik ve fizyolojik stres pıhtı oluşumu olasılığını artırır(Yuan et al,2025).Total kalça artroplastisi (TKA), total diz artroplastisi (TKA) ve kalça kırığı ameliyatı gibi büyük ortopedik ameliyatlar, tüm cerrahi uzmanlık alanları arasında DVT riskinin daha yüksek olduğu ameliyatlardır. DVT gelişimi, post-trombotik sendrom, uzuv şişmesi veya ülserasyon gibi diğer kötü hasta sonuçlarına sebep olmaktadır (Yuan et al,2025).

Derin Ven Trombozu Etiyolojisi, Klinik Önemi ve Risk Faktörleri

Virchow üçlüsüne göre, derin ven trombozunda rol oynayan başlıca patofizyolojik mekanizmalar damar duvarında hasar, kan akışı türbülansı ve hiper koagülasyondur. Tromboz, kan kaybını önleyen ve hasarlı kan damarlarını kapatan koruyucu bir mekanizmadır. Fibrinoliz, trombozu engeller veya stabilize eder (Kushner et al., 2024). Venöz trombozun tetikleyicileri sıklıkla çok faktörlüdür ve Virchow üçlüsünün farklı bölümleri her hastada farklı derecelerde katkıda bulunur, ancak hepsi erken trombozun endotel ile etkileşimine neden olur (Xu et al., 2025). Bu, lokal sitokin üretimini uyarır ve lökositlerin endotele yapışmasına neden olarak venöz trombozu teşvik eder. Pıhtılaşma ve trombolitik yollar arasındaki göreceli dengeye bağlı olarak, tromboz yayılımı meydana gelir. DVT, dizin altındaki alt ekstremitede en sık görülür ve venöz kapak ceplerinin arkasındaki soleal sinüsler gibi düşük akışlı bölgelerde başlar (Kesieme et al, 2023).

Derin ven trombozu önlenebilir bir durum olduğu için risk faktörleri iyi tanılanmalıdır. Risk değerlendirmesi için birçok ölçüm aracı bulunmaktadır. En sık kullanılan DVT ölçekleri Padua, Caprini ve Autar ölçekleri olup yüksek riskli hastaların belirlenmesinde kullanılmakta, bu ölçeklerin yanı sıra Wells DVT Risk Skorlaması, Villalta Ölçeği gibi ölçekler de kullanılmaktadır. Bu ölçeklerin kliniklerde düzenli kullanımı hastalığın önlenmesine katkı sağlayacaktır (Çelik et al, 2024).

Derin ven trombozuna neden olduğu düşünülen risk faktörleri aşağıda yer almaktadır:

- **Kan akışının azalması**: Hareketsizlik (yatak istirahati, genel anestezi, ameliyatlar, inme, uzun uçuşlar)
- **Artmış venöz basınç:** Damarlarda akışın azalmasına yol açan mekanik kompresyon veya fonksiyonel bozukluk (neoplazm, gebelik, stenoz veya çıkış direncini artıran doğuştan anomali)
- **Damara mekanik yaralanma:** Travma, ameliyat, periferik olarak yerleştirilen venöz kateterler, önceki DVT, intravenöz ilaç kötüye kullanımı
- **Artmış kan viskozitesi**: Polisitemi rubra vera, trombositoz, dehidratasyon (Çelik et al, 2024).

Venöz staz, damar duvarı hasarı ve hiperkolagülasyona neden olan risk faktörleri ise; 40 yaş üzeri olmak, anser tanısı veya kanser tedavisi olması, büyük ortopedik ameliyatlar, obezite , hipertansiyon, üç günden fazla yatak istirahati ya da hareketsizlik, varis, santral venöz kateter varlığı, omurilik yaralanması, kalıtsal veya edinilmiş trombofili, östrojen tedavisi, yoğun bakımda tedavi görüyor olmak, dehidratasyon, steroid tedavisi, cerrahi öncesi yatış süresi, kan transfüzyonu, ASA (American Society of Anesthesiologist) sınıflandırmasında ASA III veya daha fazla olması, kan grubunun 0 dışında bir grup olması, travma, trigliserit düzeyinin yüksek olması, obstrüktif uyku apnesi ve hareketsizliktir (Geçit & Yavuz Van Giersbergen, 2021).

Derin Ven Trombozu Tanılama ve Önlemler

DVT'de klinik belirtilere dayanarak tanı koymak tek başına güvenilir bir yöntem değildir. Çünkü bacak ağrısı, şişlik, hassasiyet, kızarıklık ve ısı artışı gibi bulgular farklı vasküler ve ortopedik sorunlarda da görülebilmektedir. Klinik olarak DVT şüphesi bulunan hastaların yalnızca bir bölümünde tanı testlerle netleştirilebilmektedir. Bu nedenle klinik değerlendirme mutlaka laboratuvar ve görüntüleme yöntemleri ile desteklenmelidir (Demir et al., 2010).Tanıyı kesinleştirmek için öncelikle klinik risk skorlaması yapılmaktadır. Wells skoru, Caprini skoru ve benzeri araçlar hastanın düşük, orta veya yüksek risk grubunda yer alıp almadığını belirlemede yardımcı olmaktadır. Risk sınıflamasına göre uygun tetkiklerin seçilmesi gereksiz girişimleri azaltmakta ve tanı sürecini hızlandırmaktadır. Özellikle cerrahi hastalarda erken risk değerlendirmesi profilaksi planlamasında da önem taşımaktadır (Çelik et al., 2024).Tanıda pıhtı yıkım ürünlerini gösteren D-dimer testi yaygın olarak kullanılmaktadır. D-dimer testinin negatif olması, özellikle düşük klinik olasılığa sahip hastalarda DVT tanısını yüksek doğruluk oranıyla dışlayabilmektedir. Bu nedenle negatif sonuç gereksiz görüntüleme işlemlerinin önüne geçebilmektedir. Ancak sonuçlar her zaman klinik tablo ile birlikte değerlendirilmelidir (Demir et al., 2010).

D-dimer testinin pozitif olması tek başına tanı koydurucu değildir. Çünkü kanser, inflamasyon, enfeksiyon, travma, gebelik, ileri yaş, yakın zamanda geçirilmiş cerrahi girişim ve karaciğer hastalığı gibi birçok durumda D-dimer düzeyleri yükselebilmektedir. Özellikle ameliyat sonrası dönemde yanlış pozitif sonuçlar görülebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle pozitif sonuç saptanan hastalarda ileri görüntüleme yöntemlerine başvurulmaktadır (Zhang et al., 2024).

Alt ekstremitede DVT tanısında en sık tercih edilen yöntem Doppler ultrasonografidir. Girişimsel olmaması, yatak başında uygulanabilmesi, tekrarlanabilir olması ve hasta tarafından kolay kabul edilmesi önemli avantajlarıdır. Ayrıca venöz akım, damar çapı ve kompresibilite hakkında bilgi vermesi nedeniyle klinikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde ilk basamak görüntüleme yöntemi olarak önerilmektedir (Zhang et al., 2024).

Bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemleri ise özellikle pelvis venleri, vena cava inferior ve proksimal venlerin değerlendirilmesinde yararlı olabilmektedir. Ultrasonografinin yetersiz kaldığı anatomik bölgelerde ek bilgi sağlayarak tanıya katkıda bulunmaktadır. Özellikle komplike veya atipik olgularda tercih edilen ileri

görüntüleme yöntemleridir. Bu teknikler ayrıntılı anatomik değerlendirme imkânı sunmaktadır (Kesieme et al., 2023).

DVT profilaksisine yönelik çalışmalar, hasta sonuçlarını iyileştirmenin yanı sıra hastane yatış süresi ve sağlık maliyetlerini düşürmek için önem taşır. Venöz tromboembolizm profilaksisi, DVT oranlarını %55-70 oranında azaltmaktadır. Mevcut DVT önleme yöntemleri arasında temel, ilaç ve mekanik önleme yer almaktadır. Temel önleyici tedbirler kapsamlı DVT profilaksisinin temelini oluştururken, etkinlikleri sınırlıdır. Düşük moleküler ağırlıklı heparin gibi farmakolojik önlemler oldukça etkilidir, ancak kanama riskinin artması nedeniyle ameliyat sırasında kontrendikedir (Zhang et al, 2024). Kanama kontrolü için mekanik yöntemler, güvenli cerrahinin temel taşlarından biridir. İlaç bazlı önleyici tedbirleri etkili bir şekilde tamamlar ve bazı durumlarda hatta onların yerini alır. Bu yaklaşım, intraoperatif kanama riskini en aza indirir. Antikoagülanlar DVT' yi önlemek için rutin olarak reçete edilse de, kanama komplikasyonları riskini de taşırlar (Liu et al, 2025). Bu nedenle, farmakolojik olmayan müdahaleler, özellikle hemşirelik müdahaleleri, ameliyat sonrası bakımın temel bileşenleri olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir.

Derin ven trombozu sıklığı ve PE riski nedeniyle, önlemeye yönelik koruyucu girişimler yaşamsal önem taşır. Önleyici girişimler, venöz dönüşü destekleyerek aşırı pıhtılaşmayı ve venöz duvarın yaralanma riskini azalmaktadır. Bunun sonucunda üç risk faktörü tersine çevrilmektedir. Rudolf Virchow 1856'da Virchow Üçlüsü olarak da bilinen teoriyi öne sürerek DVT gelişimine yatkınlık oluşturan üç faktör (staz, endotel hasarı ve hiperkoagülabilite) olduğunu belirtmiştir. Son yıllarda DVT' ye yatkınlıkta bu üçlüye ek olarak trombositlerin katılımı da dahil edilmiştir (Çelik et al, 2024). Perioperatif Hemşireler Birliğinin yayınladığı *"Venöz Tromboembolizmin Önlenmesine Yönelik Kılavuz"* perioperatif ekip üyelerine farmakolojik ve mekanik venöz tromboembolizm (VTE) profilaksisi ile ilgili kanıta dayalı öneriler sunmaktadır. Bu kılavuza göre; farmakolojik profilaksi, antikoagülan ilaçların uygulanmasını içermektedir. Cerrahi ya da diğer girişimsel prosedürler sırasında mekanik VTE profilaksisi; aralıklı pnömatik kompresyon cihazlarını, kademeli kompresyon çoraplarını, erken mobilizasyonu, ayak ve ayak bileği egzersizlerini içermektedir. Venöz stazı azaltmak için Perioperatif Hemşireler Birliği, hastaların *"ameliyattan sonra mümkün olan en kısa sürede yürümeye başlamalarını"* önermektedir. Perioperatif dönemde hemşireler, ameliyattan öncesi dönemden başlayarak hastalara ve yakınlarına eğitim amaçlı DVT önleme materyalleri sağlamalıdır. Hasta taburcu edilmeden önce de hemşire hastayı mobilize olmaya teşvik etmeli ve herhangi bir soru için iletişim bilgilerini sağlamalıdır. Hastanın gereken önlemleri alma durumu değerlendirilmeli ve gerekirse eğitim tekrarlanmalıdır (Çelik et al, 2024).

Medikal Profilaksi (Kemoprofilaksi)

Hemşire, farmakolojik DVT profilaksisi öncesinde hastayı kanama riski ve diğer kontrendikasyonlar açısından dikkatle değerlendirmelidir. Bu kapsamda; aktif veya geçmiş kanama öyküsü, kanama bozuklukları, ağır böbrek/karaciğer yetmezliği, trombositopeni, akut inme, kontrolsüz hipertansiyon, yakın zamanda yapılan spinal/epidural girişimler, eş zamanlı antikoagülan veya antiplatelet tedavi, yüksek riskli cerrahiler, bakteriyel endokardit, ilaç alerjisi, gebelik, göz cerrahisi ve protez kalp kapağı varlığı göz önünde bulundurulmalıdır (Herlihy et al, 2020).

Heparinler: Heparinler, antitrombine bağlanarak pıhtı oluşumunu ve mevcut pıhtının büyümesini engelleyen antikoagülanlardır. Fraksiyonlanmamış heparin (UFH) kısa yarı ömrü nedeniyle sık veya sürekli uygulanırken, düşük molekül ağırlıklı heparin (LMWH) daha uzun etkili olup genellikle günde tek doz verilebilir ve kılavuzlarda ilk basamak profilaksi olarak önerilmektedir. Ancak heparin kullanımı, nadir de olsa (%0,1–5) ciddi ve yaşamı tehdit

edebilen heparine bağlı trombositopeni gibi yan etkilere sebep olabilmektedir (Herlihy et al, 2020).

Faktör Xa inhibitörü: Fondaparinuks, antitrombine bağlanarak faktör Xa'yı seçici biçimde inhibe eden bir antikoagülandır; heparinden farklı olarak trombini etkilemez. Uzun yarı ömrü sayesinde günde tek doz subkutan uygulanabilir. PE tedavisinde UFH kadar etkili ve güvenli bulunmuştur. Fondaparinuks yaklaşık 18 saat olan uzun yarılanma ömrü ve renal klirensi nedeniyle renal yetmezliği olan hastalarda birikim yaparak kanama tehlikesi oluşturmaktadır (Demir et al, 2010). Trombositlerle etkileşmediği için HIT riski yoktur, ancak maliyeti daha yüksektir. Rivaroksaban ve apiksaban gibi diğer faktör Xa inhibitörleri ise özellikle kalça ve diz protezi sonrası DVT profilaksisinde önerilmektedir (Herlihy et al, 2020). Rivaroksaban ve apiksaban gibi diğer faktör Xa inhibitörleri ise özellikle kalça ve diz protezi sonrası derin ven trombozu profilaksisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Oral yolla uygulanmaları hasta konforunu artırmakta ve taburculuk sonrası tedaviye uyumu kolaylaştırmaktadır. Sabit doz kullanılmaları ve rutin koagülasyon izlemi gerektirmemeleri önemli avantajlar arasında yer almaktadır. Ayrıca yeni nesil oral antikoagülanların etkili ve güvenli seçenekler olduğu bildirilmektedir (Özcan et al., 2019).

Ulusal Sağlık ve Bakım Mükemmelliği Enstitüsü (NICE), total kalça veya diz protezi ameliyatı geçiren 12.000'den fazla kişiyi içeren dört randomize kontrollü çalışmadan elde edilen kanıtların incelenmesine dayalı kılavuzlar yayınlamıştır. Sonuçlar, rivaroksabanın DVT' nin önlenmesinde en az düşük molekül ağırlıklı heparin kadar etkili olmasına rağmen, daha yüksek oranda majör kanama ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu, rivaroksabanın fondaparinukstan sonra majör kanama için en yüksek ikinci olasılık oranına sahip olduğu yakın tarihli bir meta-analizle desteklenmiştir (Herlihy et al, 2020).

K vitamini antagonistleri: Warfarin, vitamin K antagonisti olarak pıhtılaşma faktörlerini azaltan bir antikoagülandır. Etkisi gecikmeli başlar ve INR'nin terapötik düzeye (≈2,5) ulaşması için doz ayarlaması gerekir. Total kalça protezi yapılan hastalarda profilaktik olarak kullanıldığında DVT, proksimal DVT ve PE sıklığı azalmaktadır, ancak bunun yanı sıra yara iyileşmesini anlamlı derecede geciktirmektedir(Demir et al, 2010). İlaca yanıt; yaş, genetik, diyet ve eşlik eden durumlara göre değişir. Bu gecikme nedeniyle cerrahi hastalarda genellikle kesilerek yerine hızlı etkili heparin verilir. En önemli yan etkisi kanamadır; etkisi K vitamini veya protrombin kompleksleri ile geri çevrilebilir ancak bu süreç zor olabilir (Herlihy et al, 2020).

Doğrudan trombin inhibitörleri: Doğrudan trombin inhibitörleri (DTI'ler), trombin enzimini doğrudan inhibe ederek ve böylece kan pıhtılaşmasını geciktirerek antikoagülan görevi görürler. DTI dabigatran, elektif total kalça veya diz protezi ameliyatı geçiren kişilerde venöz tromboemboli (VTE) önlenmesi için bir seçenek olarak önerilmektedir. Warfarin'in aksine, DTI' ler anında etkilidir ve doz ayarlaması ve yakın izleme gerektirmez. Bununla birlikte, DTI' lerin antikoagülasyon etkisi geri döndürülemez (Herlihy et al, 2020).

Antiplateletler: DVT profilaksisi üzerine yakın zamanda yapılan uluslararası bir konsensus toplantısından çıkan kılavuzlar, profilaksi olarak aspirin kullanımına yönelik "güçlü" bir öneri sunmuştur; ancak bu, esas olarak gözlemsel ve retrospektif çalışmaları içeren ve semptomatik ve asemptomatik DVT arasında ayrım yapmayan bir ağ meta-analizine dayanmaktadır (CRISTAL Study Group, 2022).Aspirin, tromboksan üretimini engelleyerek antiplatelet etki gösterir. Kılavuzlar, ortopedik cerrahi sonrası venöz tromboemboli riskini önlemek için birincil profilaksi olarak aspirini önermektedir. Aspirinin uzun süreli kullanımının, özellikle varfarin ile birlikte alındığında, gastrointestinal kanama ve mide ülseri riskini artırdığı belirtilmektedir (Herlihy et al, 2020). Amerika Birleşik Devletleri'nde primer total kalça veya diz artroplastisi

sonrası DVT profilaksisi için aspirin kullanım oranı 2012'den 2021'e kadar artmıştır (CRISTAL Study Group, 2022).

Mekanik Profilaksi

Mekanik profilakside, venöz tromboz riskini azaltmak için çeşitli yardımcı cihazlar ve aletler kullanılır. Yaygın mekanik yöntemler arasında aralıklı pnömatik cihazlar (IPC), kademeli kompresyon çorapları ve venöz ayak pompası (VFP) bulunur. Önceki çalışmalar, elastik çorapların dolaşım hızının azalması, kas gevşeticilerin uygulanması ve düşme riskinin artması nedeniyle ameliyatta kontrendike olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, cerrahi işlemler etkilenmediği için IPC tercih edilir. Ulusal ve uluslararası kılavuzlar, taburculuğa kadar ameliyat sırasında ve sonrasında IPC' nin erken ve sürekli kullanımını savunmaktadır (Zhang et al, 2024).

Aralıklı Pnömatik Cihazlar (IPC): IPC'ler, ayak, baldır veya uyluğun etrafına yerleştirilen şişirilebilir manşetlerden oluşur. Manşetler, pnömatik bir pompa ile aralıklı olarak şişirilir. Şişirme ve indirme işlemi, baldır kası pompasını uyararak derin venlerdeki kanı kalbe doğru yukarı doğru iter. Bu, bacağın derin venlerindeki kan akış hızını artırarak venöz stazı ve hipertansiyonu azaltır (Çelik et al., 2024). IPC ile baldır kompresyonunun ayrıca, trombüs parçalanmasını artıran ve pıhtı oluşumunu önleyen bir süreç olan fibrinolizi de artırdığı gösterilmiştir (Herlihy et al, 2020).

Aralıklı pnömatik kompresyon cihazı üreticinin kullanım talimatlarına uygun şekilde uygulanmalıdır. Manşon yerleştirilirken boru bağlantıları hastanın cildinden uzağa, basınç yaralanmasına neden olmayacak ve cerrahi alanı etkilemeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Hastanın ameliyat masasına transferi veya yeniden pozisyonlandırılması sırasında manşonların yerinden oynamadığı ve cihazın çalışır durumda olduğu kontrol edilmelidir (AORN, 2018).Doğru yerleştirilen cihazların venöz dönüşü artırarak tromboz riskini azalttığı bildirilmektedir. Hemşire, cihazın pompaya bağlı olduğunu, basınç döngülerinin düzenli çalıştığını ve uygulamanın kesintisiz sürdürüldüğünü izlemelidir. Ulusal ve uluslararası kılavuzlar, aralıklı pnömatik kompresyonun ameliyat sırasında başlanmasını ve mobilizasyon sağlanana kadar devam ettirilmesini önermektedir (Zhang et al., 2024).Özellikle yüksek riskli ortopedik cerrahi hastalarında farmakolojik yöntemlerle birlikte kullanılması tromboz riskini daha da azaltmaktadır. Steril sahada kullanılan aralıklı pnömatik kompresyon cihazına ait hortum ve bağlantı parçalarının steril olması gerekmektedir. Enfeksiyon kontrol ilkelerine uyulmaması cerrahi alan enfeksiyonu riskini artırabileceğinden ekipman temizliği ve uygun saklama koşulları sağlanmalıdır (Geçit & Yavuz Van Giersbergen, 2021).

Uygulama süresince hasta; cilt bütünlüğü, ekstremite rengi, ısı, kapiller dolum, ağrı, uyuşukluk, karıncalanma ve iskemi belirtileri açısından düzenli aralıklarla değerlendirilmelidir. Ayrıca bazı hastalarda uzun süreli kullanım rahatsızlık hissi oluşturabileceğinden hasta uyumu da göz önünde bulundurulmalıdır. Erken fark edilen komplikasyonlar cihazın yeniden düzenlenmesi veya alternatif profilaksi yöntemlerine geçilmesiyle önlenebilir (Gu et al., 2023). Hasta konforunun korunması tedaviye uyumu artıran önemli bir etkendir. Cihaz kullanımı sırasında herhangi bir yaralanma, teknik arıza veya beklenmeyen advers olay meydana geldiğinde cihaz derhal çıkarılmalı, tüm kılıf ve bağlantı aksesuarları muhafaza edilmelidir. Olay ayrıntılı biçimde kayıt altına alınmalı ve kurum protokollerine uygun şekilde raporlanmalıdır (Chen et al., 2020).Sistematik hemşirelik izlemi ile komplikasyon oranlarının azaltılabildiği gösterilmiştir.Düzenli değerlendirme ve uygun cihaz kullanımı hasta güvenliğinin sağlanmasında temel unsurlardır. Mekanik profilaksi uygulamalarında hemşirenin aktif rolü, klinik sonuçların iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Yuan et al., 2025).

Kademeli Kompresyon Çorapları: Kademeli kompresyon çorapları, bacağın distal bölgesinden proksimal bölgesine doğru kademeli çevresel basınç uygular. Hareketsiz kişilerde DVT' yi önlemede iki potansiyel etkiye sahiptirler. Birincisi, kademeli kompresyon uygulamak kan akış hızını artırarak venöz dönüşü destekler; ikincisi, pasif venöz genişlemeyi önlemenin subendoteliyal yırtılmaları ve pıhtılaşma faktörlerinin aktivasyonunu önlediği düşünülmektedir. Kademeli kompresyon çorapları, periferik arter hastalığı ve arteriosklerozu olan kişilerde kontrendikedir (Herlihy et al, 2020). Kademeli kompresyon çorapları, bacaklara farklı basınç uygulayarak kan akışını uyarır ve total kalça artroplastisi sonrası DVT'yi %57 oranında azaltır(Xu et al, 2025).

Venöz Ayak Pompası (VFP)

Hareket edemeyen kişilerde yürüme etkisi yaratarak çalışır. Yürüme sırasında, ayaktaki kas pompası, derin venlerdeki kanı kalbe doğru yukarı doğru iter. Bu hareket, derin venlerdeki venöz çıkışı artırarak stazı ve venöz hipertansiyonu azaltır ve bacaklarda kan pıhtısı oluşumunu önler. VFP' ler, ayak pompasını yapay olarak uyararak bu fizyolojik süreci yeniden yaratır ve böylece yürüme etkisini taklit eder (Herlihy et al,2020).Kalça ve diz artroplastisi geçiren hastalarda venöz tromboemboli (VTE) riskini önlemek için VFP uygulamasının günde altı saat süreyle yapılması en uygun süre olabilir (Gu et al,2023).

Erken Mobilizasyon: Hemşirelik müdahalelerinin DVT riskini azaltma mekanizmaları çok yönlüdür. Erken mobilizasyon, venöz dönüşü destekleyerek alt ekstremitelerde stazı azaltır; bu da trombüs oluşumunda önemli bir faktördür. Ek olarak, hasta eğitimi, hareketin önemine ve önleyici tedbirlere uyuma ilişkin farkındalığı artırarak, hareketsizlik ve hasta katılımının eksikliği gibi değiştirilebilir risk faktörlerini ele alır (Zhang et al, 2024).

Hemşirelik müdahaleleri, aktif erken mobilizasyona dikkat çekmektedir ve şunları içermektedir:

- Ameliyattan sonraki 24 saat içinde tıbbi gözetim altında ayakta durma, yoğunluğun kademeli olarak artırılması.
- Ayak bileği pompalama egzersizlerinin düzenli yapılması.

Uzuv immobilizasyonu sırasında aktif ayak bileği ve ayak parmağı hareket açıklığı egzersizleri alt ekstremitedeki venöz kan akışını artırır. Ayrıca, kısmi veya tam ağırlık taşıma ile ağırlık taşımama durumuna kıyasla venöz dönüş, ayak bileğinin nötr pozisyonda olması durumunda plantar fleksiyon durumuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Bu nedenle, teorik olarak, ortez immobilizasyonu sırasında ağırlık taşıma ve ayak bileği hareketi DVT riskini azaltabilir(Aufwerber et al, 2020).Güvenli, düşük maliyetli ve invaziv olmayan müdahaleler olarak ayak bileği pompalama egzersizleri, tromboprofilaksiyi ve iyileşmeyi artırmak için standart ameliyat sonrası bakıma entegre edilmelidir (Liu et al, 2025).

Hemşirelik müdahaleleri ayrıca düzenli pozisyon değiştirme bakımını da içermektedir. Hastalar, kemik çıkıntıları üzerindeki basıncı azaltmak ve basınç ülseri riskini düşürmek için her 2 saatte bir yeniden pozisyonlandırılmaktadır (Zhang et al, 2024).

Hasta Eğitimi: Derin ven trombozunun önlenmesinde hasta eğitimin önemli bir yeri vardır. Hastaların DVT' ye yönelik bilgi düzeyleri arttıkça memnuniyet oranı artacaktır ve DVT' ye bağlı mortalite azalacaktır (Çelik et al, 2024).Hastalara ve ailelerine verilen yapılandırılmış eğitim; tedaviye uyumu artırmakta, erken mobilizasyonu desteklemekte, komplikasyonları azaltmakta ve postoperatif iyileşme kalitesini yükseltmektedir(Chen et al, 2020).

Bakımın devamlılığı için DVT profilaksisi ya da tedavisi alan hastalara hastaneden ayrılmadan önce kapsamlı bir eğitim programı verilmelidir. Taburculuk eğitimi; ilaç kullanımı, yaşam tarzı düzenlemeleri, komplikasyon belirtileri ve mekanik profilaksiye uyum gibi başlıkları içermelidir. Yapılandırılmış hasta eğitiminin tedaviye uyumu artırdığı ve komplikasyon oranlarını azalttığı bildirilmektedir (Gürsoy et al., 2018; Chen et al., 2020).

- Risk grubundaki hastalara eve döndükten sonraki yaşam düzenlerinde risk azaltacak uygulamalar konusunda bilgi verilmelidir. Kilo kontrolü, sigaranın bırakılması, düzenli egzersiz yapılması, yeterli sıvı tüketimi ve uzun süre hareketsiz kalmaktan kaçınma gibi öneriler ayrıntılı şekilde açıklanmalıdır. Yaşam tarzı değişikliklerinin venöz tromboembolizm riskini azaltmada etkili olduğu belirtilmektedir (Geçit & Yavuz Van Giersbergen, 2021).
- Hastaya, popliteal vene baskı yapabileceği için diz altına yastık koymaktan kaçınması gerektiği anlatılmalıdır. Uzun süre dizin fleksiyon pozisyonunda kalması venöz dönüşü azaltarak staza neden olabilmektedir. Alt ekstremitenin uygun pozisyonda tutulması dolaşımın korunmasına katkı sağlar (Çelik et al., 2024).
- Antikoagülan tedavi ile birlikte evde kullanacağı başka ilaçları varsa bunların etkileşimleri incelenmeli ve hastaya açıklanmalıdır. Ayrıca tedavi süresince hangi sıklıkla ve hangi izlemleri yaptırması gerektiği söylenmelidir. Özellikle ağrı kesiciler, bitkisel ürünler ve bazı antibiyotikler antikoagülan etkinliği değiştirebileceğinden hasta bu konuda bilinçlendirilmelidir (Herlihy et al., 2020).
- Hasta K vitamini içeren besinler hakkında eğitilmeli ve K vitamininden zengin olan besinleri dengeli ve düzenli şekilde tüketmesinin önemi açıklanmalıdır. Özellikle warfarin kullanan hastalarda ani diyet değişiklikleri INR düzeylerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle beslenme düzeninin sürekliliği tedavi başarısı açısından önemlidir (Demir et al., 2010).
- Pnömatik kompresyon cihazları ve kademeli kompresyon çorapları hakkında hastaya ayrıntılı bilgi verilmelidir. Bu cihazların doğru kullanılmaması, rahatsızlık hissi oluşturması veya sürekli kullanım gerektirmesi tedaviye uyumu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle hastaların cihazların kullanım süresi, çıkarılma zamanı, cilt bakımı ve olası sorunlar konusunda eğitilmesi gerekmektedir (Zhang et al., 2024; Gu et al., 2023).
- Hastaya taburcu olduktan sonra subkutan heparin uygulamalarını nasıl yapacağı öğretilmelidir. Enjeksiyon bölgesinin seçimi, uygulama tekniği, doz saatlerine uyum ve enjeksiyon sonrası dikkat edilmesi gereken noktalar ayrıntılı biçimde açıklanmalıdır. Düzenli ve doğru uygulamanın tromboz riskini azaltmada etkili olduğu vurgulanmalıdır (Gürsoy et al., 2018; Ahmed et al., 2021).
- Hastaya acil başvuru gerektiren belirtiler de anlatılmalıdır. Ani nefes darlığı, göğüs ağrısı, bacakta ani şişlik, kızarıklık, şiddetli ağrı veya kontrolsüz kanama gelişmesi durumunda derhal sağlık kuruluşuna başvurması gerektiği açıklanmalıdır. Erken başvuru, olası PE ve majör kanama gibi yaşamı tehdit eden durumların önlenmesinde kritik öneme sahiptir (Özcan et al., 2019).

Derin Ven Trombozunda Tedavi Yöntemleri

Derin ven trombozu için standart tedavi, acil komplikasyonları azaltmayı amaçlamaktadır (Ruan et al, 2023). Trombolitik pıhtı giderme stratejilerinin kullanımı, etkilenen bacakta ağrı, şişlik, cilt renginin değişmesi ya da venöz ülserasyon gibi post-trombotik sendromun uzun vadeli komplikasyonlarını azaltmaktadır (Çelik et al, 2024). Travmadan sonra mümkün olan en kısa sürede başlanan mekanik kompresyon ve düşük moleküler ağırlıklı heparin kombinasyonu, kontrendikasyon yoksa, kalça kırığı olan hastalarda venöz tromboembolinin farmakolojik profilaksisi için daha sık kullanılan stratejidir. Cerrahiden sonra başlanan DOAC veya fondaparinux, aspirin veya farmakolojik olmayan yöntemler, kılavuzlar tarafından önerilen alternatif tedavi seçenekleridir (Rostagno et al,2025).

Tedavide hedef; PE gelişimini önlemek, varolan trombüsün ilerlemesini durdurmak, tromboze olan damarların reperfüzyonunu sağlamak ve post trombotik sendrom, tromboz nüksleri, pulmoner hipertansiyon gibi geç komplikasyonların gelişiminin engellenmesidir. Tedavi seçenekleri arasında antikoagülan tedavi, trombolitik tedavi ve inferior vena kava

filtreleri yer almaktadır. Antikoagülanlar DVT'yi önlemek için rutin olarak reçete edilse de, kanama komplikasyonları riskini de taşırlar. Bu nedenle, farmakolojik olmayan müdahaleler, özellikle hemşirelik müdahaleleri, ameliyat sonrası bakımın temel bileşenleri olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir (Liu et al., 2025). Trombolitik tedavi, yaygın DVT' de ya da masif PE tedavisinde kullanılmaktadır. Vena kava filtreleri, antikoagülasyon tedavisinin kontrendike olduğu akut DVT olgularında uygulanmaktadır. Tedavi akut (ilk 5–10 gün), kısa (ilk üç–altı ay) ve uzun dönem (üç–altı aydan sonrası) olmak üzere üç faza ayrılmıştır (Özcan et al, 2019).
Antikoagülan tedavi: DVT tedavisinin temelini antikoagülanlar oluşturur. Akut dönemde (ilk 5–10 gün) heparin, DMAH veya fondaparinuks ile başlanır; ardından K vitamini antagonistlerine (warfarin) geçilir. Warfarin tedavisi, INR terapötik düzeye ulaşana kadar parenteral tedavi ile birlikte sürdürülür. Majör cerrahilerde kanama riski nedeniyle profilaksiye genellikle ameliyattan 12–24 saat hunn başlanır, tedavi dozuna ise daha geç geçilir. Yüksek kanama riski veya böbrek yetmezliği olan hastalarda standart heparin tercih edilir; ancak trombositopeni riski daha yüksektir. Fondaparinuksun bu riski daha düşük olsa da yarı ömrü uzundur.Uzun dönem tedavinin amacı, DVT'nin tekrarlamasını ve komplikasyonlarını önlemektir (Özcan et al, 2019).
DVT' nin nedeni cerrahi gibi geçici risk faktörleriyse genellikle üç aylık tedavi yeterlidir. Bu aşamada en sık kullanılan ilaç warfarin olmakla birlikte son yıllarda yeni çıkan oral antikoagülanlar da tedavi seçenekleri arasına girmiştir. İlk DVT atağı sonrasında hastada geçici risk faktörleri mevcut ise üç aylık profilaksi önerilir. İdiyopatik olgularda ilk atak sonrası profilaksi altı ay olmalıdır. Eğer hastada dokümante edilmiş kalıtsal trombofili yaratan bir durum varsa tedaviye en az 12 ay devam etmek gereklidir (Özcan et al, 2019).
Trombolitik tedavi: Tedavide rutin olarak sistemik trombolitik ajan kullanımının yeri yoktur. On dört günden kısa süreli semptomu olan, fonksiyonel durumu iyi olanlar ve yaşam beklentisi en az bir yıl olan hastaların dahil olduğu yaygın proksimal DVT'si bulunan ve kanama riski düşük seçilmiş hasta gruplarında kullanılmaktadır (Özcan et al, 2019).
İnferior vena kava filtreleri: Epidemiyolojik veriler vena kava inferior filtrelerinin DVT hastalarında VTE nüksü riskini artırmadığını düşündürmektedir (Demir et al, 2010). Kanama riski nedeniyle antikoagülan tedaviye başlanamayan proksimal ven trombozu olan hastalarda uygulanabilmektedir. Hastanın antikoagülasyon tedavisine kontrendikasyon oluşturan durumu geçici ise, çıkarılabilecek filtreler kullanılmalı ve hastalar yakın olarak izlenmelidir. Kontrendikasyon ortadan kalktığında filtre çıkarılıp antikoagülasyon tedavisine geçilmelidir (Özcan et al, 2019).

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ortopedik cerrahi sonrası DVT, uygun önleyici yaklaşımlar ile büyük ölçüde azaltılabilen önemli bir komplikasyondur. İncelenen çalışmalar, özellikle hemşirelik temelli girişimlerin DVT insidansını anlamlı düzeyde düşürdüğünü göstermektedir. Farmakolojik profilaksinin etkili olduğu ancak tek başına yeterli olmadığı, mekanik yöntemler ve erken mobilizasyon ile desteklenmesi gerektiği görülmektedir. Sonuç olarak, kanıta dayalı hemşirelik uygulamalarının sistematik ve bütüncül şekilde uygulanması, ortopedik cerrahi sonrası DVT'nin önlenmesinde destekleyici olabilmektedir.

Tablo 1. Derin ven trombozunun önlenmesi ve tedavisi konusunda yapılan çalışmaların analizi

Çalışma Ekibi	Ülke	Çalışma Türü	Örneklem	Girişim	Ölçüm Aracı	Çalışma Sonuçları
Xu ve ark.,2025	Çin	Randomize, tek merkezli, çift kör klinik çalışma	141 hasta dahil edilmiştir.	Diz protezi ameliyatı geçiren hastalara iki farklı kompresyon çorabı uygulanmıştır. Ayrıca bazı durumlarda ayak pompalama egzersizi eklenerek venöz hemodinamik etkiler değerlendirilmiştir.	Doppler USG Kompresyon USG	Her iki çorap türünün de venöz kan akımını artırdığı ve ven yapısını iyileştirdiği görülmüştür. İki grup arasında etkinlik açısından belirgin fark bulunmamıştır. Kompresyon çorapları, diz protezi sonrası hastalarda venöz dolaşımı iyileştirerek DVT riskini azaltmada etkili bir yöntem olduğu, ancak farklı çorap türleri arasında belirgin üstünlüğü bulunmadığı vurgulanmıştır.

Zhang ve ark., 2024	Çin	Kanıta Dayalı Uygulama Projesi	Müdahale öncesi: 372 hasta Müdahale sonrası:405 hasta Ek olarak: 109 ameliyathane hemşiresi Hemodinamik analiz için: 50 + 50 hasta	Müdahale öncesi dönemde hastalara standart bakım uygulanırken, müdahale sonrası dönemde kanıta dayalı uygulama kapsamında IPC kullanımına yönelik standart protokol geliştirilmiş ve uygulanmıştır.	DVT/VTE gelişimi (klinik izlem + Doppler ultrason) Venöz hemodinamik ölçümler (kan akım hızı, damar çapı) IPC' ye bağlı komplikasyon kayıtları Hemşire bilgi düzeyi testleri	Müdahale öncesi dönemde intraoperatif venöz tromboz oranı %0.53 iken, müdahale sonrası dönemde tromboz vakası görülmemiştir. IPC'ye bağlı komplikasyon oranı %2.4'ten %0'a düşmüştür. Ayrıca hemşirelerin bilgi düzeyi puanı 67.55'ten 93.34'e yükselmiş ve venöz hemodinamik parametrelerde anlamlı iyileşme sağlanmıştır.
Ruan ve ark.,2023	Çin	Prospektif, randomize kontrollü klinik çalışma	90 hasta dahil edilmiştir.	Kontrol grubu: Rutin bakım Girişim grubu: Ameliyat sonrası erken dönemde rehabilitasyon hemşireliği İzlem süresi: 3 ay	Doppler Ultrasonografi Hemoreolojik Parametreler Koagülasyon Parametreleri Yaşam Kalitesi Ölçeği Hemşirelik Bakım Memnuniyeti	Rehabilitasyon hemşireliği uygulanan hastalarda DVT gelişim oranı anlamlı düzeyde azalmıştır. Kan akışı ve koagülasyon parametreleri daha stabil bulunmuştur. Yaşam

						kalitesi (SF-36 skorları) belirgin şekilde daha yüksek saptanmıştır. Hasta memnuniyeti artmıştır.
Gu ve ark.,2023	Çin	Prospektif randomize kontrollü çalışma	Ortopedik cerrahi geçiren 230 hasta incelenmiştir.	Kontrol grubuna standart profilaksi uygulanmıştır. Müdahale grubuna venous foot pump (ayak pompası) farklı sürelerde uygulanmıştır.	Postoperatif 3. günde Doppler ultrasonografi DVT değerlendirmesi D-dimer düzeyi APTT Vas skalası Konfor skoru	6 saat VFP grubunda DVT oranı %8.7, 1 saat grubunda %15.2, 12 saat grubunda %15.6, 18 saat grubunda %17.8 ve 20 saat grubunda %21.7 olarak bulunmuştur. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p=0.539). Ancak en düşük DVT oranı 6 saat grubunda gözlenmiştir. Ayrıca bu grupta D-dimer en düşük, konfor en yüksek bulunmuştur.
CRISTAL Study Group.,2022	Avustralya	Küme randomize, çapraz geçişli kontroll	Toplam 9.711 hasta dahil edilmiştir. Aspirin grubu:	Kalça veya diz protezi ameliyatı geçiren hastalar incelenmiştir. Hastaneler	Klinik değerlendirme Tanısal görüntüleme	Kalça ve diz artroplastisi sonrası hastalarda enoksaparinin, aspirine kıyasla

		ü çalışma	5416 hasta Enoksaparin grubu: 3787 hasta	rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır. Bir gruba ameliyat sonrası aspirin (100 mg/gün), diğer gruba enoksaparin (40 mg/gün) uygulanmıştır. Kalça protezinde 35 gün, diz protezinde 14 gün profilaksi verilmiştir.		semptomatik VTE gelişimini önlemede daha etkili olduğunu göstermiştir. Aspirin, enoksaparine karşı eşdeğer bulunmamıştır. Bununla birlikte, majör kanama açısından iki tedavi arasında anlamlı fark saptanmamıştır.
Ahmed ve ark. (2021)	Mısır	Yarı deneysel çalışma	Ortopedik cerrahi geçiren 72 hasta Müdahale grubu: 36 Kontrol grubu: 36	Müdahale grubuna yapılandırılmış hemşirelik protokolü uygulanmıştır. Kontrol grubuna sadece rutin bakım verilmiştir.	Demografik ve tıbbi bilgi formu Autar DVT risk değerlendirme ölçeği Derin ven trombozu değerlendirme formu.	Hemşirelik eğitim protokolü sonrası DVT gelişimi (özellikle sol ekstremite) müdahale grubunda anlamlı düzeyde azalmıştır. Baldır bulgularına bakıldığında, Kızarıklık, şişlik, DVT belirtilerinde azalma görülmüştür. Uyluk bölgesinde de şişlikte anlamlı azalma görülmüştür.

Haac ve ark.,2020	Abd	Randomize Kontrollü Çalışma	329 Hasta dahil edilmiştir. 1. Grup (LMWH grubu):164 2. Grup (Aspirin grubu): 165	Aspirin grubuna 81 mg aspirin Günde 2 kez oral Taburculuk sonrası da devam edebilecek şekilde uygulanmıştır. LMWH grubuna Enoksaparin Günde 2 kez subkutan standart tromboprofilaksi protokolüne uygun uygulanmıştır.	Klinik değerlendirme + gerekli durumlarda görüntüleme Kanama komplikasyonları → klinik izlem Cerrahi alan enfeksiyonu → klinik değerlendirme Ölüm oranı → hasta takip kayıtları Reoperasyon gereksinimi → klinik kayıtlar	Aspirin grubunda komplikasyonsuz hasta oranı %59.9, LMWH grubunda %59.4 bulunmuştur. İki grup arasında venöz tromboembolizm ve diğer komplikasyonlar açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Sonuç olarak aspirin, LMWH ile benzer etkinlikte değerlendirilmiştir.
Chen ve ark., 2020	Çin	Yarı Deneysel Çalışma	79 hasta dahil edilmiştir. Deney grubu: 40 hasta Kontrol grubu: 39 hasta	Çalışmada kontrol grubuna standart perioperatif hemşirelik bakımı uygulanmış olup buna karşılık deney grubunda hızlı cerrahi işlem (FTS) temelli hemşirelik yaklaşımı uygulanmıştır.	VAS skoru AOFAS skoru Lysholm skoru Doppler USG Ödem skoru Hastaneden kalış süresi Kırık iyileşme süresi	FTS temelli perioperatif hemşirelik uygulanan hastalarda iyileşme süresi daha kısa bulunmuş, hastanede kalış süresi ve kırık iyileşme süresi anlamlı şekilde azalmış, ağrı ve ekstremite ödemi daha düşük düzeyde

						seyretmiştir. Ayrıca komplikasyon oranı FTS grubunda %12.5 iken rutin bakım grubunda %30.77 olarak saptanmış, alt ekstremite derin ven trombozu görülme oranı ise sırasıyla %2.5 ve %10.26 bulunmuştur. FTS temelli hemşirelik bakımının postoperatif iyileşmeyi hızlandıran ve DVT başta olmak üzere komplikasyonları azaltan etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.
Aufwerber ve ark.,2020	İsveç	Randomize Kontrollü Çalışma	Toplam 142 hasta dahil edilmiştir. Müdahale grubu: 95 Kontrol grubu:47	Müdahale Grubuna erken fonksiyonel aktiviteler benimsenmiştir.. Kontrol grubuna ise geleneksel tedavi uygulanmıştır.	DVT oluşumu ve advers olaylar.	Erken fonksiyonel mobilizasyonun aşil tendonu rüptürü onarımı sonrası bacak hareketsizliği (immobilizasyonu) döneminde görülen

						yüksek DVT riskini, standart tedaviye kıyasla anlamlı ölçüde azaltmadığı saptanmıştır.
Wang ve ark.,2016	Çin	Randomize kontrollü çalışma	Toplam: 174 hasta dahil edilmiştir. Müdahale grubu: 96 Kontrol grubu: 78	Müdahale grubuna rutin bakıma ek olarak aktif ayak bileği egzersizleri uygulanırken, kontrol grubuna yalnızca rutin bakım verilmiştir.	Doppler ultrasonografi Maksimum venöz çıkış ve kapasite ölçümleri Bacak çevresi ölçümleri gerçekleştirilmiştir.	Aktif ayak bileği hareketinin alt ekstremite ameliyatı sonrası hastalarda şişliği azaltabileceğini ve alt ekstremite ameliyatı sonrası derin ven trombozu oluşumunu önlemek için hastaların maksimum venöz çıkış ve maksimum venöz kapasite değerlerini iyileştirebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed, M. R. M., AboZead, S. E., Yousef, A. O., & Taha, S. H. (2021). Effect of implementing nursing educational protocol on reducing deep venous thrombosis among orthopedic surgery patients. *Minia Scientific Nursing Journal*. https://doi.org/10.21608/msnj.2021.190448

Association of Perioperative Registered Nurses (AORN). (2018). Guideline quick view: Venous thromboembolism. *AORN Journal, 107*(2), 281–285.

Aufwerber, S., Heiwe, S., Edman, G., & Öhberg, F. (2020). Early mobilization and ankle pump exercises in the prevention of deep vein thrombosis after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 28*(5), 1634–1641. https://doi.org/10.1007/s00167-019-05767-x

Chen, Y., Lin, S.-Y., Fu, Q., Xing, K., Wang, C., & Wang, H. (2020). Effect of FTS-based perioperative nursing on postoperative rehabilitation of tibia-fibula fracture. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, *13*(6), 4121–4128.

CRISTAL Study Group. (2022). Effect of aspirin vs enoxaparin on symptomatic venous thromboembolism in patients undergoing hip or knee arthroplasty: The CRISTAL randomized trial. *JAMA*, *328*(8), 719–727. https://doi.org/10.1001/jama.2022.13416

Çelik, M., Aslan, E., & Irmak, B. (2024). Deep vein thrombosis in postgraduate nursing theses in Türkiye: A systematic analysis. *Mediterranean Journal of Health Sciences Current Research, 2*(2), 96–111. https://doi.org/10.5281/zenodo.14846633

Demir, M., Erdemli, B., Kurtoğlu, M., & Öngen, G. (Eds.). (2010). *Ulusal venöz tromboembolizm profilaksi ve tedavi kılavuzu*. Güven Platformu.

Geçit, S., & Yavuz Van Giersbergen, M. (2021). Cerrahi hasta bakımında venöz tromboembolizmin önlenmesi: Kanıt temelli uygulama önerileri. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 37*(2), 179–187. https://doi.org/10.53490/egehemsire.667667

Gu, S., Chen, Y., Lei, M., Li, J., Li, W., Zhang, M., Zhu, H., Ma, M., Kong, D., & Gao, Y. (2023). Effect of different application duration of a venous foot pump on prevention of venous thromboembolism after hip and knee arthroplasty: A multicenter prospective clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders, 24*, 931. https://doi.org/10.1186/s12891-023-06921-w

Gürsoy, A., & Çilingir, D. (2018). Cerrahi hastaları için sessiz tehlike: Derin ven trombozu risk azaltıcı hemşirelik bakımı. *Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi, 26*(1), 45–54.

Haac, B. E., O'Hara, N. N., Manson, T. T., Slobogean, G. P., Castillo, R. C., & O'Toole, R. V. (2020). Aspirin versus low-molecular-weight heparin for venous thromboembolism prophylaxis in orthopaedic trauma patients: A patient-centered randomized controlled trial. *PLOS ONE, 15*(8), e0235628. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235628

Herlihy, D. R., Thomas, M., Tran, Q. H., & Puttaswamy, V. (2020). Primary prophylaxis for venous thromboembolism in people undergoing major amputation of the lower extremity. *Cochrane Database of Systematic Reviews, 7*, CD010525. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010525.pub3

Kesieme, E., Kesieme, C., Jebbin, N., Irekpita, E., & Dongo, A. (2023). Deep vein thrombosis: A clinical review. *Journal of Blood Medicine, 14*, 1–8. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29939530/

Kushner, A., & West, W. P. (2024). Virchow Triad. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539697/

Liu, H., Chen, X., & Wang, J. (2024). Postoperative orthopedic patients' deep vein thrombosis prevention with nursing interventions: A clinical study and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Nursing, 28*(3), 145–152. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12391040/

Liu, X., Hu, H., Jin, L., Lin, Q., Liu, P., Li, N., & Chen, Z. (2025). Effect of postoperative ankle pump exercises on the prevention of deep vein thrombosis and venous hemodynamics following

lower limb orthopedic surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 20*, 863. https://doi.org/10.1186/s13018-025-06236-7
Özcan, S., Kaya Biçer, E., & Taşkıran, E. (2019). Derin ven trombozu ve pulmoner emboli. *TOTBİD Dergisi, 18*(2), 114–127. https://doi.org/10.14292/totbid.dergisi.2019.14
Rostagno, C., Gatti, M., Cartei, A., & Civinini, R. (2025). Early deep venous thrombosis after hip fracture surgery in patients in pharmacological prophylaxis. *Journal of Clinical Medicine, 14*(3), 726. https://doi.org/10.3390/jcm14030726
Ruan, Y., Wang, F., Du, X., & Sun, S. (2023). Rehabilitation nursing after lower limb fracture: Preventing deep vein thrombosis and enhancing quality of life. *Medicine, 102*(46), e36180. https://doi.org/10.1097/md.0000000000036180
Wang, H., Li, X., Wang, J., Zhang, Y., & Wang, Y. (2016). Active ankle movement may prevent deep vein thrombosis in patients undergoing lower limb surgery. *Annals of Vascular Surgery, 32*, 35–41. https://doi.org/10.1016/j.avsg.2015.10.012
Xu, Y., Liu, R., Xu, F., Feng, Y., Li, S., Wang, D., & Fan, G. (2025). The efficacy comparison on femoral vein hemodynamics and morphology between two types of graduated elastic compression stockings among patients undergoing knee replacement: A single-center, double-blind, randomized trial. *PeerJ, 13*, e19070. https://doi.org/10.7717/peerj.19070
Yuan, C., Wen, H., Wu, X., Mao, X., & Zychowicz, M. (2025). Nurse-led intervention in deep vein thrombosis development following major orthopedic surgery: A quality improvement project. *International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing, 59*, 101238. https://doi.org/10.1016/j.ijotn.2025.101238
Zhang, X., Tu, H., Yin, Q., Li, D., Wang, L., Cao, S., Ma, J., & Li, X. (2024). Prevention of venous thrombosis through intraoperative intermittent pneumatic compression (IPC): A best practice implementation project. *BMC Nursing, 23*, 558. https://doi.org/10.1186/s12912-024-02221-3

CERRAHİ SONRASI YARA BAKIMI İLE İLİŞKİLİ KOMPLİKASYONLARIN ÖNLENMESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Yüksek Lisans Öğrencisi Hemşire Rana TUFAN
Sakarya University of Applied Sciences Graduate Education Institute, Sakarya Türkiye
ORCID ID: 0009-0004-4876-0049
Prof. Dr. Feride TAŞKIN YILMAZ
Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Sakarya, Türkiye **ORCID ID:** 0000-0003-0568-5902

ÖZET
Cerrahi müdahaleler, vücut bütünlüğünün kontrollü bir şekilde bozulmasıyla başlayan ve karmaşık biyokimyasal süreçleri tetikleyen majör travmalardır. Modern cerrahi tekniklerdeki ilerlemelere rağmen, cerrahi sonrası gelişen yara komplikasyonları; hasta güvenliğini tehdit eden, hastanede kalış süresini uzatan ve sağlık maliyetlerini artıran en önemli morbidite nedenleri arasında yer almaya devam etmektedir. Hemşireler, perioperatif sürecin her aşamasında hastayla kesintisiz temas kuran yegane profesyoneller olarak, kanıta dayalı uygulama rehberleri ışığında bu komplikasyonların önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışma; cerrahi yara fizyolojisini, yara sınıflandırma kriterlerini, etiyolojik risk analizlerini ve hemşirelik rollerini güncel kanıta dayalı müdahalelerle sentezleyerek bütüncül bir bakış açısı sunmayı hedeflemektedir. Literatürde vurgulanan kanıta dayalı yaklaşımların klinik pratiğe entegrasyonu, sadece komplikasyon oranlarını düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda hemşirelik bakımının kalitesini uluslararası standartlara taşımaktadır. Bu çalışmada, cerrahi başarının sürekliliğinin, sadece ameliyathanedeki teknik müdahale ile sınırlı kalmadığı, aksine perioperatif süreç boyunca kanıta dayalı hemşirelik girişimlerinin titizlikle uygulanmasıyla mühürlendiği açıkça görülmektedir. Hastanelerde sadece yara bakımı için özelleşmiş 'Yara Bakım Hemşireliği' uzmanlık alanlarının artırılması, hemşirelerin dijital yara izleme teknolojileri, simülasyon temelli sürekli eğitimler ve yara kültürü alma gibi spesifik beceriler konusundaki yetkinlikleri periyodik olarak desteklenmesi ve güncellenmesi önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Cerrahi yara, kanıta dayalı bakım, cerrahi alan enfeksiyonları, komplikasyon önleme, hasta güvenliği

EVIDENCE-BASED PRACTICES IN PREVENTING COMPLICATIONS RELATED TO POST-SURGICAL WOUND CARE

ABSTRACT
Surgical procedures are major traumas that begin with a controlled disruption of bodily integrity and trigger complex biochemical processes. Despite advances in modern surgical techniques, postoperative wound complications remain among the leading causes of morbidity, threatening patient safety, prolonging hospital stays, and increasing healthcare costs. As the only professionals maintaining continuous contact with the patient at every stage of the perioperative process, nurses play a crucial role in preventing these complications by following evidence-based practice guidelines. This study aims to provide a comprehensive perspective by synthesizing surgical wound physiology, wound classification criteria, etiological risk analyses, and nursing roles with current evidence-based interventions. The integration of evidence-based approaches highlighted in the literature into clinical practice not only reduces complication rates but also elevates the quality of nursing care to international standards. This study clearly demonstrates that the continuity of surgical success is not limited to technical interventions in the operating room alone, but is rather secured through the meticulous application of evidence-

based nursing interventions throughout the perioperative process. It is recommended that hospitals increase the number of specialized “Wound Care Nursing” programs dedicated solely to wound care, and that nurses’ competencies in specific skills—such as digital wound monitoring technologies, simulation-based continuing education, and developing a wound care culture-be periodically supported and updated.

Keywords: Cerrahi yara, kanıta dayalı bakım, cerrahi alan enfeksiyonları, komplikasyonların önlenmesi, hasta güvenliği

1. GİRİŞ

Yara, fiziksel, kimyasal veya termal bir etkenin doku üzerinde yarattığı hasar sonucunda deri ve mukoza yapısının anatomik bütünlüğünün bozulması, doku sürekliliğinin kaybı ve beraberinde gelişen biyolojik dengenin kesintiye uğraması olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2021). Deri, vücudun en büyük organı olmasının yanı sıra dış ortamdaki patojenlere karşı ilk ve en güçlü savunma bariyerini teşkil etmektedir. Bu bağlamda cerrahi bir yara, her ne kadar kontrollü ve aseptik koşullarda gerçekleştirilse de, vücudun doğal savunma zırhının geçici olarak kırılması ve iç dokuların mikroorganizma kolonizasyonuna açık hale gelmesi anlamına gelmektedir. Cerrahi yaralar, klinik sınıflandırmada akut yaralar kategorisinde yer almakta olup, genellikle doku uçlarının sütür veya zımba gibi yöntemlerle yaklaştırılması esasına dayanan "birincil iyileşme" yoluyla onarılmaktadır (Gillespie ve ark., 2020b).

Yara iyileşmesi; hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve matürasyon aşamalarından oluşan, birbirini karmaşık hücresel sinyallerle takip eden biyolojik bir fenomendir (Çelik, 2021). Ancak bu süreç; hastanın yaşı, beslenme durumu ve kronik hastalıkları gibi intrinsik faktörlerin yanı sıra cerrahi teknik ve çevre kontrolü gibi ekstrinsik faktörlerin etkisiyle sekteye uğrayabilmektedir. Amerikan Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC), cerrahi alan enfeksiyonlarını (CAE) girişimi takip eden ilk 30 veya 90 gün içerisinde gelişebilen enfeksiyonlar olarak tanımlayarak, bu sürecin uzun süreli ve titiz bir hemşirelik takibi gerektirdiğini vurgulamaktadır (CDC, 2017). Hemşirelik bakımı, sadece yüzeyel bir deri onarımı değil, derin dokulardaki hücresel yanıtın yönetilmesini ve komplikasyonların henüz başlangıç aşamasında saptanmasını kapsayan çok boyutlu bir süreç yönetimidir (Mert Boğa, 2019).

Güncel literatür incelendiğinde, cerrahi sonrası gelişen enfeksiyon, dehisans (yara açılması) ve hematom gibi komplikasyonların büyük bir kısmının kanıta dayalı hemşirelik müdahaleleriyle önlenebildiği görülmektedir (Gillespie ve ark., 2013). Özellikle perioperatif dönemde normoterminin korunması, preoperatif cilt hazırlığında clipper kullanımı ve ilk 48 saat pansumanın açılmaması gibi kanıta dayalı protokoller, hasta sonuçlarını iyileştirmede altın standart kabul edilmektedir (NICE, 2017). Ayrıca, bitkisel içerikli modern destekleyicilerin epitelizasyon süresini kısalttığına dair kanıtlar, bakım planlarının sürekli güncellenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda hemşirelerin; teorik bilgilerini kanıta dayalı rehberlerle harmanlaması, profesyonel otonomilerini güçlendirmek ve cerrahi sonrası komplikasyon yükünü hafifletmek adına vazgeçilmez bir zorunluluktur (Kielo ve ark., 2020).

Cerrahi Yaraların Sınıflandırılması

Cerrahi yara yönetimi ve enfeksiyon kontrol stratejileri, operasyon sahasının mikrobiyal yüküne ve yaranın kontaminasyon düzeyine göre yapılandırılmaktadır. Amerikan Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC) tarafından geliştirilen ve evrensel kabul gören cerrahi yara sınıflandırması, hemşirelik bakım planının derinliğini ve kullanılacak asepsi yöntemlerini belirleyen temel ölçüttür (CDC, 2017). Bu sınıflama şu şekildedir:

Sınıf I: Temiz Yaralar: Bu sınıftaki yaralarda inflamasyon bulgusu saptanmaz. Solunum, sindirim veya ürogenital sistem gibi mikroorganizma barındıran mukozal yollar açılmamıştır. Operasyon atravmatiktir ve aseptik teknikler tam olarak uygulanmıştır. Bu yaralarda postoperatif enfeksiyon riski %1-5 gibi düşük bir seviyededir. (CDC, 2017; WHO, 2018; Çelik, 2021).

Sınıf II: Temiz-Kontamine Yaralar: Kontrollü koşullar altında ve majör bir kontaminasyonun yaşanmadığı durumlarda solunum, sindirim veya üriner sistemlerin açıldığı operasyon yaralarıdır (Örn: Komplikasyonsuz apendektomi).(CDC, 2017; Aygın & Marul, 2016). Bu grupta enfeksiyon riski %11'e kadar yükselebilir. Hemşirenin bu aşamada özellikle dren giriş yerlerini ve sızıntıları çok daha titiz takip etmesi, enfeksiyon zincirini kırması gerekmektedir (CDC, 2017; Aygın & Marul, 2016; Gillespie et al., 2013).

Sınıf III: Kontamine Yaralar: Açık, taze travmatik yaralar, cerrahi sırasında sterilite kurallarının ağır ihlal edildiği durumlar veya içi boş organlardan yara yatağına yoğun sızıntının olduğu durumlardır. Bu yaralarda enfeksiyon riski %10-17 arasındadır ve proaktif antibiyotik yönetimi ile sıkı hemşirelik takibi zorunludur. (CDC, 2017; WHO, 2018; Turhan Damar & Ögce Aktaş, 2022).

Sınıf IV: Kirli ve Enfekte Yaralar: Operasyon öncesinde yara bölgesinde mevcut bir enfeksiyonun, apse formasyonunun veya nekrotik dokuların bulunduğu durumlardır. Bu sınıf yaralarda enfeksiyon riski %27'nin üzerine çıkmaktadır (CDC, 2017). Hemşirelik bakımı bu aşamada sadece iyileşmeyi desteklemeye değil, mevcut enfeksiyonun sistemik bir sepsise dönüşmesini engellemeye odaklanmalıdır.(CDC, 2017; WHO, 2018; International Wound Infection Institute, 2022)

Cerrahi Sonrası Yara Komplikasyonlarının Etiyolojisi ve Risk Faktörleri

Cerrahi yara komplikasyonlarının gelişimini etkileyen faktörler, konağa ait "intrinsik" ve çevreye/tekniğe ait "ekstrinsik" riskler olarak iki ana eksende değerlendirilmektedir. Bu faktörlerin analizi, hemşirenin kişiselleştirilmiş bir bakım planı oluşturabilmesi için gereklidir. İntrinsik risk faktörleri, hastanın kendi biyolojik ve fizyolojik kapasitesiyle ilişkilidir. Bu faktörler şunlardır;

- **Yaş faktörü**; doku yenilenme hızının azalması ve immün yanıtın zayıflaması nedeniyle iyileşmeyi geciktiren temel unsurdur.
- **Beslenme durumu (Malnütrisyon)**; yara iyileşmesi için gerekli olan protein, A ve C vitaminleri ile çinko gibi eser elementlerin eksikliği durumunda proliferasyon fazının durmasına neden olur (Suhartini ve ark., 2025). Serum albumin düzeyinin 3.5 g/dL'nin altında olması, yara dehisansı için ciddi bir risk faktörüdür.
- **Diyabet ve glisemik kontrol**; cerrahi yaralarda komplikasyon gelişme ihtimalini en çok artıran kronik durumdur. Hiperglisemi, nötrofillerin fagositoz yeteneğini bozarak yara yatağını bakteriyel kolonizasyona açık hale getirir.
- **Obezite**; yağ dokusunun hipovasküler (az damarlı) yapısı nedeniyle yara bölgesine giden oksijen ve besin desteğini sınırlar, ayrıca mekanik gerilmeyi artırarak yaranın açılmasına (dehisans) zemin hazırlar (Kalkan ve Karadağ, 2017).

Ekstrinsik risk faktörleri, büyük oranda cerrahi ekip ve çevre kontrolüyle ilgilidir. Bu faktörler şunlardır;

- **Preoperatif cilt hazırlığı**; geleneksel olarak jiletle yapılmaktayken; güncel kanıtlar jiletin deri üzerinde yarattığı mikro-abrazyonların enfeksiyon riskini artırdığını kanıtlamıştır (CDC, 2017).
- **Operasyon süresi**; yara yatağının hava ve kontaminantlarla temas süresini artırarak enfeksiyon oranını katlamaktadır.

- **Hipotermi**; damar büzüşmesine yol açarak doku perfüzyonunu bozar ve immün yanıtı baskılar (Kalkan ve Karadağ, 2017).

Postoperatif Yara Bakımında Komplikasyonların Klinik Değerlendirilmesi

Cerrahi sonrası komplikasyonlar hastanın iyileşme sürecini sekteye uğratan en önemli engellerdir. Hemşirelik sürecinde bu durumların erken saptanması morbiditeyi minimize eder. Cerraha sürece bağlı ortaya çıkabilecek komplikasyonlar şunlardır:

- **Cerrahi alan enfeksiyonları (CAE):** Operasyon bölgesinde ısı artışı, ağrı, ödem, eritem ve pürülan drenaj ile karakterizedir. CDC tanımlamasına göre cerrahi girişimi takiben ilk 30 veya 90 gün içinde gelişebilir (CDC, 2017). CAE, hastanede kalış süresini ortalama 7-10 gün uzatan en maliyetli komplikasyondur.
- **Yara Dehisansı ve Eviserasyon:** Yara dudaklarının cerrahi dikişler tarafından tutulamayıp birbirinden ayrılmasına dehisans denir. Dehisansın ilerleyerek iç organların dışarı çıkması durumu ise eviserasyondur (Turhan Damar ve Ögce Aktaş, 2022). Bu tablo özellikle karın içi basıncı artıran konstipasyon, şiddetli öksürük veya kontrolsüz hareketler sonucunda tetiklenebilir ve acil cerrahi müdahale gerektirir.
- **Hematom ve Seroma:** İnsizyon bölgesinde kan (hematom) veya seröz sıvı (seroma) toplanmasıdır. Bu sıvılar yara kenarlarında baskı oluşturarak doku beslenmesini bozar ve mikroorganizmalar için zengin bir besiyeri oluşturur (Turhan Damar ve Ögce Aktaş, 2022).

Yara Yönetiminde Hemşirenin Profesyonel Rolleri

Yara yönetiminin etkin yönetiminde, hemşirelerin yara hakkındaki bilgi düzeyleri oldukça önemlidir. Bununla birlikte literatürde hemşirelerin yara bakımı konusunda bilgi düzeylerinin yeterli olmadığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Ferreira ve arkadaşları (2014) ile Gonzaga de Faria ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan hemşirelerin yara bakımı hakkında bilgi ve uygulamalarının belirlenmesi konulu çalışmalarda katılımcıların önemli bir çoğunluğunun yara bakımı bilgisinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Mc Cluskey and Mc Carthy (2012)'nin yaptıkları yara bakımı konusundaki araştırmada da, hemşirelerin çalıştıkları kliniklerde kendileri için daha iyi yara bakımı eğitimi programlarının konulmasını talep ettikleri belirlenmiştir. Oysa, hemşirelerin yara bakımı bilgilerini sürekli güncellemeleri, klinikte yara değerlendirmesi yapmaları, yara bakımını kanıta dayalı olarak gerçekleştirmeleri beklenmektedir. Hemşire, yara iyileşmesinin temel ilkeleri doğrultusunda hastanın yarası için gerekli değerlendirmeyi yaparak, en iyi yara bakım ürününe karar verip kullanarak hasta çıktılarının iyileşmesine yardım edebilir ve sonuçta hasta memnuniyetinin artmasını sağlayabilir (Selda ve ark,2019)

Hemşireler, yara yönetimi ekibinin hem uygulayıcısı hem de koordinatörüdür (Mert Boğa, 2019). Bununla birlikte hemşirelerin klinisyen, koordinatör ve ekip liderliği ile eğitici rolü öne çıkmaktadır. Özellikle taburculuk sonrası süreçte yara bakım sorumluluğu hastaya geçmektedir. Bu dönemde hemşire, hastayı enfeksiyon belirtileri ve doğru hijyen uygulamaları konusunda eğiterek komplikasyon riskini ev ortamında da minimize eder (Kielo ve ark., 2020).

2. CERRAHI YARA KOMPLIKASYONLARININ ÖNLENMESINDE GÜNCEL KANITA DAYALI BAKIM YÖNTEMLERI

Cerrahi yara yönetiminde temel strateji; yara iyileşmesinin biyokimyasal evrelerini desteklemek ve mikroorganizma kolonizasyonunu engellemek üzerine kuruludur. Güncel rehberler ve bilimsel kanıtlar ışığında, komplikasyonları önlemede kullanılan girişimler şu başlıklar altında toplanmaktadır:

Perioperatif ve normotermi yönetimi

Operasyon süresince ve sonrasında hastanın vücut sıcaklığının 36°C ve üzerinde tutulması (normotermi), CAE riskini yaklaşık %30 oranında azaltan kritik bir müdahaledir. Bu uygulama, vazokonstriksiyonu önleyerek dokuya giden oksijen miktarını artırmakta, doku perfüzyonunu iyileştirmekte ve lökositlerin bakteri öldürme kapasitesini (fagositoz) maksimize etmektedir (Kalkan ve Karadağ, 2017; Ecer & Yavuz Van Giersbergen, 2022). Ayrıca, enfeksiyon riskini minimize etmek için preoperatif kıl temizliğinde jilet yerine clipper kullanımı mutlak bir standart olarak kabul edilmektedir.(CDC, 2017; NICE, 2017; WHO, 2018).

Pansuman ve yara yatağı yönetimi

Cerrahi yaranın ilk 48 saat boyunca kesinlikle açılmaması, sterilite bariyerinin korunması açısından hayati önem taşır (NICE, 2017; AWMA, 2010). 48 saatin sonunda yara dudakları epitelize olduğu ve koruyucu bir epitel köprüsü oluştuğu için pansuman güvenle açılabilir ve hastanın duş almasına izin verilebilir. Yara yatağının nem dengesini korumak ve hücresel göçü hızlandırmak adına, temiz cerrahi yaralarda sitotoksik antiseptik solüsyonlar yerine sadece serum fizyolojik kullanılması, fibroblast aktivitesini koruyarak hücre çoğalmasını destekleyen en temel yöntemdir (Çelik, 2021). Bu süreçte aşağıdaki yaklaşımlar oldukça önemlidir.

- **Preoperatif cilt hazırlığı:** Hastanın operasyondan önceki gece veya operasyon sabahı klorheksidinli solüsyonlar veya sabun ile duş alması, insizyon bölgesindeki mikrobiyal yükü azaltan yüksek kanıt düzeyli bir uygulamadır (NICE, 2024).
- **Doku oksijenizasyonu:** Dokuların iyileşmesi ve lökositlerin fagositoz yeteneği için yeterli oksijen şarttır. Operasyon sırasında ve sonrasında hemoglobin saturasyonunun %95'in üzerinde tutulması, yara yeri komplikasyonlarını anlamlı derecede düşürmektedir (World Health Organization [WHO], 2018).
- **Glikoz yönetimi:** Diyabet öyküsü olsun ya da olmasın, perioperatif dönemde gelişen hiperglisemi yara iyileşmesini geciktirir. Kan şekerinin 140-180 mg/dL aralığında kontrol altında tutulması (normoglisemi), cerrahi komplikasyon riskini minimize eder (Global Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infection, 2018).
- **Nutrisyonel destek:** Yara iyileşmesi yüksek enerji gerektiren bir süreçtir. Preoperatif dönemde hastanın beslenme risk taramasının yapılması ve proteinden zengin desteklenmesi, doku onarımını hızlandırarak yara açılma (dehisans) riskini azaltmaktadır (Akyol ve ark., 2020).

İleri teknoloji ve destekleyici girişimler

Günümüzde, derin ve komplike cerrahi yaralarda iyileşme sürecini hızlandırmak için ileri teknolojik yöntemler klinik pratikte yerini almıştır. Yara iyileşmende sıklıkla kullanılan ileri teknoloji ve destekleyici girişimler şunlardır;

- **Negatif basınçlı yara tedavisi (NPWT):** Yara yatağındaki fazla eksüdayı uzaklaştırarak granülasyon dokusunun oluşumunu hızlandırır.
- **Gümüş (Silver) içerikli pansumanlar:** Gümüş, güçlü bir antimikrobiyal ajandır. Pansumanın içindeki gümüş iyonları, yara eksüdasıyla temas ettiğinde salınarak bakterilerin DNA yapısını bozar ve çoğalmalarını engeller. Literatürde, CAE riskini azaltmak ve biyofilm tabakasını kırmak için özellikle yüksek riskli hastalarda gümüş emdirilmiş örtüler önerilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022).
- **Aljinat pansumanlar:** Deniz yosunlarından elde edilen bu pansumanlar, kendi ağırlığının 20 katı kadar sıvıyı emebilir. Çok fazla akıntısı olan (yüksek eksüdalı) cerrahi yaralarda sıvıyı hapsederek yara kenarlarının masere olmasını (yumuşayıp bozulmasını) engeller ve nemli bir iyileşme ortamı sağlar (International Wound Infection Institute [IWII], 2022).
- **Hidrokolloid ve hidrojeller:** Az akıntılı veya kuru yaralarda "otolitik debridman" sağlar. Yani vücudun kendi enzimlerinin ölü dokuyu temizlemesine yardımcı olur. Bu ürünlerin

kullanımı, pansuman değişim sıklığını azaltarak yeni oluşan dokunun (epitelizasyon) zarar görmesini engeller (Çelik, 2021).

- **Kollajen bazlı örtüler:** Yara yatağındaki yıkıcı enzimleri (matriks metalloproteinazlar) durdurarak, vücudun kendi doku üretim sürecini yeniden başlatır. Özellikle iyileşmesi duraklamış cerrahi yaralarda "iskele" görevi görerek yeni doku göçünü hızlandırır (Çelik, 2021; Gillespie et al., 2020b; International Wound Infection Institute, 2022).

Tamamlayıcı yaklaşımlar

Geleneksel yaklaşımların aksine, kanıta dayalı veriler tamamlayıcı tıp unsurlarının da iyileşme başarısını artırdığını göstermektedir. Yapılan araştırmalar, Aynı Sefa (Calendula officinalis) bitkisinin yara bölgesindeki anjiyogenezi teşvik ettiğini ve epitelizasyon süresini belirgin şekilde kısalttığını ortaya koymaktadır. Bu tür bitkisel içerikli tedaviler, özellikle riskli cerrahi gruplarda komplikasyon gelişimini düşürürken, hastanede kalış süresini kısaltarak maliyet-etkin bir sonuç sağlamaktadır (Kalkan & Karadağ, 2017; Mert Boğa, 2019; Zhang et al., 2024). Hemşirenin, yaranın sınıfına (Sınıf I-IV) ve akıntı miktarına göre en uygun pansuman materyalini seçmesi, cerrahi sonrası komplikasyonların önlenmesinde profesyonel bir otonomi gerektirmektedir (Ecer & Yavuz Van Giersbergen, 2022).

Yara Bakımında Hemşire Eğitimi ve Komplikasyon Önleme İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Cerrahi yara bakımında hemşirelerin bilgi düzeyi ve uygulama becerisi, komplikasyon oranlarını doğrudan etkileyen bir değişkendir. Literatürde hemşirelere yönelik yapılan eğitim çalışmaları incelendiğinde, yapılandırılmış hizmet içi eğitimlerin cerrahi alan enfeksiyonu oranlarını düşürmede %35-50 oranında başarı sağladığı görülmektedir (Mert Boğa, 2019). Hemşirelerin yara enfeksiyonu ve yara kültürü alma konusundaki bilgi ve tutum düzeylerini ölçen çalışmalar, teorik bilginin klinik uygulama ile her zaman paralel gitmediğini; bu nedenle simülasyon temelli sürekli eğitimlerin verilmesinin yara yönetimindeki hataları minimize ettiğini kanıtlamaktadır (Eyi, 2023; Kielo ve ark., 2020).

Hemşirelik öğrencilerinin ve klinik hemşirelerin yara bakımı konusundaki yetkinliklerini değerlendiren sistematik incelemeler, kanıta dayalı rehberlerin (WHO, CDC) kullanımının personelin profesyonel otonomisini güçlendirdiğini vurgulamaktadır (Kielo ve ark., 2020). Hemşirelerin yara bakım ekibindeki liderlik rolleri, disiplinler arası iletişimi koordine etmelerini sağlamakta ve bu sayede hastaların risk faktörlerine (malnütrisyon, diyabet kontrolü vb.) yönelik erken müdahale şansını artırmaktadır (Gillespie ve ark., 2020a).

Hemşire eğitimi cerrahi yara komplikasyonlarını önlemede sadece bir bilgi aktarımı değil, klinik hataları minimize eden ve profesyonel otonomiyi güçlendiren stratejik bir müdahaledir. Analiz edilen çalışmalar, simülasyon destekli ve sürekli güncellenen eğitim programlarının; cerrahi alan enfeksiyonlarını düşürmede, hastanede kalış süresini kısaltmada ve bakım maliyetlerini optimize etmede 'altın standart' olduğunu kanıtlamaktadır. Literatürde yara bakımı ile ilgili komplikasyonların yönetimi konusunda yapılan bazı çalışmalar Tablo 1 de sunulmuştur.

Cerrahi Yara Bakımında Hemşirelik Süreci

Cerrahi yara yönetimi, sadece teknik bir pansuman becerisi değil; veri toplama, tanılama, planlama, uygulama ve değerlendirme aşamalarından oluşan sistematik bir hemşirelik sürecidir. Bu süreçte hemşirelerin en sık kullandığı NANDA (North American Nursing Diagnosis Association) tanıları; "Doku Bütünlüğünde Bozulma", "Enfeksiyon Riski", "Akut Ağrı" , "Beden İmgesinde Rahatsızlık" , "Sıvı Volüm Eksikliği" ve "Bilgi Eksikliği" olarak sıralanmaktadır. Tanılama aşamasında hastanın beslenme durumu (Albumin seviyeleri), yaşı

ve kronik hastalıkları gibi intrinsik risk faktörleri göz önünde bulundurularak bireysel bir bakım planı kurgulanmalıdır (Suhartini ve ark., 2025). Planlama aşamasında, yaranın CDC rehberlerine göre takibi ve komplikasyon belirtilerinin (ısı artışı, kötü koku, ağrı) izlenmesi öncelikli hedeftir. Uygulama evresinde ise aseptik tekniklere tam uyum sağlanması, hastanın normotermik (vücut ısısının 36°C üzerinde) tutulması ve ağrı yönetiminin sağlanması yer alır. Değerlendirme aşamasında ise hemşire, kullanılan pansuman yönteminin ve kanıta dayalı girişimlerin etkinliğini yara iyileşme hızına göre test ederek bakım planını dinamik olarak günceller (Çelik, 2021)

Taburculuk Eğitimi ve Hastanın Öz Bakım Yönetimi

Cerrahi sonrası hastaların hastanede kalış sürelerinin kısalmasıyla birlikte, yara bakım sorumluluğu büyük ölçüde hastaya ve gayri resmi bakım verenlere (aile üyelerine) geçmektedir. Bu noktada hemşirenin eğitici rolü, komplikasyonların önlenmesinde hayati bir bariyer oluşturur. Yapılandırılmış taburculuk eğitimleri; hastanın yara hijyenini nasıl sağlayacağını, hangi belirtilerde (yüksek ateş, insizyon yerinden pürülan akıntı gelmesi vb.) acil servise başvurması gerektiğini ve beslenme/mobilizasyonun iyileşme üzerindeki etkisini kapsamalıdır (Kielo ve ark., 2020).

Araştırmalar, etkili bir taburculuk eğitiminin cerrahi sonrası hastaneye tekrar yatışları ve yara enfeksiyonu oranlarını %25 oranında azalttığını ortaya koymaktadır (Gillespie ve ark., 2020a). Özellikle yara izinin kalıcı olması veya estetik kaygılar nedeniyle hastada gelişebilecek psikososyal sorunlara yönelik hemşirelik desteği, hastanın öz bakım sürecine uyumunu artıran temel bir motivasyon kaynağıdır (Çelik, 2021). Bu bağlamda, yazılı ve görsel materyallerle desteklenen eğitim programları, kanıta dayalı hemşireliğin klinik çıktılarını güçlendirmektedir.

3. SONUÇ

Cerrahi girişimler sonrası gelişen yara komplikasyonları, modern tıp ve cerrahi teknolojilerdeki devasa ilerlemelere rağmen, hasta güvenliğini, iyileşme sürelerini ve sağlık bakım maliyetlerini doğrudan etkileyen majör bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu kapsamlı çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında; cerrahi başarının sürekliliğinin, sadece ameliyathanedeki teknik müdahale ile sınırlı kalmadığı, aksine perioperatif süreç boyunca kanıta dayalı hemşirelik girişimlerinin titizlikle uygulanmasıyla mühürlendiği açıkça görülmektedir. Hemşirelerin; cerrahi yaraları CDC (The Centers for Disease Control and Prevention) kriterleri doğrultusunda, özellikle cerrahi girişimi takiben ilk 30 ya da 90 günlük kritik süreçlerde dinamik bir şekilde izlemesi, yara iyileşmesinin moleküler evrelerine hakim olması ve komplikasyonları henüz prodromal (başlangıç) evrede teşhis edebilmesi, mortalite oranlarını minimize eden en temel profesyonel yetkinliktir (CDC, 2017). Hastanelerde sadece yara bakımı için özelleşmiş 'Yara Bakım Hemşireliği' uzmanlık alanlarının artırılması, hemşirelerin dijital yara izleme teknolojileri, simülasyon temelli sürekli eğitimler ve yara kültürü alma gibi spesifik beceriler konusundaki yetkinlikleri periyodik olarak desteklenmesi ve güncellenmesi önerilmektedir.

Tablo 1. Cerrahi sonrası yara bakımı ile ilişkili komplikasyonların önlenmesi konusunda yapılan çalışmalar

Çalışma Ekibi	Ülke	Çalışma Türü	Örneklem	Girişim	Çalışma Sonuçları
Aydın Aktaş ve ark. (2012)	Türkiye	Prospektif Kohort Çalışması	150 hasta (Kolorektal cerrahi geçiren)	Ameliyat sonrası yara yerinin ASEPSIS yöntemiyle izlenmesi ve yara yeri enfeksiyonu (YYE) ile ilişkili risk faktörlerinin değerlendirilmesi	ASEPSIS yönteminin, cerrahi yaraların takibinde basit, tekrarlanabilir ve etkili bir uygulama olduğu sonucuna varılmıştır.
Cameron I Wells ve ark. (2019)	Avustralya	Randomize Kontrollü Çalışmaların Meta Analizi	10 randomize çalışma	Kapalı karın kesilerinde deri altı sıvı birikimini önlemek ve cerrahi bölge enfeksiyonlarını azaltmak amacıyla uygulanan profilaktik negatif basınçlı yara tedavisi	Negatif basınçlı yara tedavisinin (NPWT), kapalı yaralarda deri altı sıvı birikimini önleyebildiği ve dolayısıyla cerrahi bölge enfeksiyonlarını azaltmada etkili olduğu saptanmıştır.
Li-Hua Zhang ve ark. (2024)	Çin	Meta Analiz	3269 sezaryen doğumu içeren 21 randomize kontrollü çalışma	Kanıta dayalı hemşirelik protokollerinin uygulanması	Kanıta dayalı hemşirelik girişimlerinin (nem yönetimi; ısı kontrolü vb.) yara komplikasyonlarını %60'ın üzerinde azalttığı kanıtlanmıştır.
Adam whitley ve ark. (2023)	Yeni Zelanda	Rastgele kontrollü klinik çalışma	Analiz, iki gruba ayrılmış 275 hastayı kapsıyordu: StopBac grubunda 140 hasta ve Cosmopor	Gümüş emdirilmiş modern pansuman kullanımı	StopBac cerrahi pansuman (gümüş içerikli pansuman), klasik (standart) pansumana göre: daha az yara enfeksiyonu geliştiği tespit edilmiştir.

			grubunda 135 hasta		Yaralarda daha hızlı iyileşme olduğu belirlenmiştir.
Erum Mjid ve ark. (2023)	Pakistan	Prospektif Randomize Kohort Çalışma	Toplam 70 kadın (A ve B grubu ve her grupta 35 kişi).	A Grubu'na bal povidon-iyot pansumanı uygulanırken, B Grubu'na sadece povidon-iyot uygulaması	Bal ve povidon-iyot kombinasyonunun kullanımıyla ASEPSIS skorunda önemli iyileşmeler gözlemlenmiştir.
Chihiro Kosugi ve ark. (2024)	Japonya	Randomize kontrollü çalışma	Birincil sonlanım noktası analizine toplam 865 hasta (427 çalışma grubu, 438 kontrol grubu)	İyonik gümüş içeren Aquacel Ag Hydrofiber pansumanların, film pansumanlara göre karşılaştırılması	Aquacel Ag Hydrofiber pansumanlar, özellikle alt gastrointestinal sistem cerrahisi olmak üzere, planlı gastrointestinal cerrahi geçiren hastalarda yüzeysel cerrahi alan enfeksiyonlarının film pansumanlara kıyasla azaltabileceği vurgulanmıştır.
Amy M Valent ve ark. (2017)	ABD	Randomize klinik çalışma	Her 8 saatte bir 500 mg oral sefaleksin ve 500 mg metronidazol alan hasta= 202 katılımcı) Aynı görünüme sahip plasebo = 201 katılımcı	Sezaryen doğumdan sonraki 48 saat boyunca profilaktik olarak oral sefaleksin ve metronidazol alan obez kadınlarda, plasebo alanlara kıyasla cerrahi alan enfeksiyonu oranlarının değerlendirilmesi	Standart ameliyat öncesi sefalosporin profilaksisi alan sezaryen doğum geçiren obez kadınlarda, plaseboya kıyasla, ameliyat sonrası 48 saatlik oral sefaleksin ve metronidazol kürü, doğumdan sonraki 30 gün içinde cerrahi alan enfeksiyonu oranını azalttığı belirlenmiştir. Sezaryen doğum

					sonrası obez kadınlarda CAE'nun önlenmesi için profilaktik oral sefaleksin ve metronidazol kullanımı gerekebilir.
Ran Zhang ve ark. (2025)	Çin	Meta-analiz çalışması	1223 katılımcı içeren 9 randomize kontrollü ve 2152 katılımcı içeren 3 kohort çalışması	Cerrahi yara yönetiminde hidrofiber pansumanların etkinliğinin belirlenmesi	Hidrofiber pansumanların, standart pansumanlara göre klinik olarak daha üstün olduğu kanıtlanmıştır. Hidrofiber grubu; yara bölgesinde kabarcık oluşumunu, periprostetik eklem enfeksiyonu oranını ve toplam komplikasyon sıklığını anlamlı düzeyde azaltmıştır. Ayrıca, ameliyat sonrası ilk beş gün içinde pansuman değişim ihtiyacının daha az olduğu ve toplam maliyet açısından standart pansumanlardan daha avantajlı olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Aktaş, A., Topaloğlu, S., Çalık, A., Arslan, M. K., Öncü, M., İnci, İ., & Pişkin, B. (2012). Kolorektal cerrahide ASEPSIS yöntemiyle yara takibi. Turkish Journal of Surgery, 28(4).

Akyol, A. D., ve ark. (2020). Cerrahi hastalarda beslenme ve yara iyileşmesi ilişkisi. Klinik Bilimler Dergisi, 12(3), 145–152.

Australian Wound Management Association. (2010). Standards for wound management. AWMA.

Aygın, D., & Marul, S. (2016). Cerrahi hastalarda yara bakımı ve enfeksiyon kontrolü. Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi, 13(2), 85–92.

Centers for Disease Control and Prevention. (2017). Guideline for the prevention of surgical site infection. CDC.

Çelik, S. (2021). Yara bakımı ve yönetimi. Akademisyen Kitabevi.

Ecer, S., & Yavuz Van Giersbergen, M. (2022). Cerrahi hastalarda normotermi yönetimi. Hemşirelikte Güncel Yaklaşımlar, 5(2), 90–98.

Eyi, S. (2023). Hemşirelerin yara bakım bilgi düzeyi ve uygulamaları. Sağlık Bilimleri Dergisi, 32(1), 45–53.

Ferreira, A. M., ve ark. (2014). Nurses' knowledge in wound care. Revista de Enfermagem, 22(3), 321–327.

Gillespie, B. M., Chaboyer, W., Kang, E., ve ark. (2013). Postoperative wound care practices: A systematic review. Journal of Clinical Nursing, 22(5–6), 635–648.

Gillespie, B. M., Walker, R., & McInnes, E. (2020a). The role of nurses in surgical wound management. Journal of Wound Care, 29(3), 154–161.

Gillespie, B. M., ve ark. (2020b). Wound healing and classification. International Wound Journal, 17(2), 345–356.

Gonzaga de Faria, J., ve ark. (2016). Wound care knowledge among nurses. International Journal of Nursing Practice, 22(4), 412–418.

International Wound Infection Institute. (2022). Wound infection in clinical practice: Principles of best practice. IWII.

Kalkan, N., & Karadağ, A. (2017). Cerrahi yara iyileşmesini etkileyen faktörler. Türkiye Klinikleri Cerrahi Hemşireliği, 3(1), 15–22.

Kielo, E., Suhonen, R., & Stolt, M. (2020). Nurses' competence in wound care: A systematic review. Journal of Wound Care, 29(6), 324–331.

Kosugi, C., Koda, K., Shimizu, H., Yamazaki, M., Shuto, K., Mori, M., Usui, A., Nojima, H., Endo, S., Yanagibashi, H., Arimitsu, H., Tochigi, T., Sazuka, T., Hirota, M., & Kuboki, H. (2024). A randomized trial of ionic silver dressing to reduce surgical site infection after gastrointestinal surgery. Annals of Surgery Open, 5(1), e402. https://doi.org/10.1097/AS9.0000000000000402

Majid, E., Pathan, S., Zuberi, B. F., Rehman, M., & Malik, S. (2023). Comparison of honey and povidone iodine dressings in post-cesarean surgical site wound infection healing. Pakistan Journal of Medical Sciences, 39(6), 1803–1808. https://doi.org/10.12669/pjms.39.6.7499

McCluskey, A., & McCarthy, G. (2012). Nurses' knowledge and attitudes in wound care. Nurse Education Today, 32(5), 567–572.

Mert Boğa, S. (2019). Kanıta dayalı hemşirelik uygulamaları. Nobel Tıp Kitabevleri.

National Institute for Health and Care Excellence. (2017). Surgical site infections: Prevention and treatment (NG125). NICE.

National Institute for Health and Care Excellence. (2024). Surgical site infections: Updated guideline. NICE.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). Yara bakımında güncel yaklaşımlar rehberi. Sağlık Bakanlığı Yayınları.
Turhan Damar, H., & Ögce Aktaş, Z. (2022). Cerrahi komplikasyonların hemşirelik yönetimi. Cerrahi Hemşireliği Dergisi, 6(1), 22–30.
Valent, A. M., DeArmond, C., Houston, J. M., Reddy, S., Masters, H. R., Gold, A., Boldt, M., DeFranco, E., Evans, A. T., & Warshak, C. R. (2017). Effect of post-cesarean delivery oral cephalexin and metronidazole on surgical site infection among obese women. JAMA, 318(11), 1026–1034. https://doi.org/10.1001/jama.2017.10567
Wells, C. I., Ratnayake, C. B., Perrin, J., & Pandanaboyana, S. (2019). Prophylactic negative pressure wound therapy in closed abdominal incisions: A meta-analysis. World Journal of Surgery, 43(11), 2779–2788.
Whitley, A., Baláž, P., Kavalírek, J., Hanusová, J., & Gürlich, R. (2024). Evaluating the impact of an antimicrobial silver-impregnated surgical dressing on wound infections and healing. Wound Repair and Regeneration, 32(1), 67–73.
Wilson, A. P. R., Weavill, C., Burridge, J., & Kelsey, M. C. (1986). The use of the ASEPSIS wound scoring method. Journal of Hospital Infection, 8(3), 189–196.
World Health Organization. (2018). Global guidelines for the prevention of surgical site infection. WHO.
Zhang, L. H., Wu, J. L., Zhang, Q., Li, N. M., & Li, W. Y. (2024). Effect of evidence-based nursing on surgical site infection after cesarean section: A meta-analysis. International Wound Journal, 21(2), e14688.
Zhang, R., & Sun, R. (2025). Comparison of clinical outcomes of hydrofiber and standard dressings in postoperative wounds: A meta-analysis. Frontiers in Surgery, 12, 1684840. https://doi.org/10.3389/fsurg.2025.1684840

BAKARA SÛRESİ'NDE GEÇEN MİNNET İÇERİKLİ AYETLERİN BEYAN'UL HAK TEFSİRİ BAĞLAMINDA YORUMLANMASI

Feyza AKYÜZ
Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Temel İslam Bilimleri Bölümü, Tefsir, Kırıkkale, Türkiye
ORCID ID: 0009-0006-3560-1078

ÖZET
Kur'an terminolojisinde minnet kavramı, iki temel düzlemde karşımıza çıkmaktadır. Birincisi, Allah'ın kullarına hidayet, rızık ve varlık lütfetmesi olarak tanımlanan ve "nimet" olarak adlandırılan pozitif minnet; ikincisi ise insanın yaptığı bir iyiliği hatırlatarak muhatabını manevi baskı altına alması anlamındaki negatif minnettir. Günümüzde toplumsal hayatta sıkça karşılaşılan negatif minnet davranışları, özellikle genç nesiller arasında ilahi söylemle ilgili çeşitli soru işaretlerine ve iman noktasında önyargılara sebep olmaktadır. "Allah'ın hiçbir şeye ihtiyacı yokken, istediği zaman verebilecek ve istediği zaman alabilecekken, tüm nimetler karşısında irade vererek insanı özgür bırakmışken neden nimetlerini hatırlatma gereği duyar?" sorusu bu çalışmanın temel çıkış noktasını oluşturmaktadır.
Bu çalışmanın amacı, yeni nesil tefsir metodolojisinin önemli isimlerinden biri olan Zeki Duman'ın *Beyânu'l-Hak* adlı tefsiri bağlamında, Bakara Suresi'ndeki minnet içerikli ayetleri incelemektir. Çalışma kapsamında, bu iki uçlu kavramın özellikle surede sıklıkla zikredilen İsrailoğulları üzerinden nasıl aktarıldığı ve toplumsal ahlakın inşasındaki rolü ortaya konulmaktadır. Ayrıca, Allah'ın nimetlerini hatırlatması ile insanlar arasındaki "başa kakma" davranışı arasındaki mahiyet farkı karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Analizler sonucunda, kastedilenin bir minnet mi yoksa minnettarlık mı olduğu sorusu tefsir ekseninde açıklanmaya çalışılmaktadır.
Anahtar kelimeler: Minnet, Nimet, Başa Kakma, Bakara Suresi, Zeki Duman, Tefsir

INTERPRETATION OF VERSES CONTAINING "MINNET" (FAVOR/OBLIGATION) IN SURAH AL-BAQARAH WITHIN THE CONTEXT OF BEYÂNU'L-HAK TAFSIR

ABSTRACT
In Quranic terminology, the concept of "minnet" (favor/obligation) appears in two fundamental dimensions. The first is positive favor, referred to as "nimet" (blessing), which signifies God bestowing guidance, sustenance, and existence upon His servants; the second is negative favor, meaning a person's act of reminding someone of a good deed to exert psychological pressure. Today, negative favor behaviors encountered in social life cause various question marks and prejudices regarding faith, especially among the younger generation. The starting point of this study is the question: "Why does God feel the need to remind His blessings when He is Almighty and in need of nothing?".
The main objective of this study is to examine the verses containing the theme of favor in Surah Al-Baqarah within the context of *Beyânu'l-Hak*, a tafsir by Zeki Duman, one of the new generation tafsir scholars. This study reveals how this two-pronged concept is conveyed through the Israelites, frequently mentioned in the Surah, and its role in the construction of social morality. Furthermore, the act of God reminding His blessings is distinguished from the act of people reminding each other of their favors in social life. While comparing these

behavioral patterns, the differences that emerge are analyzed to clarify whether what is intended is "minnet" (obligation) or "minnettarlık" (gratitude).
Keywords: Favor, Blessing, Reproach, Surah Al-Baqarah, Zeki Duman, Tafsir.

GİRİŞ

Kur'an-ı Kerim lafzıyla ve manasıyla mucize; aynı zamanda evrensel bir kitaptır. İçerisinde bahsi geçen her konu, her hikâye ve her kelime anlaşılmaya ve içinde bulunduğu zamana hitap etmeye muhtaçtır. Sözden murad edilen mana ancak sözün sahibi tarafından bilinebilir. Muhataplara düşen sözü anlamaya çalışmaktır. Bu anlama çabasında muhatabın dili, bilgisi, psikolojik yeterliliği, kültürü, sosyal ve ekonomik düzeyi gibi etkenler oldukça önemlidir. Söz konusu, sahibi Allah olan bir sözü anlamaya çalışmak olduğunda söylediğimiz her şey doğrusunu Allah'ın bileceği bir tahminden öteye geçemez.

Kur'an-ı Kerim asırlar önce Allah tarafından gönderilmiş bir kitaptır. Asırlar önce gönderilen bir kitabın bugün geçerliliğini koruyamayacağını düşünen bazı çevrelerce, Kur'an'ın bütünlüğü, siyak-sibak, nâs, yorum, yorumcunun niteliği, Kur'an'ın evrenselliği gibi konular göz ardı edilerek, Kur'an'da çelişki, hata, eksik bulmaya çalışılmaktadır. Bu konulardan biri de Allah'ın nimetlerini hatırlattığı ayetlerdir. Allah neden yaptığını anlatıyor, neden başa kakıyor, sorusudur. Bizim de konuyu seçmekteki amacımız; Allah'ın Kur'an'da nimetlerini hatırlatmasıyla toplumsal hayatta insanların yaptıkları iyilikleri birbirlerine hatırlatması eylemini birbirinden ayırmaktır. İnsanlar arasında olan bu etkileşime "başa kakma" derken, söz konusu Allah olduğunda neden "nimet" olarak anlarız? Kastedilen "minnet" midir yoksa "minnettarlık" mı? Bunu açıklamaya çalışacağız.

Kur'an'da minnettarlık konusuyla alakalı yapılmış bir tez çalışması yoktur. Yazılmış az sayıda makale mevcuttur. Bunlardan biri Ahmet Özdemir, "Allah'ı ve Resulünü Minnet Altında Bırakmak" makalesidir. Bu makale Hucûrat Sûresi 17. Ayet bağlamında bedevilerin Müslüman oluşlarını peygamberin, dolayısıyla da Allah'ın başına kakmaları ve Müslüman olmalarını bir nimet sayarak ayrıcalık beklemeleri üzerinedir. Bizim amacımız ise Allah'ın yaptıklarını başa kaktığı iddiasına bir cevap verebilmektir. Bir başka çalışma da Davut Şahin, "Kur'an'da Genel Anlamlı Bir Kelime: Nimet" makalesidir. Bu makalede de "nimet" ifadesinin şahıslara, bağlama ve zamana göre ne ifade ettiği üzerinde durulmuştur. Kavramsal olarak açıklanmıştır. Bu makalelere de çalışmamızda yer verdik.

Erciyes Üniversitesi'nde okuduğum yıllarda tefsir derslerimize giren hocamız Zeki Duman, Beyânu'l-Hak isimli eserini altı yılda yazdığını biz öğrencilerine ifade etmiştir. Eser, nüzul sırasına göre yazılmış olup üç cilttir. Sade, anlaşılır ve akıcı bir dille yazılan eser Zeki Duman'ın yenilikçi bakış açısından ve yaşadığı sosyo-kültürel ortamdan izler taşımaktadır. Kendisini her daim geliştiren hocamız, yaptığı bu ve diğer çalışmalarıyla bizlere kıymetli eserler bırakmıştır. Bizlerden hayatımız boyunca en az bir kez Kur'an-ı Kerim'i kelime kelime, anlayarak okuyacağımıza dair söz almıştır. Vermiş olduğumuz sözden hareketle, bu çalışma akademik olmasının yanı sıra merhum Zeki Duman hocamıza bir minnettarlık ifadesidir.

İki bölümden oluşan bu çalışmanın 1. Bölümünde "minnet" kavramı ve ilişkili kavramlar ile Mehmet Zeki Duman'ın hayatından kısaca bahsedilecektir. 2. Bölümde ise Bakara Sûresi'ndeki' minnet içerikli ayetler Beyânu'l-Hak adlı eser bağlamında ele alınacaktır.

1.BÖLÜM: MİNNET KAVRAMI VE İLİŞKİLİ KAVRAMLAR İLE MEHMET ZEKİ DUMAN

Bu bölümde Minnet kavramı ve ilişkili kavramlar ile Prof. Dr. Mehmet Zeki Duman'ın hayatı, çalışmamızda yararlandığımız tefsiri ve diğer eserleri hakkında kısaca bilgi vereceğiz.

1.1. Minnet Kavramı ve İlişkili Kavramlar

Konumuzla alakalı bir kavram olan minnet ve bu kavramla ilişkili olduğunu düşündüğümüz nimet, şükür, minnettar ve başa kakma kavramlarını açıklamaya çalışacağız.

1.1.1.Minnet

Arapça kökenli *"minnet"* kelimesi yapılan bir iyiliğe karşı kendini borçlu sayma, gönül borcu anlamına gelmektedir.[28]

Kök itibariyle iyilikte bulunmak, karşılık beklemeyen birine yapılan iyilik, noksanlaştırmak, müslüman olmayan esiri serbest bırakmak; kesmek, sona erdirmek anlamlarına gelen menn kelimesi, mazeretleri sona erdirdiği için 'ölüm' anlamında kullanılan 'menûn' kelimesiyle de aynı kökten gelmektedir. Minnet de bu anlamdadır. Kesmek anlamı üzerinden hareketle birine yapılan iyiliği kesmek, sona erdirmek manası çıkmaktadır. İhtiyacı gidermesine rağmen, başa kakıldığı zaman şükrü de keser yok eder, anlamında kullanılmaktadır.[29]

1.1.2.Nimet

"İyilik, lütuf, ihsan, yaşamak için gerekli her şey; yiyecek içecek, özellikle ekmek. Yararlanılan imkân gibi anlamlara gelir.[30]

Kur'an-ı Kerim'de nimet, bazı ayetlerde Allah'ın kullarına dünyada nasip ettiği iman olarak geçerken bazı ayetlerde ise ahirette lütfettiği cennet olarak geçmektedir. Muhatap açısından bakıldığında ise nimet, insanlar için Allah'ın sunduğu her türlü imkân, inananlar için her türlü manevi destek, peygamberler için ise nübüvvet anlamında kullanılmaktadır.[31]

1.1.3.Şükür

Allah'a duyulan minneti dile getirme, mutlu bir olay veya durumdan, yapılan bir iyilikten duyulan hoşnutluğu bildirme, anlamlarına gelir.[32]

Şükür; iyiliği bilip yaymak, iyiliği anıp sahibini övmek, iyiliğe karşı söz ve davranışlarla minnettarlık göstermek, iyiliği iyilikle anmak gibi anlamlara gelir. Hamd de övmek anlamındadır. Ancak hamd; bir nimet karşılığında olabileceği gibi, nimet karşılığında olmaksızın da olur. Mesela Allah'a; vermiş olduğu nimetlerinden dolayı şükrederiz. Nimet verse de vermese de her halükarda hamd ederiz. Buna göre hamd daha geneldir. Şükür ise daha hususi bir anlam ifade eder. Bir de hamd, sadece dil ile olur. Şükür ise dil ile olduğu gibi, kalp ve azalarla da olur. Bu bakımdan da hamd daha hususi, şükür ise daha umumi bir anlam ifade eder.[33]

1.1.4. Minnettar

Birinden gördüğü iyiliğe karşı kendini borçlu sayan, gönül borcu olan kimse; gönül borçlusu anlamına gelir.[34]Minnettar olmak maddi değerden bağımsız, soyut bir değerdir. Karşı tarafa bir teşekkür gibi görünürken aslında kişinin kendine yaptığı bir yatırımdır. İç huzurun temelidir. Aynı zamanda olumsuz bazı duyguların iyi anlamda gelişmesine yardımcıdır.[35]

1.1.5.Başına Kakmak

İyilik yaptığı bir kimseyi, yaptığı iyiliği yüzüne vurarak utandırmaya çalışmak demektir.[36] Başa kakmak minnettarlık duygusunu bastıran bir eylemdir. Yapılan iyiliğin sürekli hatırlatılması,

---

[28] Şükrü Haluk Akalın, *minnet* (Ankara: Türk Dil Kurumu, 2021), "Okullar İçin Türkçe Sözlük", 419.

[29] Ahmet Özdemir, "Allah'ı ve Resulünü Minnet Altında Bırakmak (Hucurât 17. Âyet Özelinde Bir Analiz)", *Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 28/2 (Aralık 2023), 67-82.

[30] Akalın, "Okullar İçin Türkçe Sözlük", 440.

[31] Davut Şahin, "Kur'an'da Genel Anlamlı Bir Kelime: Nimet", *Cumhuriyet İlahiyat Dergisi* 20/2 (15 Aralık 2016), 207-234.

[32] Akalın, "Okullar İçin Türkçe Sözlük", 586.

[33] Durak Pusmaz, "Kur'an'da Şükür Kavramı", *Diyanet İlmi Dergi* 35/3 (1999), 65.

[34] Akalın, "Okullar İçin Türkçe Sözlük", 419.

[35] https://kemalsayar.com/haftanin-yazisi/minnettar-olmanin-psikolojisi

[36] Komisyon, Altın Atasözleri ve Deyimler Sözlüğü, Altın Kitaplar Yayınevi, 59. Baskı, İstanbul, 2022.

içten gelerek yapılan her türlü şükran ifadesinin, zoraki yapılan karşılık verme eylemine dönüşmesine sebep olur. Bu, daha önce bahsettiğimiz iç huzurunu bozarken, samimiyete de engel olur.

1.2.Mehmet Zeki Duman

1.2.1.Hayatı

Prof. Dr. Mehmet Zeki Duman 01.01.1952 yılında Sivas'ın Şarkışla ilçesine bağlı Gümüştepe Köyü'nde doğmuştur. İlkokulu Gümüştepe'de, orta öğretimin ise bir kısmını Sivas'ta diğer kısmını da Kayseri İmam Hatip Lisesi'nde okumuş ve 1969 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl eylül ayında fark derslerini vererek Kırşehir Atatürk Lisesi'nden diplomasını almıştır.

1973 yılında Kayseri Yüksek İslâm Enstitüsü'nden mezun olmuştur. 1973 - 1977 yılları arasında Kırklareli İmam Hatip Lisesi'nde meslek dersleri öğretmenliği ve müdür yardımcılığı yapmıştır. 13 Nisan - 31 Ekim 1975 tarihleri arası Isparta'da kısa dönem askerlik görevini yapmıştır. 26 Haziran 1977 yılında da Kayseri Yüksek İslâm Enstitüsü'ne Tefsir Bölümü asistanı olarak atanmıştır. 18 Nisan 1984 tarihinde Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Tefsir Anabilim Dalı'ndan doktorasını yapmış, 25 Kasım 1987 tarihinde doçentlik ve 11 Haziran 1993 tarihinde de profesörlük unvanlarını almıştır. 2 Ekim 2009 - 31 Aralık 2012 yılları arası Erciyes Üniversitesi İlahiyat Fakültesi dekanlığı görevinde bulunan Mehmet Zeki Duman, Erciyes Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Temel İslâm Bilimleri Bölümü Tefsir Anabilim Dalı Başkanı olarak görevini yapmakta iken 10 Temmuz 2013 Çarşamba günü elim bir trafik kazasında Hakk'ın rahmetine kavuşmuştur.[37]

1.2.2.Tefsiri ve Diğer Eserleri

Çalışmamızı kendisinden faydalanarak hazırlayacağımız Prof. Dr. Mehmet Zeki Duman'ın 2006 yılında tamamladığı Beyânu'l Hak tefsiri ilk olarak Fecr Yayınevi'nde yayımlanmıştır. Sûrelerin nüzûl sırasına göre tefsir edildiği bu eserde ilk olarak Fatiha sûresi, son olarak ise Nasr sûresi tefsir edilmiştir. Sûre sıralamalarının Hz. Osman Mushafına göre yapıldığı ve yer yer bazı sûrelerin sıralamasında değişikliğe gidildiği belirtilen eserin ilk iki cildinde Mekkî, son cildinde ise Medenî sûreler tefsir edilmiştir. Eserin son cildinde ayrıca sûrelerin Mushaf tertibine, nüzul sırasına ve alfabetik sıraya göre olmak üzere üç tabloya yer verildiği görülmektedir. Eserin her cildinin sonunda anahtar kelimelerin anlamlarını içeren kısa bir sözlüğe de yer verilmiştir**.**

Fatiha Sûresi'nin mealine önsöz olarak yer verildiği görülen eserde on yedi sayfalık bir giriş yer almaktadır.

Eserde her sûrenin girişinde sûrenin nerede ve ne zaman indiği, ismi, âyet sayısı, Hz. Osman ve Ebûbekir'in Mushaflarındaki sıralamaları ve içeriği hakkında bilgi verilmiştir. Ağırlıklı olarak âyetin âyetle tefsiri metodunun uygulandığı eserde yer yer hadisle tefsir metoduna da başvurulmuştur. Eserde yer yer kelimelerin kökü ve anlamları hakkında da bilgi verilmiştir.[38]

Bu eserin dışında; ahlakî değerler ve insan davranışlarının sosyal hayattaki karşılığı olan âdâb-ı muaşeretin öneminden bahsettiği Kur'an-ı Kerim'de Adâb-ı Muâşeret,[39] Kur'an'ı anlamanın kendine özgü yöntemleri olduğunu ve bu yöntemlere de "Tefsir Usulü" denildiğini belirten Duman, 1985 yılından beri tefsir usulü ile ilgili peyderpey yaptığı çalışmaların tamamından

[37] Mehmet Kaya, "Prof. Dr. M. Zeki Duman ve İlmi Çalışmaları", *Marife Dini Araştırmalar Dergisi* 21/1 (30 Haziran 2021), 4-5.

[38] M. Zeki Duman, *Beyânu'l-Hak (Kur'an-ı Kerîm'in Nüzûl Sırasına Göre Tefsiri)* (Ankara: Fecr Yayınları, 2006).

[39] M. Zeki Duman, *Adâb-ı Muaşeret Görgü Kuralları* (İpek Yayın Dağıtım, 2003).

oluştuğunu ifade ettiği Uygulamalı Tefsir Usulü ve Tefsir Tarihi,[40] Kur'an'ı anlamak için yapılması gerekenlere değinilen Nüzulünden Günümüze Kur'an ve Müslümanlar,[41] vahyin, insanlarla iletişime geçmek için Allah tarafından kullanılan bir yöntem olduğundan ve Kur'an'ı anlamanın sünneti de bilmeyle doğrudan ilişkili olduğundan bahseden Vahiy Gerçeği,[42] Fâtiha, Nûr, Ahzâb, Hucurât ve Mümtehine Sûreleri'nin sosyal içerikli ayetlerinin tefsirinin yapıldığı Beş Sûrenin Tefsiri,[43] örtünmenin kadın ve erkek için bireysel/sosyal bir gereklilik olduğunu; hükümlerinin de köle-hür ayrımı olmaksızın herkesi kapsadığını anlattığı Kur'an-ı Kerim'de Örtünmenin Sınırları,[44] Erciyes Üniversitesi Konferans Salonunda tüp bebek konusunda verilen konferans sonrasında İslâm'ın bu konuda nasıl bir tavır aldığı yönündeki soruların ardından kaleme aldığı Kur'an-ı Kerim ve Tıbba Göre İnsanın Yaratılışı ve Tüp Bebek Hadisesi,[45] vefatından hemen önce, namaz bilincini artırmayı hedeflediğini söylediği, 2013 yılında yayımlanan son eseri İslâm'da Namaz ve Teheccüd[46] kitapları mevcuttur.

Hakk'tan Halka Kelâmullah, İslâm'ın Üzerindeki Beş Gölge (Nesh, Recm, Köle ve Cariye, Ehl-i Beyt ve Hz. İsa'nın Dönüşü) eserleri de vefatından sonra çocukları tarafından yayımlanan eserleridir.

2. BÖLÜM: BAKARA SÛRESİ'NDE MİNNET İÇEREN AYETLERİN BEYÂNU'L HAK BAĞLAMINDA YORUMLANMASI

Bakara Suresi medeni bir suredir. 286 ayettir. İçerisinde geçen "bakara" kıssasından ötürü bu ismi almıştır. Bu sûrede iman esasları, insanın yaratılışı, namaz, oruç, hac, borçlar, boşanma gibi pek çok konudan bahsedilmiştir. Allah'ın nimetlerini hatırlattığı ayetler Kur'an'da birçok yerde karşımıza çıkmaktadır ancak Kur'an'ın tamamını incelemek bu çalışma için mümkün olmadığından Kur'an'ın özeti niteliğinde olan ve içerisinde İsrailoğulları'na verilen nimetlerden bahseden Musa Kıssası'nı ve farklı konuları barındıran Bakara Sûresi'ni seçmeyi uygun bulduk. Bu sûrede geçen minnet içerikli ayetleri Beyânu'l Hak bağlamında yorumlayacağız.

2.1.Bakara Sûresi'nde Allah'ın Hatırlattığı Nimetler

Minnet kavramı ve ilişkili kavramları daha önce açıklamıştık. Bir minnetten söz edebilmek için ortada bir nimetin olması gerekir. Bu bağlamda Bakara Sûresi'nde Allah'ın nimetlerini hatırlatmak suretiyle vermiş olduğu mesajı anlamaya çalışacağız.

2.2.Bakara Sûresi'nde Allah'ın İsrailoğulları'na Hatırlattığı Nimetler

İlk olarak Bakara Sûresi içerisinde anlatılan Musa Kıssası özelinde Allah'ın İsrailoğulları'na verdiği nimetleri nimet-şükür ilişkisiyle ele alacağız.

2.2.1. Âlemlere Üstün Olma Nimeti

"Ey İsrailoğulları! Size verdiğim nimeti hatırlayın. Bana verdiğiniz sözü yerine getirin ki ben de size verdiğim sözü yerine getireyim. Yalnız benden korkun."[47]

Zeki Duman, bu ayette "İsrail" kelimesi üzerinde durmuş ve kelimenin Arapçadaki Abdullah ismiyle aynı terkipte ve aynı anlamda olduğunu ifade etmiştir. "İsr" ve "iyl" kelimelerinden mürekkep bir isim tamlaması olan İsrail, "Allah'ın kulu" demektir. İsr" kul, "ıyl" ise Allah anlamındadır ve aynı zamanda Hz. Yakub'un lakabıdır. Kur'an'da "İsrailoğulları" sözüyle de

[40]M. Zeki Duman, *Uygulamalı Tefsir Usulü ve Tefsir Tarihi (Başlangıcından Tedvin Dönemine Kadar)* (Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları, 1992).

[41] M. Zeki Duman, *Nüzulünden Günümüze Kur'an ve Müslümanlar* (Fecr Yayınevi, 2010).

[42] M. Zeki Duman, *Vahiy Gerçeği* (Fecr Yayınları, 1997).

[43] M. Zeki Duman, *Beş Surenin Tefsiri Sosyal Muhtevalı* (Ankara: Fecr Yayınevi, 1999).

[44] M. Zeki Duman, *Kur'an-ı Kerim'de Örtünmenin Sınırları* (İpek Yayın-dağıtım, 2008).

[45] Kaya, "Prof. Dr. M. Zeki Duman ve İlmi Çalışmaları", 658.

[46] M. Zeki Duman, *İslâm'da Namaz ve Teheccüd* (Ankara: Fecr Yayınları, 2013).

[47] el-Bakara 2/40. (Ayet mealleri "Hayreddin Karaman, *Kur'an yolu: Türkçe Meâl ve Tefsir* (Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı, 2007)" adlı çalışmadan aktarılmıştır.)

Hz. Yakub'un soyundan gelenler kastedilmiştir. Hatırlanması istenen nimetler bu ayetten itibaren tek tek sayılacaktır."[48]

"Ey İsrailoğulları! Size verdiğim nimetimi ve (bir zamanlar) sizi cümle âleme üstün kıldığımı hatırlayın."[49]

Yüce Allah, Hz. İbrahim'den sonra gönderdiği peygamberleri İsrailoğulları'ndan seçmiştir. Onlara sayısız nimet vermiş, çokça müsamaha göstermiştir.[50] Bu ayette bahsedilen nimetten, Allah'ın İsrailoğulları'nı kendi dönemlerinde üstün ve seçkin bir millet kıldığı anlaşılmaktadır.

2.2.2. İşkenceden Kurtulma Nimeti

"Hani, sizi azabın en kötüsüne uğratan, kadınlarınızı sağ bırakıp, oğullarınızı boğazlayan Firavun ailesinden kurtarmıştık. Bunda, size Rabbinizden (gelen) büyük bir imtihan vardı."[51]

Bu ayet, Arâf Sûresi 141. ayette yeniden hatırlatılmakta ve *"Siz bütün bunları ne çabuk unuttunuz"*[52] buyurulmaktadır. Zeki Duman bu ayetleri" Onlar bunca zillet ve meskenete boyun mu eğecekler, yoksa örnek bir kimlik ve kişilik mücadelesi vererek, insani haklarını savunmak üzere ayağa mı kalkacaklar, şeklinde iki yönlü bir sınava tabii idiler. Anlaşılıyor ki Allah onların "böyle yaşamaktansa haklarımızı savunarak ölmek daha yeğdir" demelerini beklemekteydi. Çünkü her zulmün bir tahammül sınırı vardır."[53] Şeklinde açıklamaktadır.

Burada bahsedilen Firavun'un gördüğü rüya üzerine geleceğinden endişe ederek doğan erkek çocuklarını öldürtmesi meselesidir. Günahsız bebeklerin boğazlanarak öldürülmesi zulmün alçakça şekillerinden biridir. Yukarıdaki ayette Zeki Duman "imtihan" olgusuna vurgu yaparak zulme boyun eğme veya ayağa kalkma arasındaki tercihten bahsetmiştir. Tercih edilmesi gerekenin ayağa kalkmak olduğu fikrini öne sürmüştür.[54]

Bu ifadeler, bugünkü firavunlarca Filistin'e yapılan zulmü hatırlatmaktadır. Bir imtihan vardır ancak bu imtihan Filistinliler'in hakkını arama ve dik duruşu konusunda değildir. Çünkü onlar savaş, daha doğrusu soykırım karşısındaki tavırlarıyla tüm dünyaya örnek olmuş; bu sayede canları pahasına tebliğlerini tamamlamışlardır. Aslında bu imtihan, zulme seyirci kalan diğer müslümanlar içindir.

2.2.3. Musa ve Kavminin Firavun ve Askerlerinden Kurtulma Nimeti

"Hani, sizin için denizi yarmış, sizi kurtarmış, gözlerinizin önünde Firavun ailesini suda boğmuştuk."[55]

Bu ayette hatırlatılan nimet, Kızıldeniz'in önlerine kadar gelen Musa ve kavminin Allah'ın izniyle, denizin asayla ikiye bölünmesi suretiyle Firavun ve askerlerinden kurtarılmasıdır. Firavun'un da aynı denizde boğulmasıdır. "*Musa ve beraberinde olanların hepsini kurtardıktan sonra ötekilerini suda boğduk*"[56]

2.2.4.Buzağıya Tapınma Günahını Affetme Nimeti

"*Hani, biz Mûsâ ile kırk gece için sözleşmiştik. Sizler ise onun ardından (kendinize) zulmederek bir buzağıyı tanrı edinmiştiniz. Sonra bunun ardından şükredesiniz diye sizi affetmiştik. Hani, doğru yolu tutasınız diye Mûsâ'ya Kitab'ı (Tevrat'ı) ve Furkan'ı vermiştik.*" [57]

Allah, Hz. Musa'ya Tevrat'ı yazdırmak için onu önce otuz günlüğüne Sina Dağı'na çağırmış, ardından on gün daha eklemiştir. Musa gecikince kavmi ellerindeki altınları Samiri'ye

[48] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/25.
[49] el-Bakara 47.
[50] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/26.
[51] el-Bakara 49.
[52] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 1/279.
[53] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 1/279.
[54] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 1/279.
[55] el-Bakara 2/50.
[56] eş-Şuara 26/65,66.
[57] el-Bakara 2/51-53.

vermiştir. Samiri bu altınları eritmiş ve altından bir buzağı heykeli yapmıştır. Heykelin tanrıları olduğunu söyleyerek halkı buzağıya tapınmaya davet etmiştir. Bu ayette Musa'nın kavminin, peygamberin kısa bir süre yokluğunda hemen eski alışkanlıklarına dönmelerinin ardından yeniden affedildikleri ifade edilmektedir. Ayrıca " Furkan" kelimesi ayırt etti, seçti, temiz etti" anlamına gelen "feraka" kökünden türemiştir. "Furkan" kavramı Kur'an'da genellikle, hak ile batılı, doğru yol ile yanlış yolu, hayır ile şerri, iyi ile kötüyü, ayırt etmek ve ayırt edici anlamlarında kullanılmıştır. Bu yüzden Tevrat, İncil ve Kur'an'ın diğer adı da Furkan'dır.[58]

"*Mûsâ kavmine dedi ki: "Ey kavmim! Sizler, buzağıyı ilah edinmekle kendinize yazık ettiniz. Gelin yaratıcınıza tövbe edin de nefislerinizi öldürün (kendinizi düzeltin). Bu, Yaratıcınız katında sizin için daha iyidir. Böylece Allah da onların tövbesini kabul etti. Çünkü o, tövbeleri çok kabul edendir, çok merhametlidir*."[59]

Bu ayetler buzağıya tapınmalarından sonra Allah'ın onları yeniden affettiğini ifade eden ayetlerdir. Hz. Musa burada kavmine cezayı hak ettiklerini ancak eğer kendilerini düzeltirlerse Allah'ın onları affedebileceğini söylemektedir. "*Nefislerinizi öldürün"* ifadesinden maksat ise birbirlerini öldürmeleri değildir. Zaten öldürdüklerine veya böyle bir teşebbüste bulunduklarına dair bir bilgi de yoktur. Bu bir cezalandırma yöntemi ya da bir tövbe şekli de değildir. Burada kastedilen buzağıya tapınma duygusunun, kalplerden ve zihinlerden silinmesi eylemidir. Tevhide aykırı davranışlardan uzaklaşılmasıdır."[60]

Bu pasajdaki nimet İsrailoğulları'nın Allah'ı bırakıp buzağıyı ilah edinmelerinden sonra bile Allah tarafından yeniden affedilmiş olmalarıdır.

2.2.5. Ölümden Sonra Diriltme, Bıldırcın Eti ve Kudret Helvası Nimeti

"*Hani siz, "Ey Mûsâ! Biz Allah'ı açıktan açıkça görmedikçe sana asla inanmayız" demiştiniz. Bunun üzerine siz bakıp dururken sizi yıldırım çarpmıştı. Sonra, şükredesiniz diye ölümünüzün ardından sizi tekrar dirilttik. Bulutu üstünüze gölge yaptık. Size, kudret helvası ile bıldırcın indirdik. "Verdiğimiz rızıkların iyi ve güzel olanlarından yiyin" (dedik). Onlar (verdiğimiz nimetlere nankörlük etmekle) bize zulmetmediler fakat, kendilerine zulmediyorlardı."*[61]

Kur'ân'da İsrailoğulları'na bıldırcın eti ve kudret helvası indirildiği haber verilmektedir. "Menn" kelimesi nimet anlamına gelse de müfessirlerin çoğunluğu bu ayetteki anlamının kudret helvası olduğu görüşündedir. Her sabah namazı vaktinde güneşin doğuşuna kadar gökten kudret helvası yağmakta, her kişiye üç kg kadar düşmektedir. Sütten beyaz, baldan tatlı bu yiyecek aynı gün tüketilmekte ertesi güne kaldığında bozulmaktadır. Daha da önemlisi bu nimetler için hiçbir çaba harcamamış olmalarıdır. Aynı zamanda Kudret helvası daha önce o bölgede bilinmeyen bir yiyecek türüdür. Özel bir yiyecek olması anlamında da bir nimettir. İsrailoğulları Allah'tan ekmek ve et istemişler, Allah da onlara kudret helvası ve bıldırcın eti vermiştir.[62] İstediklerinden daha özel ve güzel bir nimetle rızıklandırılmışlardır.

Bu ayetlerde de Allah Ölümün ardından yeniden diriltmek, gölge yapmak, kudret helvası ve bıldırcın eti nimetlerini saymaya devam etmektedir.

2.2.6. Kayadan On iki Pınardan Su Çıkması Nimeti

"Hani, Mûsâ kavmi için su dilemişti. Biz de, "Asanı kayaya vur" demiştik, böylece kayadan on iki pınar fışkırmış, her boy kendi su alacağı pınarı bilmişti. "Allah'ın rızkından yiyin, için. Yalnız, yeryüzünde bozgunculuk yaparak fesat çıkarmayın" demiştik. Hani, "Ey Mûsâ! Biz bir

[58] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/26-27.
[59] el-Bakara 2/54.
[60] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/26-27.
[61] el-Bakara 2/55.
[62] Özdemir, "Allah'ı ve Resulünü Minnet Altında Bırakmak (Hucurât 17. Âyet Özelinde Bir Analiz)".

çeşit yemeğe asla katlanamayız. O halde, bizim için Rabbine yalvar da, o bize yerden biten sebze, kabak, sarımsak, mercimek, soğan versin" demiştiniz."[63]

Hz Musa İsrailoğulları'nı 12 kabileye ayırmıştı. Yakub'un 12 oğlundan hareketle başvurulan bu durum yönetimi de kolaylaştırıyordu. Her kabilenin başında bir yönetici bulunmaktaydı. Yusuf peygamber zamanında Filistin'den Mısır'a gelmişlerdi. İsrailoğulları zaman içerisinde köleleştirilmiş, puta tapan bir toplumdur. Aynı soydan gelen Musa peygamber Firavun'un sarayında yetişmiş, İsrailoğulları'nı kurtarmak ve Tevhid inancına davet etmek için Allah tarafından seçilmiş olan bir kişidir. Musa, İsrailoğulları'nı zulümden kurtarmış ve bir süre çölde yaşadıktan sonra Filistin'e geri dönmüşlerdir. Hz Musa'dan sonra aynı soydan gelen Davut ve oğlu Süleyman vasıtasıyla Tevhid dininin tebliği devam etmiştir. Yahudi; kendilerini Yakub'un 12 oğlundan sadece Yuda veya Yahuday'a nispet eden ve Yahudilik dinine mensup olanlara verilen addır. Milattan önce 1. asırda Musevilik karıştırılmaya çalışılmış ve Yahudiler İslam'dan saparak ırkçılığı esas alan bir din ortaya koymuşlardır. Onlar İslam'dan saptıktan sonra Allah'ın İsrailoğulları'na gönderdiği her elçiyi ya engellemişler ya da öldürmüşlerdir."[64]

Bu ayetlerde İsrailoğulları için su arayan Musa Peygamber'e Allah, asasını taşa vurmasını emrettiğinde İsrailoğulları'nın 12 kabilesine 12 ayrı pınar vererek nimetlendirildiği anlatılmaktadır. Allah'ın daha önce nimet olarak verdiği bıldırcın eti ve kudret helvası nimetinden sıkılan İsrailoğulları soğan, sarımsak, kabak vb. sebzeler vermesini istemektedirler. Hem çaba harcamadan nimetlendirilmekte hem de bundan sıkılarak yine çaba harcamadan sebze, meyve istemektedirler. Hem buraya kadar saydığımız nimetlerle hem de daha fazlasıyla nimetlendirilen İsrailoğulları'nın bu isteği ihtiyaçtan öte artık şımarıklık boyutuna ulaşmıştır. Buna rağmen nankörlüklerine ve azgınlıklarına devam etmişlerdir. Bu konuyla ilgili Zeki Duman "Mazhar oldukları onca nimete nankörlükle karşılık vermeleri ve ayette de belirtildiği üzere isyan etmeleri Musa'ya ve rablerine karşı küstahça bir tavır takınmaları sebebiyle Allah onlara öfkelendi ve lütfettiği ve lütfettiği nimetleri kesti. Artık onlar için çölde açlık ve sefalet günleri başladı."[65] İfadelerini kullanmaktadır.

2.2.7. Gerçek Suçlunun Ortaya Çıkarılması Nimeti

"*Hani, bir kimseyi öldürmüştünüz de suçu birbirinizin üstüne atmıştınız. Halbuki Allah gizlemekte olduğunuzu ortaya çıkaracaktı. "Sığırın bir parçası ile öldürülene vurun" dedik. (Denileni yaptılar ve ölü dirildi.) İşte, Allah ölüleri böyle diriltir, düşünesiniz diye mucizelerini de size böyle gösterir.*[66]

Bu ayetlerde bahsedilen nimet, öldürülen bir kişinin suçunu birbirlerine atarken Allah'ın olayı açıklığa kavuşturmasıdır. Birçok sıkıntılar yaşayıp geçmişi iyice unutarak kısmen durulan İsrailoğulları'na Allah'ın en son emridir. Bu emirle Allah, tanrılaştırdıkları bir varlığı kesmelerini isteyip bu sayede Allahtan başka tanrı edindikleri varlığı yine kendi elleriyle yok etmelerini sağlayarak kalıcı bir tevhid inşa etmek istemiştir.[67]

Allah'ın İsrailoğulları'na verdiği nimetleri hatırlattığı bu pasajlarda öncelikle dikkatimizi çeken nimet ve şükür arasındaki etki-tepki bağı, nimetlerin, nankörlük edilmesine karşı tekrar tekrar verilmesi ve her defasında istenilen tek şeyin şükür yani nankörlük etmemek olduğu gerçeğidir. Aynı zamanda her yeniden nimet verilişte yeni bir şans da beraberinde gelmektedir. Yeniden başlamak için fırsatlar o gün İsrailoğulları'nın bugün de bizlerin her daim önündedir.

---

[63] el-Bakara 2/60,61.
[64] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/28-29.
[65] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/33.
[66] el-Bakara 2/73,74.
[67] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/33.

2.3. Bakara Sûresi'nde Allah'ın Tüm İnsanlar İçin Hatırlattığı Nimetler

Bakara Sûresi'nde Allah'ın herhangi bir ayrım yapmadan tüm insanlık için yarattığı nimetlerden bahsedeceğiz.

2.3.1.Yeryüzü, Gökyüzü ve Su Nimeti

"O, yeri sizin için döşek, göğü de bina yapan, gökten su indirip onunla size rızık olarak çeşitli ürünler çıkarandır. Öyleyse siz de bile bile Allah'a ortaklar koşmayın." [68]

Bu ayet hakkında Zeki Duman tefsirinde ortaklardan kastedilenin putlar olduğu açıklaması yapılarak nimetler üzerinde durulmamıştır. Ayette açıkça yeryüzünü bir döşek, yani dinlenme yeri, gökyüzünü de bina yani korunma yeri yapmak, gökten su indirerek yaşamın devamını sağlamak eylemleri nimet olarak hatırlatılmaktadır. Buna karşılık Allah'tan başka tanrılar edinmeyin öğüdü verilmektedir.

2.3.2.Yedi Gök Nimeti

"O, yeryüzünde olanların hepsini sizin için yaratan, sonra göğe yönelip onları yedi gök halinde düzenleyendir. O, her şeyi hakkıyla bilendir."[69]

Zeki Duman "sema" kelimesiyle kastedilenin gökyüzü olduğunu ifade etmiştir. Allah bu ayetlerle yeryüzünde olan her şeyi insan için yarattığını söylerken, bununla yetinmeyip semayı da yedi gök halinde yaratarak en mükemmel faydayı insanlığa sunduğunu belirtmektedir.

2.3.3.Güvenli Mekân Kâbe Nimeti

"*Hani, biz Kâbe'yi insanlara toplantı ve güven yeri kılmıştık. Siz de Makam-ı İbrahim'den kendinize bir namaz yeri edinin. İbrahim ve İsmail'e şöyle emretmiştik: "Tavaf edenler, kendini ibadete verenler, rukû ve secde edenler için evimi (Kâbe'yi) tertemiz tutun*."[70]

Zeki Duman bu ayeti Ali İmran suresi 97. ayette geçen "oraya giren kendini güvende hisseder" ayetiyle açıklamıştır. Bu ayette Allah insanlar için güvenli bir yer olan Kâbe'nin bir nimet olduğunu hatırlatmaktadır. Çünkü güven duygusu temel bir ihtiyaçtır. İnsanın yolculuğu güvenli bağlanma ile başlar ve bütün dinler insanın ait olma ihtiyacını karşılamak üzere var olmuşlardır. Allah'ın gönderdiği dinleri kabul etmeyenlerin kendilerine göre bir inanç sistemi benimsemiş olmaları da bu ait olma ihtiyacının bir sonucudur.

2.4.Bakara Sûresi'nde Allah'ın İnananlar İçin Hatırlattığı Nimetler

Bakara Sûresi'nde Allah'ın ahirette kendisine inananları bekleyen nimetlerden bazılarını saydığı ayetleri ele alacağız.

2.4.1.Cennet Nimeti

"İman edip salih ameller işleyenlere, kendileri için; içinden ırmaklar akan cennetler olduğunu müjdele. Cennetlerin meyvelerinden kendilerine her rızık verilişinde, "Bu (tıpkı) daha önce (dünyada iken) bize verilen rızık!" diyecekler. Hâlbuki bu rızık onlara (dünyadakine) benzer olarak verilmiştir. Onlar için orada tertemiz eşler de vardır. Onlar orada ebedi kalacaklardır."[71]

Zeki Duman bu ayette geçen "müteşabih" kelimesini birbirine benzeyen iki şey olarak açıklamış nimetle ilgili bir açıklama yapmamıştır. İnananlar için altlarından ırmaklar akan cennetler nimeti haber verilmektedir. Cennetteki meyvelerin dünyadakine benzer ancak aynı olmadığı vurgulanmıştır.

2.4.2.Ahirette Verilecek Mükâfatlar Nimeti

"Şüphesiz, inananlar (Müslümanlar) ile Yahudiler, Hıristiyanlar ve Sâbiîlerden (her bir grubun kendi şeriatında) "Allah'a ve ahiret gününe inanan ve salih ameller işleyenler için

[68] el-Bakara 2/22.
[69] el-Bakara 2/29.
[70] el-Bakara 2/125.
[71] el-Bakara 2/25.

Rableri katında mükâfat vardır; onlar korkuya uğramayacaklar, mahzun da olmayacaklardır" (diye hükmedilmiştir)."[72]

Zeki Duman tefsirinde, kendilerine din gönderilen her topluluğun, kurtuluşa eren cennetliklerin kendisi olduğunu iddia etmesinin asılsız olduğunu ifade eder. Asıl olan iman edip, salih amellerde bulunmaktır. İslam'ın amacı bir dine veya ırka körü körüne bir bağlılık değil, tatmin olmuş bir kalple Allah'a ve emrettiklerine iman etmektir ve doğru amelde bulunmaktır.[73]

2.5.Allah'ın Nimetlerini Hatırlatmasını "Başa Kakma"dan Ayıran Özellikler

Çalışmamızın başında da bahsettiğimiz gibi Allah'ın nimetlerini hatırlatması, nimet verdiklerini minnet altında bırakmaya çalışması mı, insanların birbirine iyiliklerini hatırlatması veya yaptığı iyiliği yüzüne vurması gibi bir "başa kakma" mıdır? Bu eylemleri birbirinden ayıran özellikler nelerdir? Buraya kadar yaptığımız araştırmanın sonucunda bu sorulara cevap vermeye çalışacağız.

Müddesir sûresindeki "*Yaptığın iyiliği çok görerek başa kakma"*[74] ayeti tek başına bu eylemin yasak oluşunu ifade eder. Kur'an-ı Kerim'de bu içerikte pek çok ayet vardır. Allah bir taraftan başa kakmanın çirkinliğini anlatıp yasaklarken diğer taraftan bunu yapmış olamaz elbette. Kuran'da bahsi geçen bu hatırlatmaları çirkin görünen "başa kakma" dan ayıran hususları anlatmaya çalışalım. Minnet etme ve minnettar olma birbirinden farklı davranış biçimleridir. Bu ilişkiyi iki madde altında inceleyebiliriz.

2.5.1.İnsanın İnsana Karşı Duyduğu Minnettarlık ve İnsanın İnsanı Minnet Altında Bırakması

İnsanın insana minnettarlık duyması iyilik karşılığında içten gelerek veya karşılıksız olarak sebepsiz var olan bir duygu şeklinde olabilir. Bu güzel ve nankörlüğü bertaraf eden bir yaklaşımdır. Ancak söz konusu insanın insanı minnet altında bırakması olduğunda, işte o zaman bir "başa kakma" eyleminden söz ederiz. Çünkü bu eylemde yapılan iyiliği hatırlatma ve iyilik yapılan kişiyi utandırarak beklenti içine girmek vardır. Karşı tarafın mahcubiyeti söz konusudur.

2.5.2.İnsanın Allah'a Karşı Duyduğu Minnettarlık ve Allah'ın İnsanı Minnet Altında Bırakması

İnsanın Allah'a minnettar olması buraya kadar da bahsettiğimiz gibi ve daha fazlasıyla saymaya nefesimizin yetmeyeceği kadar nimete karşı bir gerekliliktir. Sadece varlığımız, minnettar olmamız için yeterlidir. Bizim bu çalışmadaki amacımız olan Allah'ın insanı minnet altında bırakması ise bir "başa kakma" değildir. Çünkü bu eylemi insan-insan ilişkisinden ayıran özellikler vardır:

-"Başa kakma" gücü ve statüsü aynı olan varlıklar arasında olabilir. Çünkü üstünlüğün olmadığı yerde üstünmüş gibi davranmak üstünlük taslamaktır. Gerçek bir farkın olduğu yerde ise buna uygun davranmak edeptir. Bu manada ebeveyn-çocuk arasındaki ilişki de buna benzerdir. Bir statü farkı vardır ve anne babanın çocuğuna hatırlatma, nasihat ve öğretme amaçları içeren minnet ifadeleri "başa kakma" değildir. Öğretmen-öğrenci ilişkisi de buna örnektir. Dolayısıyla Allah'ın kulunu korumak amacıyla şefkatli bir hatırlatma içeren bu ifadeleri bir başa kakma değildir. Aslında nankörlük etmemeyi öğreten bir nasihattir. Aslında bu hatırlatmanın kendisi de bir nimettir.

-İkinci husus; bu hatırlatmanın nimetin verildiği o topluma değil de yüzyıllar sonra gelen ve bu nimetlerin muhatabı olmayan bizlere hatırlatılmasıdır. Yani konu örnekler üzerinden bir nasihat verme eylemidir. İsrailoğulları üzerinden mesaj vermek ve benzeri nankörlüklere engel olmaya çalışmaktır.

---

[72] el-Bakara 2/62.

[73] Duman, *Beyânu'l-Hak*, 3/31.

[74] el-Müddessir 76/6.

-Üçüncü bir husus da; tüm insanlara hatırlatılan nimetlerdir. Burada da tek bir kişiye veya kavme bir hatırlatma olmadığından bir başa kakma söz konusu değildir. Hitap tüm insanlaradır.
-Son olarak; cennetlikler için hatırlatılan nimetler bir hedef koyma ve isteklendirme kaynağı olmasını sağlamaktır. Bir başa kakma değildir çünkü zaten nimet henüz verilmemiştir.

SONUÇ

Bakara Sûresi'nde minnet içeren ayetleri Beyânu'l Hak bağlamında inceledik. Allah, İsrailoğulları'na; âlemlere üstün olma, işkenceden kurtulma, Firavun ve askerlerinden kurtulma, buzağıyı ilah edinme günahından sonra yeniden affedilme, ölümlerinin ardından yeniden dirilme, kudret helvası ve bıldırcın eti, kayadan on iki pınardan su çıkması, gerçek suçlunun ortaya çıkarılması nimetlerini vermiştir. Yarattığı tüm insanlara; yeryüzü, gökyüzü, su, yedi gök ve güvenli mekân Kâbe nimetlerini hatırlatmıştır. İnanalar için ise cennet ve ahiretteki mükâfatları vadetmiştir. Allah'ın bu nimetleri zikretmesi "başa kakma" mıdır?

Evreni ve içindekileri yaratan Allah, yarattığı kulunu da en iyi tanıyandır. Maddi evrende ihtiyacı olan her şeyi düşünüp yaratan, psikolojik anlamda da kulunun ihtiyacını bilip ona göre davranacaktır. Yeri geldiğinde cezalandıracak yeri geldiğinde affedecektir. Bazen hatırlatacak bazen de kulundan bekleyecektir. İsrailoğulları'nı anlattığı ayetlerden yola çıkarak, bahsettiğimiz tüm tavırları Allah'ın kuluna davranışında görmekteyiz. Başa kakma gücü ve statüsü aynı olan varlıklar arasında olabileceğinden, ne sebeple olursa olsun yaratıcı ve kul arasındaki nimetlerini hatırlatma ve nasihat etme eylemleri; nimetlerin, ikram edilen toplumdan yüzyıllar sonra anlatılıyor olması; şahısları değil toplumları işaret eden genel ifadeler ve henüz verilmemiş olan nimetlerin bir karşılık olarak anlatılmasını başa kakma olarak göremeyiz Bir başa kakma olmadığını iddia ettiğimiz Allah'ın nimetlerini hatırlatmasını örnek alarak da anne-babanın veya insanlığın iyiliğini amaçlayan bir otoritenin benzer davranışlarını da başa kakma olarak görmemeliyiz.

Allah insanlığı tek tek, aynı cinsiyette ve aynı yaşta bireyler olarak yaratabilecekken kadın-erkek; çocuk-yetişkin ve bir aile (Âdem ve Havva) şeklinde sosyal bir topluluk olarak yaratmıştır. Kişinin seçimine bağlı olmayan bu statülerin bir gerekliliği vardır. Bu manada birbirine farklı konularda muhtaç olarak yaratılan insanoğluna bu ihtiyaçlar doğrultusunda (ebeveynin çocuğunun rehberi olması gibi) yapılan hiçbir eylem Allah'ın Kur'an'da uygulayarak bize öğrettiği sınırları aşmadığı sürece bir başa kakma değil, insanlığın ahlaki gelişimini tamamlayan evrensel bir süreçtir.

KAYNAKÇA

Akalın, Ş. H. (2021). Minnet. Türk Dil Kurumu Yayınları.

Duman, M. Z. (1992). Uygulamalı tefsir usulü ve tefsir tarihi (Başlangıcından tedvin dönemine kadar). Erciyes Üniversitesi Yayınları.

Duman, M. Z. (1997). Vahiy gerçeği (1. Basım). Fecr Yayınları.

Duman, M. Z. (1999). Beş surenin tefsiri sosyal muhtevalı (1. Baskı). Fecr Yayınevi.

Duman, M. Z. (2003). Adâb-ı muaşeret görgü kuralları. İpek Yayın Dağıtım.

Duman, M. Z. (2006). Beyânu'l-Hak (Kur'an-ı Kerîm'in nüzûl sırasına göre tefsiri) (3 Cilt, 1. Basım).Fecr Yayınları.

Duman, M. Z. (2008). Kur'an-ı Kerim'de örtünmenin sınırları. İpek Yayın-dağıtım.

Duman, M. Z. (2010). Nüzulünden günümüze Kur'an ve Müslümanlar. Fecr Yayınevi.

Duman, M. Z. (2013). İslâm'da namaz ve teheccüd (2. Basım). Fecr Yayınları.

Karaman, H. (2007). Kur'an yolu: Türkçe meâl ve tefsir (2. Baskı). Diyanet İşleri Başkanlığı.

Kaya, M. (2021). Prof. Dr. M. Zeki Duman ve ilmi çalışmaları. Marife Dini Araştırmalar Dergisi, 21(1), 647-679. https://doi.org/10.33420/marife.913309

Komisyon. (2022). Altın atasözleri ve deyimler sözlüğü (59. Baskı). Altın Kitaplar Yayınevi.
Özdemir, A. (2023). Allah'ı ve Resulünü minnet altında bırakmak (Hucurât 17. âyet özelinde bir analiz). Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 28(2), 67-82.
Pusmaz, D. (1999). Kur'an'da şükür kavramı. Diyanet İlmi Dergi, 35(3), 65.
Şahin, D. (2016). Kur'an'da genel anlamlı bir kelime: Nimet. Cumhuriyet İlahiyat Dergisi, 20(2), 207-207. https://doi.org/10.18505/cuid.273988

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR CONNECTION DESIGN IN DIGITAL MODULAR ARCHITECTURE: FROM MONOLITHIC INTEGRATION TO AUTONOMOUS NODES

Gül Pınar MUTLU
Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture, 06560 Yenimahalle, Ankara
ORCID ID: 0009-0006-7272-7825
Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK
Gazi University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 06570 Yenimahalle, Ankara
ORCID ID: 0000-0002-2128-2858
Doç. Dr. Güneş MUTLU AVİNÇ
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Architecture and Fine Arts, Department of Architecture, 06760 Çubuk, Ankara
ORCID ID: 0000-0003-1049-2689

ABSTRACT
This study investigates how digital design and fabrication processes are transforming the role of connection details in modular architecture. Traditionally understood as technical solutions for joining building components, connection details are increasingly being redefined as active, performative system elements that mediate between design, material behaviour, and production logic. The research adopts a comparative case-based analytical approach, examining selected experimental projects developed through advanced digital fabrication techniques. The findings are systematically evaluated and synthesized into a conceptual framework that positions connection design as a critical interface between digital design and modular architectural systems. This framework identifies two primary paradigms: Integrated (Monolithic) Detail Systems, in which connections are embedded within material and geometric continuity, and Autonomous (Node-Based) Connection Systems, in which connections operate as discrete, customizable nodes that organize assembly. The results demonstrate that digital fabrication enables a shift from standardised modular systems to mass customisation, allowing differentiated components to be produced without compromising system coherence. In this context, joints emerge as key design parameters influencing assembly logic, adaptability, and overall system performance. Furthermore, the study highlights the role of connection design in supporting circular construction strategies, particularly through disassembly, reuse, and material efficiency. By reframing joints within the discourse of digital tectonics, the paper contributes a conceptual model that clarifies the evolving relationship between design, fabrication, and assembly in modular architecture.

Keywords: Digital fabrication, Modular architecture, Connection design, Digital tectonics, Robotic fabrication

DİJİTAL MODÜLER MİMARİDE BAĞLANTI TASARIMI İÇİN KAVRAMSAL BİR ÇERÇEVE: MONOLİTİK ENTEGRASYONDAN OTONOM DÜĞÜMLERE

ÖZET

Bu çalışma, dijital tasarım ve üretim süreçlerinin modüler mimarlıkta bağlantı detaylarının rolünü nasıl dönüştürdüğünü incelemektedir. Geleneksel olarak yapı bileşenlerini birleştiren teknik çözümler olarak ele alınan bağlantı detayları, günümüzde tasarım, malzeme davranışı ve üretim mantığı arasında arayüz oluşturan aktif ve performatif sistem bileşenleri olarak yeniden tanımlanmaktadır. Araştırma, karşılaştırmalı vaka temelli analitik bir yaklaşım benimsemekte ve gelişmiş dijital üretim teknikleri kullanılarak üretilmiş seçilmiş deneysel projeleri incelemektedir. Elde edilen bulgular sistematik olarak değerlendirilmiş ve bağlantı tasarımını dijital tasarım süreçleri ile modüler mimari sistemler arasında kritik bir arayüz olarak konumlandıran kavramsal bir çerçeveye dönüştürülmüştür. Bu çerçeve, bağlantının malzeme ve geometri sürekliliği içinde çözüldüğü bütünleşik (monolitik) sistemler ve bağlantının ayrık, özelleştirilebilir düğüm elemanları olarak kurgulandığı otonom (düğüm tabanlı) sistemler olmak üzere iki temel paradigma tanımlamaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular, dijital üretim süreçlerinin modüler sistemlerde standartlaşmaya dayalı yaklaşımların ötesine geçerek kitlesel özelleştirmeyi mümkün kıldığını göstermektedir. Bu bağlamda bağlantı detayları, montaj mantığını, uyarlanabilirliği ve sistem performansını doğrudan etkileyen kritik tasarım parametreleri haline gelmektedir. Ayrıca araştırma bağlantı tasarımının sökülebilirlik, yeniden kullanım ve malzeme verimliliği açısından döngüsel yapım stratejilerini destekleyen rolünü ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma bağlantı detaylarını dijital tektonik perspektifinden yeniden ele alarak modüler mimarlıkta tasarım, üretim ve montaj süreçleri arasındaki ilişkinin dönüşümünü açıklayan kavramsal bir model sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Dijital üretim, Modüler mimarlık, Bağlantı tasarımı, Dijital tektonik, Robotik üretim

1. INTRODUCTION

Advances in digital design and fabrication technologies are fundamentally transforming architectural design approaches and construction processes, redefining how architectural production is structured and organized. Digital fabrication integrates design, analysis, and construction into a data-driven workflow, shifting architecture away from standardized systems toward more flexible, adaptable, and differentiated structures (Kolarevic, 2003; Gramazio and Kohler, 2008). This shift enables a production logic based on variation, where components can be customized according to their role within the system (Carpo, 2011; Oxman, 2017; Menges, 2012).

Recent studies indicate that digital fabrication transforms not only form generation but also assembly and joining strategies. Robotic, additive, and hybrid fabrication techniques increasingly incorporate connection design into early design stages, directly influencing system organization (Iwamoto, 2009; Gramazio and Kohler, 2008).

In architectural theory, detail has traditionally functioned as the interface between design and construction. In digital contexts, however, it evolves from a representational solution into an active component that directly informs production processes—an effect particularly evident in modular architecture.

Connection design has thus emerged as a critical parameter shaping not only assembly but also disassembly, reuse, and lifecycle performance. Despite this, existing literature addresses digital

fabrication, modular systems, and detailing largely in isolation, leaving the integrative role of connection design insufficiently explored.

This study addresses this gap by examining how digital design and fabrication transform connection design in modular architecture. Through comparative case analysis, it identifies two paradigms: integrated (monolithic) systems, where connections are embedded within material and geometric continuity, and autonomous (node-based) systems, where connections operate as discrete, customizable components. The study aims to clarify the evolving role of connection design and to propose a conceptual framework within the context of digital tectonics.

2. THEORETICAL BACKGROUND

Architectural detailing is a fundamental area of inquiry that determines how a design will function. While detailing defines how components will fit together, it also reveals the impact of these relationships on performance, material behavior, and construction processes. For this reason, detailing is not merely a drawing practice that assembles parts but a critical process in which the design is tested and recreated (Rand et al., 2016; Bizley, 2007). In architectural theory, this role is further explored through discussions of tectonics. While Frampton (1995) defines tectonics in terms of the relationship between construction and expression, Frascari (1984) emphasizes that detail is also an element that generates meaning. These approaches highlight the interface role of detail between design and construction. However, within the context of digital production, the nature of this interface has changed; detail has shifted from being a represented solution to becoming an active system component that directly guides production.

This transformation is directly linked to the development of digital design and manufacturing technologies. Parametric modeling, robotic manufacturing, and digital fabrication techniques are reorganizing design, analysis, and production processes within an integrated data flow, moving them beyond discrete stages. While the “file-to-factory” approach enables the direct transfer of design data to production (Kolarevic, 2003), digital manufacturing supports variation rather than standardization (Carpo, 2011). This allows components to be differentiated based on their roles within the system without incurring additional costs. Parametric and performance-based design approaches also enable the development of more holistic systems by integrating material behavior and manufacturing constraints into the process (Oxman, 2017). Similarly, robotic manufacturing redefines assembly logic by embedding fabrication knowledge directly into materials and production processes (Gramazio and Kohler, 2008).

These developments are transforming architectural production from a linear process into an integrated system where design, production, and assembly are interconnected. In this context, modular architecture is also being redefined. While traditional modular systems rely on standardized and repetitive elements, digital production processes enable systems that can be customized and reconfigured. This transformation directly impacts the role of joints.

Today, joints have evolved beyond mere technical solutions that join elements; they have become active interfaces that determine assembly sequence, tolerance management, and system performance. This is also related to discussions on sustainability and circularity. In particular, disassemblability, reusability, and adaptability are key criteria for the lifecycle performance of modular systems. In this context, connection design is not merely a detail of the construction process but a strategic design component that guides the system’s lifecycle.

In conclusion, while the existing literature comprehensively addresses digital fabrication, modular systems, and architectural detailing, the foundational role of joints at the intersection of these fields has been examined only to a limited extent. This study addresses this gap by re-

evaluating connection design in the context of digital fabrication and by providing a theoretical framework to understand its impact on modular systems.

3. METHODOLOGY

This study adopts a qualitative, case-based approach to examine the transformation of connection design in modular architecture within the context of digital design and fabrication. The methodology consists of two phases: a focused literature review and a comparative case analysis. The literature review addresses the intersection of architectural detailing, digital fabrication, and modular systems, drawing on key theoretical works on tectonics and detail (Frampton, 1995; Frascari, 1984; Rand et al., 2016) alongside studies on digital fabrication and parametric design (Kolarevic, 2003; Carpo, 2011; Oxman, 2017; Iwamoto, 2009). This phase establishes the theoretical basis for understanding the evolving role of connections.

The second phase involves a comparative analysis of selected experimental projects developed through digital fabrication. Cases are evaluated in terms of design approach, material strategy, fabrication method, and connection logic. The analysis identifies two paradigms: integrated (monolithic) systems, where connections are embedded within material and geometric continuity, and autonomous (node-based) systems, where connections function as discrete, customizable components. These findings are synthesized into a conceptual model that defines connection design as a critical interface between design, fabrication, and assembly, enabling evaluation of its impact on performance, adaptability, and circularity.

4. CASE STUDIES

This section examines selected experimental projects to demonstrate how digital design and fabrication transform connection design in modular architecture. The cases are comparatively evaluated in terms of material strategies, fabrication techniques, and connection configurations. The analyses show that connections are not merely technical joints but active design components that shape system organization. The projects represent different production logics, revealing two conditions: connections embedded within material and geometric continuity, and connections conceived as discrete, customized node elements. Together, they provide an analytical basis for discussing connection design in digital tectonics.

The INTERTWIG project, developed at the Karlsruhe Institute of Technology, reinterprets traditional wattle-and-daub techniques through digital fabrication (Zanetti, et al., 2024). Willow branches are geometrically interlocked between wooden posts, forming a stable system of 21 prefabricated components with integrated joints that enable disassembly and reassembly. The production process translates craft-based construction knowledge into digital fabrication methods capable of accommodating material irregularities (URL-1) (Figure 1).



Figure 1: Traditional knitting techniques and digital fabrication (URL-1)

The ICD/ITKE Research Pavilion 2015–16, developed by the ICD and ITKE research groups at the University of Stuttgart, is an experimental structure inspired by the morphology of sea urchins (Schwinn et al., 2016). The project is based on robotic textile fabrication. The system consists of 151 geometrically distinct segments, where interlocking edges transfer in-plane forces and laced joints resist tensile forces. The structure was produced using robotic sewing technology, integrating an industrial robot and a sewing machine; segments were assembled without metal fasteners. A PVC-coated polyester membrane was sewn into the system to ensure structural integrity (URL-2) (Figure 2).



Figure 2: ICD/ITKE Pavilion connection details and the robotic textile production process (URL-2)

Developed in collaboration between TU Delft and CODETECTURE, the HexBox Canopy is a wooden shell system consisting of 201 hexagonal modules, created by assembling plywood panels with angled corner joints and manufactured without metal fasteners (Tagliaboschi, 2020). The design relies on the reuse of material scraps from cutting and on wooden dowel joints inspired by traditional joinery's mortise-and-tenon joints. Placed diagonally, these wedges tolerate any geometric deviations that may occur during assembly as the elements are pulled toward each other, thereby enhancing structural precision. The production process relies on an adhesive-based assembly technique applied following computer-aided design and digital fabrication (URL-3) (Figure 3).



Figure 3: Flange connection detail and installation principle (URL-3)

The LivMatS Pavilion 2020–21, developed by the ICD and ITKE research groups, is a biodesign-driven experimental structure inspired by the lightweight, mesh-like internal structure of saguaro and mother-in-law's tongue cacti (Zechmeister et al., 2024). The system integrates material behaviour with environmental data through a computational design approach. The structure consists of 15 articulated components and a peak element, produced using a mould-free robotic fabrication method. In the "core-less filament winding" process, an industrial robot places natural flax fibres onto a modular frame, where the final geometry emerges through the mutual tension of the fibres without the need for a mould (URL-4) (Figure 4).



Figure 4: Robotic filament production and connection logic using a filament winding system (URL-4)

FlectoLine is an experimental adaptive façade system based on biomimetic principles, developed by the ICD and ITKE research groups (Gonzalez et al., 2023). Inspired by flexible–rigid layering in sundew plants and insect wings, the system operates as a jointless, elastically deformable façade element. The design integrates fibre-reinforced composite plates with pre-programmed movement and embedded pneumatic cushions. As the cushions inflate, differential deformation enables the module to bend between 0° and 90° without hinges; upon release, the system returns to its initial state through elastic recovery (URL-5) (Figure 5).

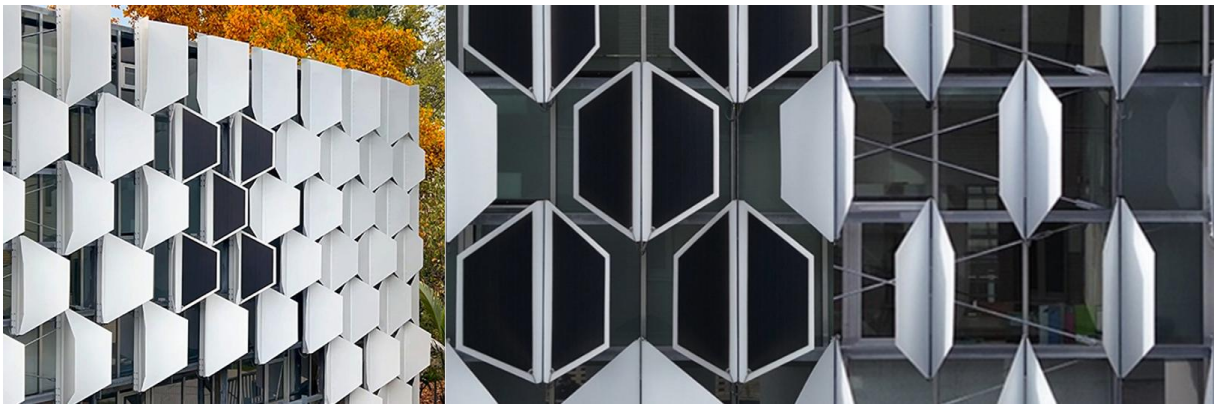


Figure 5: Flectoline: a jointless deformation principle operated by pneumatic activation (URL-5)

Developed at SUTD, this 14.5 m-long fibre-reinforced mesh structure employs 3D printing to directly fabricate functional architectural components (Raspall et al., 2018). Design is parametrically optimized based on the number and angles of aluminium rods, generating a surface system integrated with the rod cross-sections. The production process customizes each connection element according to its geometric position and local load conditions. The structure incorporates 19 metal connectors at critical nodes and 72 nylon connectors in lower-load areas, reducing mass and volume and enabling a lightweight and permeable exhibition system (URL-6) (Figure 6).



Figure 6: 3D-printed node connections and material variation (URL-6)

The Digital Metal project, developed by the Digital Building Technologies (DBT) research group at ETH Zurich within the DFAB program, is an experimental pavilion combining standard aluminium profiles with over 200 customised connection elements for space-frame structures (Meibodi et al., 2019). The joint design is driven by parametric algorithms that integrate structural requirements, fabrication constraints, and mould geometry, enabling each connection to exhibit unique geometry and complex topology. The production process employs a hybrid approach combining metal casting and additive manufacturing; 3D sand-printed moulds allow for high precision and the fabrication of differentiated connection elements (URL-7) (Figure 7).

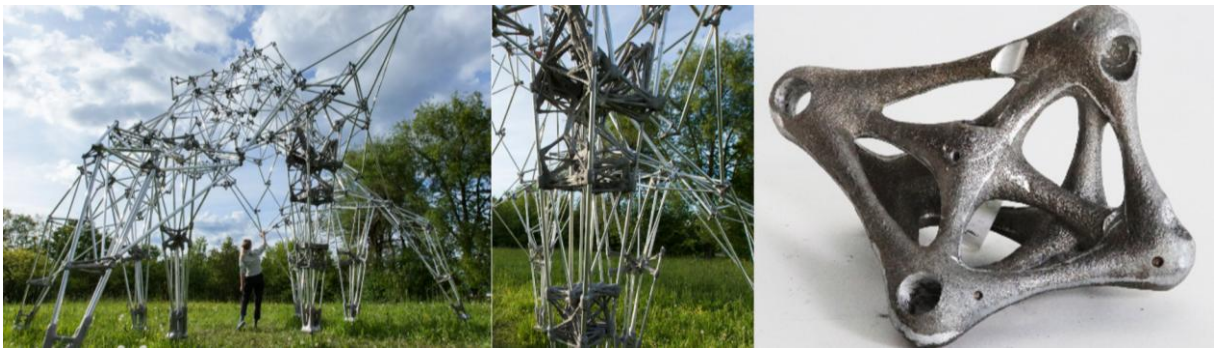


Figure 7: Customized knot connectors produced using 3D sand printing (URL-7)

Developed as part of the ETH Zurich DFAB program, Prōtóplasto is a space-frame roof system that combines large-scale polymer extrusion with high-resolution additive manufacturing (Leschok et al., 2024). The detailed design is based on a computational model that enables the elements to interlock under gravity and guide the assembly process. Thanks to this approach, modules weighing an average of 3.7 kg function as self-aligning, interlocking connections without the need for mechanical fasteners. During the manufacturing process, lightweight, high-performance connection elements with complex topologies are produced with high precision using industrial powder bed fusion technology (URL-8) (Figure 8).

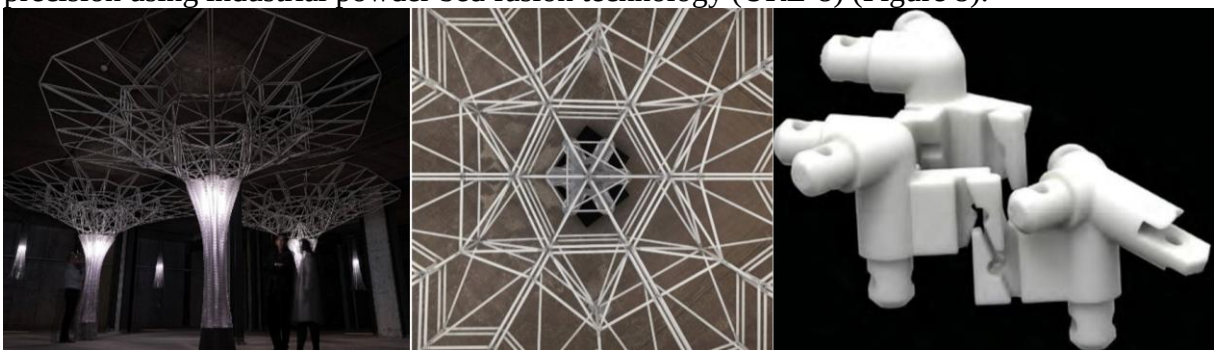


Figure 8: Modular fasteners manufactured using powder-bed fusion (URL-8)

The Digital Bamboo project, developed by the Digital Building Technologies (DBT) research group at ETH Zurich, is an ultra-lightweight space-frame beam system weighing approximately 200 kg that combines bamboo—a material with a high strength-to-weight ratio—with digital fabrication (Kladeftira et al. 2022). The design relies on multifunctional connection elements that accommodate bamboo's natural geometric variations and assembly tolerances, while also integrating connection points for shading panels and post-tensioning cables. A total of 380 custom joints connecting 900 bamboo elements were produced using a hybrid 3D-printing strategy that optimises material use and cost (Figure 9).



Figure 9: Connectors produced using hybrid 3D printing in a bamboo space frame system (URL-9)

The SmartNodes project, developed by LEAD (Laboratory for Explorative Architecture & Design), is an experimental pavilion that combines customised nodes with standard building components (Crolla et al., 2017). The design is based on parametric algorithms that enable

complex spatial truss geometries using standard beams, planar panels, and simple connectors. The unique geometry of each node allows the system to accommodate design variations without additional formwork while ensuring efficient load transfer. The production process relies on metal 3D printing, where node components are optimised according to load flows and fabricated using layered manufacturing techniques (Figure 10).



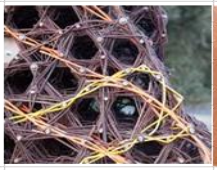
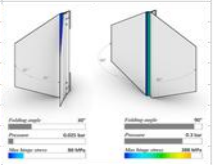
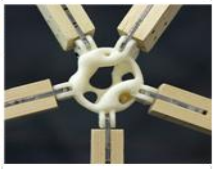
Figure 10. Customized node connections optimized for traffic flow (URL-10)

The projects examined in this study were selected from experimental applications developed by leading research laboratories at the intersection of digital fabrication, modular systems, and architectural detailing. As the literature reveals a limited focus on connection design, the analysis is extended to include research groups and ongoing project series, enabling evaluation within the context of sustained research practices rather than isolated cases. The findings summarized in Table 1 identify two fundamental approaches based on the role of connections within the system. This distinction reflects not only a technical difference but a fundamental shift in how design, production, and assembly processes are structured.

The first group includes projects in which connections are embedded within the system and resolved through material and geometric continuity. In examples such as the Research Pavilion (ICD/ITKE), LivMatS Pavilion, BUGA Fibre Pavilion, and HexBox Canopy, connection strategies are defined through material-driven relationships such as “intertwined,” “woven,” “stitched,” and “stretched.” In ICD/ITKE systems in particular, robotically fabricated elements interlock directly without additional connectors, making the connection a natural outcome of the system (Menges, 2012; Oxman, 2017). In this group, connections are typically edge-based, production relies on robotic and CNC processes, and materials are lightweight and fibrous—indicating that connections are integrated within the system’s material and geometric logic rather than treated as separate elements.

The second group comprises projects in which connections are designed as independent components. In cases such as the Mesh Pavilion, Digital Metal Pavilion, ProtoPlasto, and SmartNodes, connections are conceived as customised nodes that link geometrically diverse elements. Additive manufacturing enables these nodes to be tailored to each condition, supporting mass customisation at the connection scale (Carpo, 2011).

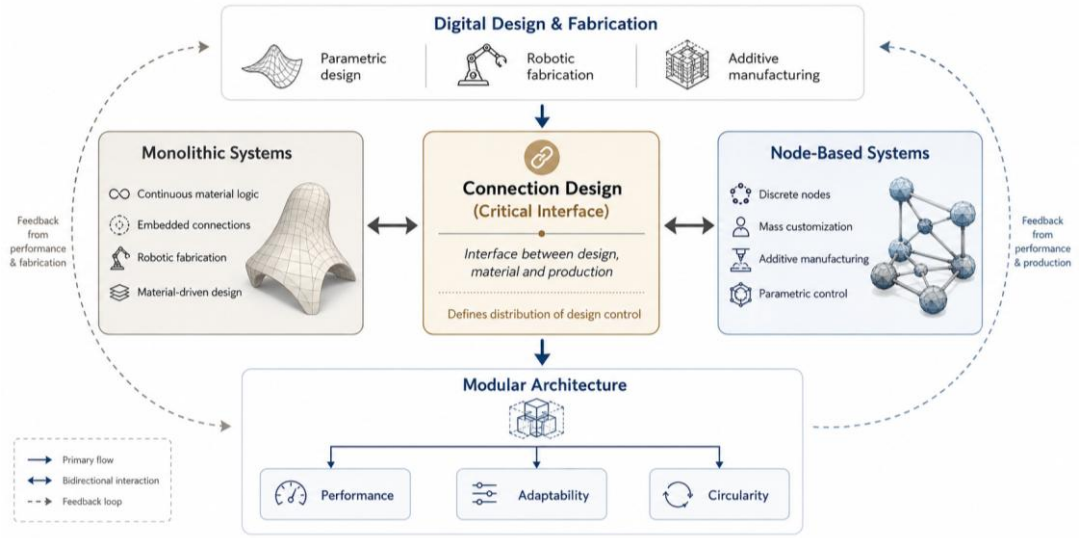
Table 1. Classification of connectivity paradigms in digital modular architecture

					
PROJECT	**INTERTWIG**	**RESEARCH (15-16)**	**HEXBOX**	**LIVMATS**	**FLECTOLINE**
TYPE	**STUCTURE**	**PAVILION**	**KANOPİ**	**PAVILION**	**CEPHE**
EXHIBITION	DAS FEST & DUTCH DESIGN WEEK	IN-SITE	IN-SITE	IN-SITE	IN-SITE
UNIVERSITY	KARLSRUHE INST. OF TECH.	STUTTGART UNIVERSITY	SYDNEY UNIVERSITY	STUTTGART UNIVERSITY	STUTTGART UNIVERSITY
LAB	DDF	ICD / ITKE	DTC	ICD / ITKE / IntCDC	ITKE / ITFT
LOCATION	KARLSRUHE, GERMANY	STUTTGART,GERMANY	DARLINGTON, AUSTRALIA	FREIBURG, GERMANY	FREIBURG, GERMANY
STYLE	VERNACULAR	PNEUMATIC & LIGHTWEIGHT	SHELL	FIBROUS & LIGHTWEIGHT	PNEUMATIC & ADAPTIVE
PANEL	NATURAL WILLOW & EARTH	TIMBER	WOOD	FLAX FIBERS & POLYCARBONATE	FIBER-REINFORCED PLASTIC (FRP)
					
JOINT	NODE	EDGE	NODE	EDGE	NODE
PRINCIPLE OF DETAIL	WEAVED	SEWED	INTERWINED	WEAVED	STRECHTED
DF TOOL	ROBOTICS	ROBOTICS	SM	ROBOTICS	SM
KINETIC	-	-	-	-	+
BIOMIMETIC	-	+	-	+	+
CIRCULAR	+	+	+	+	-
RECYCABLE	+	+	+	+	-
WASTE FREE	+	-	-	+	-
TENSIBILITY	+	+	-	+	+
LIGHTWEIGHT	-	+	-	+	+
FIBROUS	+	-	-	+	-
					
PROJECT	**MESH**	**DIGITAL METAL**	**PROTOPLASTO**	**DIGITAL BAMBOO**	**SMARTNODES**
TYPE	**PAVILION**	**PAVILION**	**INSTALLATION**	**PAVILION**	**PAVILION**
EXHIBITION	SUTD OPEN HOUSE 2016	SUSAS 2017	FUTURAMA INNOVATION HUB	BIENNALE ARCHITETTURA 21	UABB 15
UNIVERSITY	SUTD SINGAPORE	ETH ZURICH	ETH ZURICH	ETH ZURICH	RMIT UNIVERSITY
LAB	AIRLAB	DBT (MAS ETH DFAB)	DBT	DBT	SIAL
LOCATION	SINGAPORE	SHANGHAI, CHINA	AARGAU, SWITZERLAND	VENICE, ITALY	MELBOURNE, AUSTRALIA
PANEL	ALUMINUM	ALUMINUM	PLASTIC	BAMBOO & THERMOPLASTIC	POLYCARBONATE & ALUMINUM
					
JOINT	STEEL & NYLON NODES	METAL NODES	PLASTIC NODES	METAL NODES	PLASTIC NODES
PRINCIPLE OF DETAIL	INTERLOCKED	INTERLOCKED	INTERLOCKED	INTERLOCKED	INTERLOCKED
DF TOOL	AM	AM	AM	AM	AM
KINETIC	-	-	-	-	-
BIOMIMETIC	-	-	-	-	-
CIRCULAR	+	+	+	+	+
RECYCABLE	+	+	+	+	+
WASTE FREE	+	+	+	+	+
TENSILE	+	-	-	+	-
LIGHTWEIGHT	+	+	+	+	+
FIBROUS	+	+	+	+	+

Here, connections act as active components that absorb complexity at the micro-scale. These systems rely primarily on additive manufacturing, exhibit greater material diversity, and enable higher levels of disassembly and reuse (Kolarevic, 2003).
Comparatively, the key distinction lies in the position of the connection within the system: embedded in the first group, and organisationally defining in the second. This difference reflects the underlying production logic—robotic and subtractive processes support continuity, while additive manufacturing enables discrete and adaptable systems (Iwamoto, 2009). These findings demonstrate that, in the context of digital production, connections have evolved from technical solutions into fundamental design parameters shaping system organisation.

5. DISCUSSION

The examples examined in this study demonstrate that connection details can no longer be understood merely as technical solutions within the context of digital manufacturing. Instead, connection design is redefined in direct relation to fabrication methods, material behaviour, and system organisation. These relationships are synthesised in the conceptual framework presented in Figure 11.



Figüre 11: A Conceptual Framework demonstrating the impact of connectivity design on modular system organization and performance within the context of digital design and manufacturing.

The analysis identifies two fundamental approaches to connection design. In integrated (monolithic) systems, connections are embedded within material and geometric continuity and emerge as a direct outcome of fabrication processes. In contrast, autonomous (node-based) systems conceptualise connections as discrete, customised nodes that organise the system. Additive manufacturing enables the differentiation of these elements, supporting mass customisation.
As illustrated in Figure 11, this distinction reflects not only a technical difference but a shift in the distribution of design control. While control is distributed across the system in integrated approaches, it is concentrated at specific connection points in node-based systems. This shift corresponds to broader changes in production logic: robotic and material-driven processes support continuity, whereas additive manufacturing enables discrete and adaptable systems.
Both approaches present distinct advantages. Integrated systems offer structural continuity and material efficiency, while node-based systems provide adaptability and reusability. This highlights connection design as a strategic parameter directly influencing system performance.

Finally, connection design plays a critical role in circular production by enabling disassembly, reuse, and adaptation, positioning it as a key interface in the lifecycle of modular architectural systems.

6. CONCLUSION

This study demonstrates how digital design and manufacturing processes have transformed the role of connection details in modular architecture. The findings indicate that connections should be treated not merely as technical joints but as active system components that guide the design, manufacturing, and assembly processes. Case studies reveal that connection design is shaped by two fundamental paradigms: integrated (monolithic) systems, in which the connection is embedded within the system, and autonomous (node-based) systems, in which the connection is structured through specialized node elements. This distinction points to the distribution of design control and the decisive role of production processes in system organization. The conceptual framework developed within this study defines connection design as a foundational interface between digital design, production, and assembly processes and comprehensively explains the effects of different production approaches on system performance, adaptability, and circularity. Consequently, this study contributes to rethinking the relationship between design, production, and assembly processes in modular architecture by re-examining connections from a digital tectonic perspective.

REFERENCES

Bizley, G. (2007). *Architecture in detail*. Burlington: Elsevier.

Carpo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. London: MIT Press.

Crolla, K., Muehlbauer, M., & Burry, J. R. (2017). *SmartNodes Pavilion: Towards custom-optimised node applications in construction.* In *Protocols, flows and glitches: Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2017)* (pp. 311–320)

Frampton, K. (1995). *Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*. London: MIT Press.

Frascari, M. (1981). *The tell-the-tale detail.* In *Semiotics 1981* (pp. 325-336). Boston, MA: Springer US.

Gonzalez, E.A., Moser, S., Körner, A., Born, L., Gresser, G.T., Weitlaner, R. & Knippers, J. (2023). *Advancing solar control and energy harvesting through the use of pneumatically actuated elastic adaptive façades. 10th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials (SMART 2023).* (pp. 744 -756). https://doi.org/10.7712/150123.9828.444680

Gramazio, F., & Kohler, M. (2008). *Digital materiality in architecture*. Zürich: Lars Müller Publishers.

Iwamoto, L. (2009). *Digital fabrications: Architectural and material techniques*. New York: Princeton Architectural Press.

Kladeftira, M., Leschok, M., Skevaki, E., Tanadini, C., Ohlbrock, P. O., D'Acunto, P. & Dillenburger, B. (2022). *Digital Bamboo: A study on bamboo, 3D printed joints, and digitally fabricated building components for ultralight architectures.* In *Proceedings of the 42nd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA 2022)* (pp. 406–415)

Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the digital age: Design and manufacturing*. London: Taylor & Francis.

Leschok, M., Kladeftira, M., Eftekhar, N., & Dillenburger, B. (2024). *Prõtóplasto: A Discrete Roof-Column System With Hollow-Core 3D Printing And Bespoke Space Frames. Fabricate, 5*, 122-129.

Meibodi, A.M., Giesecke, R., & Dillenburger, B. (2019). *3D printing sand molds for casting bespoke metal connections. Intelligent & informed: Proceedings of the 24th DörstelmannInternational Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2019)* (Vol. 1, pp. 133–142). https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2019.1.133

Menges, A. (2012). *Material computation: Higher integration in morphogenetic design.* London: John Wiley & Sons.

Oxman, R. (2017). *Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. Design Studies*, 52, 4–39.

Rand, P., Miller, J., & Allen, E. (2024). *Architectural detailing: function constructability aesthetics*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Raspall, F., Amtsberg, F., & Banon, C. (2018). *3D printed space frames. In Proceedings of IASS Annual Symposia* (Vol. 2018, No. 9, pp. 1-8). International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).

Schwinn, T., Krieg, O. D., & Menges, A. (2016). *Robotic sewing: A textile approach towards the computational design and fabrication of lightweight timber shells. ACADIA 2016: Posthuman Frontiers: Data, Designers, and Cognitive Machines. Proceedings of the 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture* (pp. 224–233). https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2016.224

Tagliaboschi, E. V. (2020). *HexBox Canopy: A rapid assembly segmented timber shell with wedge joints*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28481.10084
Zanetti, E., Olah, E., Haußer, T., Casalnuovo, G., La Magna, R., & Dörstelmann, M. (2024). *InterTwig—Willow and earth composites for digital circular construction. Design for rethinking resources: Proceedings of the UIA World Congress of Architects Copenhagen 2023* (pp. 491–511). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36554-6_32
Zechmeister, C., Pérez, M. G., Dambrosio, N., Dörstelmann, M., Stark, T., Knippers, J., & Menges, A. (2024). *Co-design of natural fibre composite building elements: The livMatS pavilion. Structures*, *62*, 106240
[URL1] https://dos.ieb.kit.edu/english/226.php
[URL2] ttps://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/icd-itke-research-pavilion-2015-16/
[URL3] https://www.archdaily.com/942876/hexbox-canopy-dtc-plus-codetoproduction
[URL4] https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/livMatS-Pavilion/
[URL5] https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/built-projects/flectoline/
[URL6] https://www.sutd.edu.sg/asd/faculty-project-listing/3d-printed-mesh-pavillion/
[URL7] https://dbt.arch.ethz.ch/project/digital-metal-pavilion/
[URL8] https://dbt.arch.ethz.ch/project/protoplasto/
[URL9] https://dbt.arch.ethz.ch/project/digital-bamboo/
[URL10] https://l-e-a-d.pro/portfolio/smartnodes/

YÜKSEKÖĞRETIMDE KALITE YÖNETIM SISTEMLERI VE ÖĞRENCI MEMNUNIYETININ YÖNETIMI: ONDOKUZ MAYIS ÜNIVERSITESI ÜNİKYS BAĞLAMINDA SISTEMATIK BIR İNCELEME

Doç.Dr. Çağatay YILDIRIM
Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 55200 Atakum, Samsun
ORCID ID: 0000-0002-4121-5564
Yahya AYSAN
Ondokuz Mayıs University, Graduate education institute, Entrepreneurship and Innovation Departments, 55200 Atakum, Samsun
ORCID ID: 0009-0008-1506-4345

ÖZET
Yükseköğretim kurumlarında kalite yönetimi, son otuz yılda salt bir denetim aracı olmaktan çıkıp kurumsal performansın, paydaş güveninin ve sürdürülebilirliğin temel yapı taşlarından birine dönüşmüştür. Bu dönüşümün merkezinde öğrenci memnuniyetinin yönetimi yer almakta; öğrenciler yalnızca eğitimin alıcısı değil, kalite güvence süreçlerinin etkin bir paydaşı olarak konumlandırılmaktadır. Bu çalışma, yükseköğretimde kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyetinin yönetimi arasındaki ilişkiyi sistematik bir inceleme ile haritalamayı ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde uygulanan Üniversite Kalite Yönetim Sistemi (ÜNİKYS) bağlamında tartışmayı amaçlamaktadır. Yöntem olarak PRISMA 2020 protokolü esas alınmıştır. Web of Science, Scopus, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink, Emerald, Wiley, Sage ve TR-Dizin veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda 190 alana özgü çalışma değerlendirme havuzuna alınmış; önceden belirlenen ölçütler doğrultusunda 78 çalışma derinlemesine analiz edilmiştir. Bulgular dört tema etrafında toplanmıştır: (i) kalite yönetim sistemlerinin (ISO 9001, ISO 10002, TKY) yükseköğretime uyarlanması, (ii) hizmet kalitesi ölçüm modelleri (SERVQUAL, SERVPERF, HESQUAL), (iii) geri bildirim döngüsünün kapatılması ve (iv) dijital kalite platformlarının kullanımı. Çalışma, ÜNİKYS gibi bütünleşik yönetim bilgi sistemlerinin geri bildirim yönetiminde önemli bir altyapı sunduğunu; ancak literatürde ölçüm araçlarının kuram-içi tutarlılığı, geri bildirim verilerinin karar süreçlerine aktarılma derinliği ve sürekli iyileştirme döngülerinin sürdürülebilirliği konularında belirgin boşluklar bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, kalite kültürünü sahiplenen, dijitalleşmeyi kolaylaştırıcı bir araç olarak gören ve öğrenci sesini stratejik bir veri kaynağına dönüştüren kurumların öne çıktığı görülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Yükseköğretimde kalite yönetimi, öğrenci memnuniyeti, ISO 10002, SERVQUAL, ÜNİKYS, sistematik inceleme, geri bildirim döngüsü.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS AND STUDENT SATISFACTION MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION: A SYSTEMATIC EXAMINATION WITHIN THE CONTEXT OF ONDOKUZ MAYIS UNIVERSITY'S UNIKYS (UNIVERSITY QUALITY MANAGEMENT SYSTEM).

ABSTRACT
Over the last three decades, quality management in higher education has moved beyond a mere audit instrument and become a foundation of institutional performance, stakeholder trust and sustainability. Student satisfaction management lies at the heart of this transformation: students are increasingly seen not only as recipients of teaching but also as active stakeholders in quality

assurance. This paper aims to map the relationship between quality management systems and student satisfaction management in higher education through a systematic review, and to discuss the findings in the context of the University Quality Management System (ÜNİKYS) implemented at Ondokuz Mayıs University. The review follows the PRISMA 2020 protocol. Searches in Web of Science, Scopus, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink, Emerald, Wiley, Sage and the Turkish ULAKBIM TR-Dizin returned 190 records that were screened against predefined criteria, leaving 78 studies for in-depth analysis. The findings cluster around four themes: (i) the adaptation of quality management systems (ISO 9001, ISO 10002, TQM) to higher education; (ii) service quality measurement models (SERVQUAL, SERVPERF, HESQUAL); (iii) closing the feedback loop; and (iv) the use of digital quality platforms. The review concludes that integrated management information systems such as ÜNİKYS provide a valuable infrastructure for feedback management, while the literature still shows visible gaps regarding instrument validity, the depth at which feedback data is translated into managerial decisions and the sustainability of continuous improvement cycles.
Keywords: Quality management in higher education, student satisfaction, ISO 10002, SERVQUAL, ÜNİKYS, systematic review, closing the loop.

1. GIRIŞ

Yükseköğretim kurumları artık yalnızca bilgi üreten ve aktaran kurumlar olarak değil; hizmet ürettiği paydaş ağına karşı hesap veren, kurumsal performansını ölçen ve sürekli iyileştiren karmaşık organizasyonlar olarak değerlendirilmektedir (Harvey & Green, 1993; Marginson, 2006). 1990'lı yıllardan itibaren kitleselleşme, uluslararasılaşma ve dijital dönüşümün yarattığı baskı, üniversiteleri stratejik yönetim ve kalite güvence sistemlerini benimsemeye yönlendirmiştir (Bryson, 2018). Bu sürecin Türkiye'deki kurumsal karşılığı, Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) tarafından geliştirilen kalite güvence modeli ile şekillenmiş; üniversiteler iç kalite güvence sistemlerini kurmak, paydaş geri bildirimlerini belgelemek ve dış değerlendirmeye hazır olmak zorunda kalmıştır.

Bu çerçevede öğrenciler, yükseköğretim hizmetinin doğrudan yararlanıcısı olarak en kritik paydaş grubunu oluşturmaktadır (Kotler & Fox, 1995; Freeman, 1984). Öğrenci memnuniyeti, yıllarca yalnızca pazarlama odaklı bir kavram olarak görülmüş; ancak günümüzde kalite değerlendirme süreçlerinin temel göstergelerinden biri hâline gelmiştir (Aldridge & Rowley, 1998; Sultan & Wong, 2010). Razinkina ve diğerleri (2018), öğrenci memnuniyetinin yalnızca hizmet kalitesinin değil, aynı zamanda kurumsal yenilikçilik kapasitesinin de bir göstergesi olduğunu ileri sürmektedir. Benzer biçimde Dhawan (2022), 60'tan fazla çalışmayı kapsayan meta-analizinde öğrenci memnuniyeti ile kalite arasında orta-güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki saptamıştır.

Türkiye'de bu yönelimin somut karşılıklarından biri Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde uygulanan Üniversite Kalite Yönetim Sistemi'dir (ÜNİKYS). ÜNİKYS; kalite yönetimi, süreç yönetimi, performans izleme, paydaş memnuniyeti ve geri bildirim yönetimini tek bir dijital platformda toplayan bütünleşik bir yönetim bilgi sistemidir. Kalite güvencesinin dijital dönüşümle iç içe yürütüldüğü bu yapı, hem ISO 10002 standardı kapsamında müşteri/öğrenci şikâyet ve memnuniyet süreçlerinin yönetimini, hem de YÖKAK'ın beklediği belgelenebilir kalite kanıtlarının üretimini mümkün kılmaktadır. ÜNİKYS gibi uygulamalar, son yıllarda literatürde sıkça vurgulanan "öğrenci sesini stratejik bir veri kaynağına dönüştürme" yaklaşımının pratik bir tezahürü olarak değerlendirilebilir (Shah, Cheng & Fitzgerald, 2017; Bendermacher vd., 2020).

Ne var ki kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyeti arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür hem yöntemsel hem de kavramsal açıdan oldukça parçalıdır. ISO 9001 ve ISO 10002

standartlarının yükseköğretime uyarlanması konusunda çelişkili sonuçlar vardır (Kamusoko, 2020; Maqbool, 2023). Hizmet kalitesi ölçeklerinin uyarlanmasında, klasik SERVQUAL'in yanında SERVPERF, HEdPERF ve son dönemde Teeroovengadum ve diğerleri (2016) tarafından geliştirilen HESQUAL gibi araçlar tartışılmakta; ancak hangi modelin yükseköğretime daha uygun olduğu konusunda bir uzlaşı henüz oluşmamıştır (Tan & Kek, 2004; Sohail & Hasan, 2021). Bunlara ek olarak, geri bildirim verilerinin yönetsel karar süreçlerine aktarılmasındaki "döngüyü kapatma" sorunu literatürde tekrar tekrar gündeme gelmektedir (Shah, Nair & Richardson, 2016; Winstone & Carless, 2021).

Bu çalışma, sözü edilen literatürü PRISMA 2020 protokolü çerçevesinde sistematik biçimde derlemeyi ve elde edilen tematik bulguları Ondokuz Mayıs Üniversitesi ÜNİKYS deneyimi bağlamında tartışmayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle bildiri, ÜNİKYS özelinde yürütülen ampirik bir tez çalışmasının kavramsal ön ayağı olarak konumlanmaktadır. Araştırma şu üç soruya yanıt aramaktadır: (1) Yükseköğretimde kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyetinin yönetimi arasındaki ilişki literatürde nasıl ele alınmıştır? (2) Öğrenci memnuniyetinin ölçümünde hangi araç ve kuramsal çerçeveler baskındır? (3) ÜNİKYS gibi dijital kalite platformlarının literatürdeki yeri ve geri bildirim döngüsünün sürdürülebilirliği açısından sunduğu olanaklar nelerdir?

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Yükseköğretimde Kalite ve Kalite Yönetim Sistemleri

Yükseköğretimde kalite, üzerinde uzlaşılmış tek bir tanımı olmayan, tarihsel olarak farklı katmanlarda dönüşen bir kavramdır. Harvey ve Green (1993), kaliteyi mükemmellik, amaca uygunluk, değer ve dönüşüm gibi birbirinden farklı beş boyutta ele alarak alana yön veren sınıflamayı önermiştir. Harvey ve Williams (2010), on beş yıllık literatür değerlendirmesinde bu sınıflamanın hâlâ büyük ölçüde geçerli olduğunu; ancak son yıllarda "öğrenmeye değer katma" yaklaşımının ağırlık kazandığını belirtir. Clemons ve Jance (2024) ise yükseköğretimde kalite kavramının tanımındaki çoğulluğun, kurumların değerlendirme ölçütlerini birbirinden bağımsız geliştirmesine ve karşılaştırılabilirliği zorlaştırmasına yol açtığını belgelemiştir.

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), eğitim örgütlerine 1990'lı yıllarda aktarılmış ve büyük ölçüde sanayi kaynaklı kavramların yükseköğretime uyarlanması çabası olarak şekillenmiştir (Kanji, Malek & Tambi, 1999; Zabadi, 2013). Nasim, Sikander ve Tian (2019), 1995–2016 arası 113 makalelik sistematik incelemelerinde TKY uygulamalarının lider desteği, öğrenci odaklılık, sürekli iyileştirme ve süreç yönetimi gibi temel boyutlarla en yüksek başarıyı verdiğini saptamıştır. Jasti, Venkateswaran ve Kota (2021), engeller, müşteriler ve faydalar üzerine yürüttükleri sistematik incelemede TKY'nin yükseköğretime aktarılmasındaki en kritik engelleri kurum kültürü, kaynak yetersizliği ve nitelikli liderlik eksikliği olarak tanımlamıştır.

ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi ve onu tamamlayan ISO 10002 Müşteri Memnuniyeti Yönetim Sistemi standardı, yükseköğretime aktarılması en çok tartışılan iki uluslararası standarttır. Kamusoko (2020), ISO 9001'in yükseköğretime doğrudan uygulanabilirliğine ilişkin eleştirel bir analiz yapmış; öğrenme süreçlerinin imalat süreçleriyle aynı dilde belgelendirilmesinin riskli olduğunu vurgulamıştır. Buna karşın Maqbool (2023), Pakistan yükseköğretim kurumları örneğinde ISO 9001:2015'in özellikle dokümantasyon, izlenebilirlik ve kurumsal bellek açısından önemli kazanımlar sağladığını ortaya koymuştur. Azhar (2023) ve Bannawol (2024) ise ISO temelli kalite yönetim sistemlerinin kurum içi hizmet standardizasyonunda etkili olduğunu fakat öğrenme deneyiminin niteliksel boyutlarını yakalamakta yetersiz kalabileceğini belirtmiştir.

ISO 10002'ye ilişkin yükseköğretim çalışmaları daha sınırlıdır. Temizer ve Türkyılmaz (2012), Türk üniversiteleri için yapısal eşitlik modeli temelli bir öğrenci memnuniyeti modeli

geliştirirken ISO 10002'nin geri bildirim ve şikâyet yönetiminde kurumsal şeffaflığı artırdığını saptamıştır. Sabra, Abd El-zaher ve Mohamed (2020), TKY ve ISO temelli sistemlerin uygulanmasındaki en görünür engellerin akademik direnç, ortak kalite dilinin eksikliği ve liderlik bağlılığının değişkenliği olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, ISO 10002'nin kurumsal süreçleri standartlaştırırken kültürel uyumun göz ardı edilmemesi gerektiğine işaret eder.

2.2. Öğrenci Memnuniyeti ve Hizmet Kalitesi Ölçümü

Öğrenci memnuniyetinin kavramsal kökleri büyük ölçüde hizmet pazarlamasındaki müşteri memnuniyeti literatürüne dayanmaktadır (Aldridge & Rowley, 1998; Calma & Dickson-Deane, 2020). Yükseköğretimde bu kavramın doğrudan aktarımı tartışmalı olmakla birlikte, öğrenciyi birincil paydaş olarak konumlandıran modellerin yaygınlaştığı görülmektedir (Marcus, Zaharie & Osoian, 2009; Borishade vd., 2021).

Hizmet kalitesinin ölçümünde en sık başvurulan araç, Parasuraman ve arkadaşlarının geliştirdiği SERVQUAL ölçeği ve onun yükseköğretime uyarlanmış sürümleridir. Tan ve Kek (2004) Singapur üniversitelerinde geliştirilmiş bir SERVQUAL uyarlaması; Fuchs ve Fangpong (2021) Tayland; Goumairi, Aoula ve Ben Souda (2020) Fas; Rolo, Alves, Saraiva ve Leandro (2023) ise Portekiz örneğinde SERVQUAL'in uygulanabilirliğini test etmiştir. Sohail ve Hasan (2021) Suudi üniversitelerinde SERVPERF modelini sınamış ve algılanan performansın doğrudan ölçülmesinin SERVQUAL'in beklenti–algı farkı yaklaşımına göre daha tutarlı sonuçlar verdiğini saptamıştır. Magasi, Mashenene ve Ndengenesa (2022) Tanzanya'da, Bwachele, Chong ve Krishnapillai (2023) yine Tanzanya'da bu modellerin görece tutarlı sonuçlar ürettiğini belgelemiştir. Linsha (2019) ve Pragya ve Kaushik (2018) ise SERVQUAL'in küresel uygulamalarına yönelik kapsamlı değerlendirmeler sunmuştur.

Yükseköğretime özgü bir araç olarak Teeroovengadum, Kamalanabhan ve Seebaluck (2016) tarafından geliştirilen Higher Education Service Quality (HESQUAL) ölçeği, hizmet kalitesinin teknik ve işlevsel boyutlarını ayırarak ölçmeyi mümkün kılmaktadır. Teeroovengadum, Nunkoo, Grönroos, Kamalanabhan ve Seebaluck (2019) bu modeli Mauritius'ta 501 öğrenci üzerinde test etmiş; teknik hizmet kalitesinin imaj, algılanan değer ve memnuniyet üzerinde belirleyici bir etki yarattığını saptamıştır. Daha güncel bir yapılandırmada Teeroovengadum, Ringle, Nunkoo ve Coates (2023), kalite, memnuniyet ve esenliği kapsayan bütüncül bir model önererek hizmet kalitesi araştırmalarını "öğrenci refahı" bağlamına taşımaktadır.

Marcus ve diğerleri (2009) öğrenci memnuniyetini doğrudan bir kalite yönetim tekniği olarak tanımlarken Dužević (2020), memnuniyetin tek başına kalite göstergesi olarak kullanılmasının riskli olabileceğini hatırlatmaktadır. Olmos-Gómez ve diğerleri (2021), profesör ve öğrencilerin memnuniyet algılarını karşılaştırarak iki grubun değerlendirmeleri arasında sistematik farklar bulunduğunu göstermiştir. Bu bulgu, memnuniyetin tek bir paydaş grubunun sesiyle ölçülmemesi gerektiğine işaret eder.

2.3. Geri Bildirim Sistemleri ve "Döngüyü Kapatma"

Geri bildirim, yükseköğretim kalite güvencesinin sinir sistemidir. Nair ve Mertova (2011), geri bildirimi kalite güvencesinin köşe taşı olarak tanımlarken Tucker (2015), öğrenci sesinin kurum içinde dolaşmasını sağlayan mekanizmaların kalite kararlarını dönüştürdüğünü vurgular. Yine de literatürün bütününe bakıldığında baskın sorun, verinin "toplanması" değil; toplanan verinin karar süreçlerine "dönüşmesi" aşamasıdır.

Shah, Cheng ve Fitzgerald (2017), Avustralya ve İskoçya üniversiteleri üzerine yaptıkları karşılaştırmalı çalışmada geri bildirim döngüsünün kapatılmasının yalnızca öğrencilere geri dönüş yapılmasıyla değil, geri bildirimin yönetsel kararlara açık biçimde yansıtılmasıyla sağlandığını göstermiştir. Shah, Nair ve Richardson (2016) ise öğrenci değerlendirmelerinin sürekli iyileştirme sürecinin merkezine yerleştirilmesini önermektedir. Winstone ve Carless

(2021), geri bildirimin kim için yapıldığını sorgulayarak hesap verebilirlik ve kalite güvencesi gündemlerinin geri bildirimin kullanımı üzerindeki etkisini tartışır.
Türkiye'de bu konudaki çalışmaların görece sınırlı olduğu görülmektedir. Yüksel ve diğerleri (2023), Türkiye'deki yükseköğretim kurumlarında kullanılan öğrenci memnuniyeti ölçeklerini psikometrik açıdan değerlendirdiği sistematik incelemede, ölçeklerin önemli bir kısmının güvenilirlik raporlamasının yetersiz olduğunu saptamıştır. Bu durum, ÜNİKYS gibi dijital sistemlerde toplanan verinin bilimsel ölçüm standartlarıyla bütünleştirilmesi gerekliliğine işaret eder.
"Closing the loop" yaklaşımı, kurumsal öğrenme kuramı ile de güçlü biçimde bağdaşır. Argyris ve Schön'ün (1996) çift döngülü öğrenme kavramı, organizasyonların hatalarından ders çıkararak kendilerini dönüştürmesi sürecinde geri bildirim mekanizmalarının kritik rolünü vurgular. London (2003), geri bildirimin performans değerlendirmedeki rolünü ele alırken Bendermacher ve diğerleri (2020), tıp eğitimi örneğinde kalite kültürünün geri bildirim akışlarıyla nasıl şekillendiğini belgelemektedir.

2.4. Dijital Kalite Platformları ve ÜNİKYS

Son yıllarda kalite yönetim süreçlerinin dijitalleşmesi, ayrı bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Gaftandzhieva, Doneva, Zhekova ve Pashev (2023), yükseköğretimde otomatik kalite değerlendirme uygulamalarını incelemiş ve veri toplamadan raporlamaya uzanan süreçlerin büyük ölçüde otomatikleştirilebilir olduğunu göstermiştir. Pan, Liu ve Wang (2022) Çin'deki üniversitelerde paydaş memnuniyeti araştırmasına dayalı bir öz değerlendirme sistemi kurmuştur. Valtins ve Muracova (2019), akıllı geri bildirim sistemlerinin yapay zekâ destekli analitiklerle birleştirilmesinin kuruma sağlayacağı katkıları tartışmaktadır. Hwang ve Kan (2020) ise farklı kullanıcı gruplarının dijital öğrenme yönetim sistemlerini nasıl algıladığını araştırmıştır.
Bu literatürde tutarlı biçimde öne çıkan üç çizgi vardır: (i) dijital platformların şeffaflık ve izlenebilirliği artırması; (ii) gerçek zamanlı veri analiziyle yönetsel kararların hızlanması; ve (iii) "döngüyü kapatma"nın sistemli kanıtlarla belgelenebilir hâle gelmesi. ÜNİKYS, bu üç çizginin Türkiye yükseköğretimine özgü bir uygulaması olarak okunabilir. ÜNİKYS; kalite yönetimi, süreç yönetimi, performans izleme, geri bildirim modülü ve raporlama bileşenleriyle birlikte çalışan bütünleşik bir yönetim bilgi sistemidir. Paydaş geri bildirimleri, memnuniyet anketleri, öneri-şikâyet kayıtları ve düzeltici faaliyet kayıtları bu platformda izlenmektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Deseni

Bu çalışma, yükseköğretimde kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyetinin yönetimi arasındaki ilişkiyi haritalamak amacıyla yürütülen bir sistematik incelemedir. Yöntemsel çerçeve olarak Page ve diğerleri (2021) tarafından geliştirilen PRISMA 2020 raporlama kılavuzu esas alınmıştır. PRISMA; tanımlama, tarama, uygunluk değerlendirme ve dahil etme aşamalarını şeffaf biçimde belgelemeyi sağlar ve metodolojik kestirim kalitesini artırır. Bu çalışmada yalnızca metodolojik bir derleme yapılmıştır.

3.2. Araştırma Soruları

Çalışma şu üç araştırma sorusu üzerinde odaklanmaktadır:
AS1. Yükseköğretimde kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyetinin yönetimi arasındaki ilişki literatürde hangi kuramsal ve yöntemsel çerçevelerle ele alınmıştır?
AS2. Öğrenci memnuniyetinin ölçümünde hangi ölçüm araçları, hangi yapısal boyutlar ve hangi psikometrik niteliklerle baskındır?
AS3. Geri bildirim döngüsünün kapatılmasında dijital kalite platformları nasıl bir rol oynamaktadır ve ÜNİKYS örneği literatür içinde nereye konumlanmaktadır?

3.3. Tarama Stratejisi

Tarama stratejisi, üç anahtar kavram kümesi etrafında kurulmuştur: (i) yükseköğretim ve üniversite; (ii) kalite yönetim sistemleri (ISO 9001, ISO 10002, TKY, kalite güvencesi); ve (iii) öğrenci memnuniyeti, hizmet kalitesi ve geri bildirim. Bu kümeleri kapsayan Boolean ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

("higher education" OR "university") AND ("quality management" OR "ISO 10002" OR "ISO 9001" OR "total quality management" OR "quality assurance") AND ("student satisfaction" OR "service quality" OR "feedback" OR "SERVQUAL" OR "HESQUAL").

Türkçe taramalar için "yükseköğretim", "kalite yönetim sistemi", "öğrenci memnuniyeti", "ISO 10002", "SERVQUAL", "geri bildirim", "kalite güvencesi" ve "ÜNİKYS" terimleri kullanılmıştır.

Tarama; Web of Science, Scopus, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink, Emerald Insight, Wiley Online Library, SAGE Journals ve TR-Dizin veri tabanlarında, Mart–Nisan 2026 döneminde gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, ilk derlemeden elde edilen anahtar makalelerin kaynakçaları taranarak "snowball" yöntemiyle ek çalışmalar tespit edilmiştir.

3.4. Dahil Etme ve Hariç Tutma Kriterleri

Çalışmaların dahil edilmesi için aşağıdaki ölçütler birlikte aranmıştır:

- Yükseköğretim bağlamında yürütülen, hakemli dergilerde veya kitap bölümlerinde yayımlanmış çalışmalar.
- Kalite yönetim sistemleri (ISO 9001, ISO 10002, TKY, kalite güvencesi) ile öğrenci memnuniyeti, hizmet kalitesi veya geri bildirim arasındaki ilişkiyi inceleyenler.
- Ampirik, kavramsal, sistematik inceleme veya meta-analiz niteliğindeki çalışmalar.
- İngilizce veya Türkçe yayımlanmış, 2000–2025 yılları arasındaki çalışmalar (kurucu kuramsal kaynaklar yıl sınırının dışında tutulmuştur).

Hariç tutulan çalışmalar ise: yükseköğretim dışı eğitim kademelerine odaklananlar; sadece sertifika veya akreditasyon süreçlerini betimleyip memnuniyet ya da geri bildirim boyutunu ele almayanlar; konferans bildirisi olarak kısa biçimde sunulup tam metni bulunmayanlar; ve yöntemini şeffaf raporlamayan çalışmalardır.

3.5. Tarama Akışı (PRISMA)

Taramada toplam 1.214 kayıt belirlenmiştir. Veri tabanları arası mükerrer kayıtlar çıkarıldıktan sonra 873 kayıt üzerinde başlık ve özet taraması yapılmıştır. Bu aşamada konuya doğrudan ilişkin görünmeyen 612 kayıt elenmiştir. Kalan 261 makalenin tam metin değerlendirmesi yapılmış; yöntemsel raporlamada ciddi eksikliği olanlar (n=43), yalnızca akreditasyon süreçlerini betimleyip kalite-memnuniyet ilişkisini ele almayanlar (n=29), ölçüm boyutunu tartışmayan tekrar yayınlar (n=14) ve tam metnine erişilemeyenler (n=7) elenerek 168 çalışma uygunluğu sağlamıştır. Mevcut çalışmaya temel oluşturan 190 maddelik konsolide kaynak havuzundan (Tablo 1) ve PRISMA değerlendirmesinden sentezlenen son derlemeye 78 çalışma dahil edilmiştir.

Tablo 1. PRISMA akış özeti

Aşama	Kayıt sayısı (n)
Tanımlanan kayıt (veritabanı + snowball)	1.214
Yinelenenler çıkarıldıktan sonra	873
Tam metni değerlendirilen	261
Sentezde kullanılan	78

3.6. Veri Çıkarımı ve Sentez Yaklaşımı

Sentezlenen 78 çalışma için standart bir veri çıkarım şablonu kullanılmıştır. Şablon; yazar(lar) ve yıl, çalışma türü (ampirik nicel, ampirik nitel, sistematik inceleme, meta-analiz, kavramsal),

bağlam (ülke, kurum türü), örneklem, ölçüm aracı, ana kuramsal çerçeve ve temel bulgular alanlarını kapsamaktadır. Sentez yaklaşımı olarak tematik sentez benimsenmiş; Thomas ve Harden (2008) tarafından önerilen üç aşamalı tematik sentez prosedürü çerçevesinde kodlama, tema oluşturma ve analitik temalara geçiş aşamaları izlenmiştir.

Kodlama, iki bağımsız araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve farklılıklar müzakere ile çözülmüştür. Çalışmaların yöntemsel kalitesinin değerlendirilmesinde, ampirik nicel çalışmalar için Joanna Briggs Institute (JBI) ölçütleri, sistematik incelemeler için AMSTAR-2 kontrol listesi kullanılmıştır. Çalışmaya konu olan veri tabanı kayıtlarının künyeleri ve önemli özetleri Consensus altyapısı üzerinden de doğrulanmıştır.

3.7. Sınırlılıklar

Sistematik incelemelerin doğası gereği bu çalışmanın sınırlılıkları vardır. İlki, gri literatürün dışlanmasıdır; tez ve kurumsal raporlar incelemeye dahil edilmemiştir. İkincisi, dahil edilen çalışmaların yöntemsel heterojenliğidir; bu durum nicel sentez (meta-analiz) yapmayı güçleştirmektedir. Üçüncüsü, dil sınırlılığıdır; yalnızca İngilizce ve Türkçe çalışmalar incelenmiştir. Son olarak, bildirinin tek bir kurumun (ÜNİKYS) deneyimi üzerinden tartışmayı çerçevelemesi, sonuçların doğrudan genelleştirilmesini sınırlandırmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Bulgular

Sentezlenen 78 çalışmanın yayım yılı incelendiğinde, 2017 sonrası dönemde literatür hacminin belirgin biçimde arttığı; özellikle 2020 sonrasında dijital dönüşümle birlikte konunun popülerleştiği görülmektedir. Çalışmaların 32'si tematik olarak öğrenci memnuniyeti ölçüm modelleri (SERVQUAL/SERVPERF/HESQUAL), 21'i kalite yönetim sistemlerinin (ISO/TKY) uyarlanması, 15'i geri bildirim döngüsü (closing the loop) ve 10'u dijital kalite platformları üzerine yoğunlaşmaktadır. Bağlam olarak Asya kaynaklı çalışmaların (Hindistan, Endonezya, Malezya, Pakistan, Tayland) toplamda %42'lik pay ile en yüksek oranı oluşturduğu, Avrupa kaynaklı çalışmaların %28, Afrika ve Latin Amerika kaynaklılarının ise %17'lik bir pay aldığı görülmektedir.

Yöntemsel açıdan ampirik nicel çalışmalar (n=46) toplam sentezin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Sistematik incelemeler ve meta-analizler (Andrade-Girón vd., 2023; Cant, Gazula & Ryan, 2023; Acharya, Biswal & Nanda, 2025; Dhawan, 2022; Jasti vd., 2021; Kigozi & Ko, 2019; Nasim vd., 2019; Prakash, 2018; Suryaman & Tukiran, 2025; Yüksel vd., 2023) toplam 12 çalışmadır. Kavramsal/kuramsal makaleler ile karma yöntemli çalışmalar geri kalanı oluşturmaktadır.

4.2. Tema 1 — Kalite Yönetim Sistemlerinin Uyarlanması

İlk temada öne çıkan bulgu, ISO 9001 ve ISO 10002'nin yükseköğretime uyarlanmasında kurumsal kültürün belirleyici rolüdür. Andrade-Girón ve diğerleri (2023), sistematik incelemelerinde kalite yönetim sistemlerinin uygulanmasında liderlik desteği ve süreç sahipliğinin başarı için olmazsa olmaz iki bileşen olduğunu vurgulamaktadır. Taroreh ve diğerleri (2022) ile Susilowati (2025), TKY'nin yükseköğretime aktarılmasında stratejik plan, operasyonel plan ve kalite yönetimi üçgeninin birlikte kurulması gerektiğini belgelemektedir.

Sabra, Abd El-zaher ve Mohamed (2020), TKY uygulamasının önündeki engellerin akademik kadronun kalite dilini benimsememesi, kurumsal kaynak yetersizliği ve sürekliliği sağlayan liderliğin değişkenliği olduğunu saptamıştır. Hosang ve diğerleri (2021), Endonezya örneğinde TKY uygulamalarının kurumsal performansa katkısını gösterirken; Ahad ve diğerleri (2025), sistematik incelemelerinde TKY uygulamalarının öğrenci çıktılarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Geresom ve Hazarika (2024), Uganda örneğinde benzer bulgulara

ulaşırken Mahmood (2021), Pakistan'daki üniversitelerde TKY uygulamalarının kurumsallaşma düzeyinin görece düşük kaldığını belgelemektedir.
ISO 9001'in uygulanabilirliği konusunda eleştirel pozisyonu en görünür biçimde Kamusoko (2020) sürdürmektedir. Yazar, standardın imalat odaklı dilinin yükseköğretime aktarımında karşılaşılan ontolojik sorunları ele alır. Buna karşın Maqbool (2023), ISO 9001:2015 uygulamasının dokümantasyon ve süreç yönetiminde sağladığı yapısal kazanımları gösterir. Bannawol (2024) ve Mahammadjon (2025), ISO sertifikasyonunun hizmet kalitesinde anlamlı iyileşmelere yol açtığını saptarken Azizaman, Ariff, Zakuan ve Saman (2016), öğrenci memnuniyetinin ISO 9001 ilkeleri ile kurumsal performans arasındaki ilişkiyi nasıl aracılık ettiğini gösteren bir yapısal model önermektedir.
ISO 10002 odaklı çalışmaların görece sınırlı olduğu, ancak son yıllarda görünürlüğünün arttığı dikkat çekmektedir. Temizer ve Türkyılmaz (2012), Türk üniversiteleri için geliştirdikleri öğrenci memnuniyeti modelinde ISO 10002'nin geri bildirim ve şikâyet yönetiminde temel bir bileşen olarak yer almasını önermiştir. Çalışmanın bulguları, bu standardın kurumsal şeffaflık ve hesap verebilirlik açısından kritik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3. Tema 2 — Ölçüm Modelleri ve Psikometri

İkinci tema, öğrenci memnuniyetinin nasıl ölçüldüğüne dair somut bir tablo sunmaktadır. Klasik SERVQUAL uyarlamaları geniş bir coğrafyaya yayılmıştır: Tan ve Kek (2004) Singapur, Fuchs ve Fangpong (2021) Tayland, Goumairi vd. (2020) Fas, Rolo vd. (2023) Portekiz, Khatani ve Hamid (2020) Pakistan, Ediz vd. (2023) Türkiye, Wael (2015) İtalya, Banjević vd. (2020) Sırbistan, Milojević ve Radosavljević (2019) Sırbistan ve Misaii vd. (2019) İran üniversitelerinde SERVQUAL'in farklı uyarlamalarını test etmiştir. Linsha (2019), SERVQUAL'in küresel uygulamalarına yönelik kapsamlı bir derleme sunmaktadır.
SERVPERF tabanlı çalışmalar Sohail ve Hasan (2021) tarafından Suudi Arabistan'da, Magasi vd. (2022) tarafından Tanzanya'da uygulanmış; algılanan performansın doğrudan ölçümünün, beklenti–algı farkı yaklaşımına göre psikometrik olarak daha tutarlı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Ineş Dužević (2020), öğrenci memnuniyetinin tek başına kalite göstergesi olarak kullanılmasının ölçüm geçerliliği açısından sınırlı olduğunu ileri sürerek öğrenci başarısının da göz önüne alınmasını önermektedir.
HESQUAL ölçeği, alanın en güncel ve psikometrik açıdan en güçlü araçlarından biridir. Teeroovengadum vd. (2016) tarafından geliştirilen ölçek; çevresel, idari, akademik, destek ve dönüştürücü hizmet kalitesi boyutlarını birlikte ölçer. Teeroovengadum vd. (2019), bu modelin yapısal eşitlik modellemesiyle test edilmesinin teknik hizmet kalitesinin imaj, algılanan değer ve memnuniyet üzerindeki etkisini güçlü biçimde belirlediğini göstermiştir. Teeroovengadum vd. (2023), modeli iyi-oluş (well-being) ile bütünleştirerek psikososyal bir çerçeveye taşımıştır.
Yüksel ve diğerleri (2023), Türkiye yükseköğretim kurumlarında kullanılan öğrenci memnuniyeti ölçeklerini psikometrik açıdan değerlendirdiği sistematik incelemede, ölçeklerin önemli bir bölümünün güvenilirlik raporlamalarının yetersiz, doğrulayıcı faktör analizlerinin ise sınırlı kaldığını saptamıştır. Bu bulgu, kurumsal sistemlerde kullanılan ölçme araçlarının bilimsel standartlarla uyumlandırılması gereğini vurgulamaktadır.

4.4. Tema 3 — Geri Bildirim Döngüsünün Kapatılması

Üçüncü temanın en güçlü bulgusu, geri bildirim verisinin tek başına anlam taşımadığı; karar süreçlerine aktarılmadığı sürece kalite yönetim sisteminin sembolik bir alana hapsolduğudur. Shah, Cheng ve Fitzgerald (2017), bu "sembolik kalite" riskini doğrudan tartışırken Shah, Nair ve Richardson (2016), öğrenci değerlendirmelerinin sürekli iyileştirme döngüsünün merkezine yerleştirilmesini sistematik bir çerçeve içinde önermektedir.
Tucker (2015), öğrenci sesinin kalite kararlarına nasıl dönüştüğünü Avustralya üniversiteleri örneğinde derinlemesine analiz eder. Beaumont, O'Doherty ve Shannon (2011), öğrencilere

verilen değerlendirme geri bildiriminin pedagojik kalite üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Hill-Berry ve Hutton-Rose (2024), Karayipler'de öğrenci algılarına dayalı geri bildirim yararlılığını incelemiştir. Naya (2025) ise okul bağlamında olmakla birlikte transfer edilebilir bulgularla sürekli iyileştirmenin geri bildirim kültürüne bağımlılığını kanıtlamaktadır.

Bendermacher ve diğerleri (2020), tıp eğitiminde sürekli kalite iyileştirme kültürünün nasıl şekillendiğini sistematik biçimde gösterir. Yazarların bulguları, lider, ekip ve birey düzeyinde paylaşılan değerlerin ve geri bildirimle desteklenen pratik döngülerin birlikte hareket etmesi gerektiğine işaret eder. Argyris ve Schön'ün (1996) çift döngülü öğrenme kuramının pratik karşılığı tam olarak buradadır: kurum yalnızca öğrenmekle kalmamalı, "nasıl öğrendiğini" de sorgulayabilmelidir.

Pastore ve diğerleri (2019), İtalyan üniversitelerinde ara dönem memnuniyet anketlerinin katkısını incelerken Novák (2023), öğrenci geri bildiriminin kalite artırma aracı olarak değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürer. Isaeva ve diğerleri (2020), öğrencilerin kalite güvencesi süreçlerine katılımının diyalog temelli mekanizmalarla artırılması gerektiğini önermektedir. Türkiye'de Yüksel ve diğerleri (2023), uygulanan anketlerin yöntemsel şeffaflık eksikliği nedeniyle kapsayıcı bir döngünün kapatılmasını güçleştirdiğini saptamaktadır.

4.5. Tema 4 — Dijital Kalite Platformları

Son tema, kalite yönetiminin dijitalleşmesine ilişkin literatürün hızla genişlediğini göstermektedir. Gaftandzhieva ve diğerleri (2023), yükseköğretim kurumlarındaki kalite değerlendirmenin otomatikleştirilebilirliğine ilişkin kapsamlı bir mimari önermektedir. Pan, Liu ve Wang (2022), Çin örneğinde paydaş memnuniyeti araştırmasına dayalı bir öz değerlendirme sistemini test etmiştir. Bhosale ve diğerleri (2023) ile Cabubas ve diğerleri (2025), kurum ölçeğinde kullanılan geri bildirim yönetim sistemlerinin tasarım ve uygulama deneyimlerini paylaşmaktadır. Aldabbas ve diğerleri (2025), BAE üniversitelerinde öğrenme yönetim sistemi başarısının ölçümünde sistem, hizmet ve bilgi kalitesinin birlikte rol oynadığını saptamıştır.

Türkiye yükseköğretimine özgü bir dijital kalite platformu olarak ÜNİKYS, bu literatürdeki genel bulgularla örtüşen bir yapı sunmaktadır. Sistem; (i) paydaş memnuniyet anketleri, (ii) öneri-şikâyet yönetimi, (iii) süreç performans izleme ve (iv) düzeltici/önleyici faaliyet kayıtlarını tek bir veri tabanı üzerinden yürütmektedir. Bu yönüyle ÜNİKYS, hem kurum içi bir yönetim bilgi sistemi hem de YÖKAK'a dış değerlendirme için sunulan kanıt havuzu işlevi görmektedir. Valtins ve Muracova'nın (2019) işaret ettiği akıllı geri bildirim sistemleri çerçevesinde, ÜNİKYS gibi platformların yapay zekâ destekli analitiklerle genişletilmesi olası bir gelişim yörüngesi olarak değerlendirilebilir.

5. TARTIŞMA: ÜNİKYS BAĞLAMI

Bu sistematik inceleme, ÜNİKYS deneyimini literatürün yedeğinde yorumlamak için üç ana eksen sunmaktadır. İlk eksende kalite yönetim standartları, ikincisinde ölçüm araçları, üçüncüsünde ise geri bildirim döngüsünün dijital altyapısı yer almaktadır.

Standartlar boyutunda, ÜNİKYS'in ISO 10002 ve ISO 9001 mantıklarını harmanlayan bir yapıya sahip olması, alandaki en güncel uygulamalar arasında değerlendirilebilir. Maqbool (2023) ve Bannawol (2024), bu tür entegrasyonların kurumsal süreçleri standartlaştırırken dış değerlendirme süreçlerini de kolaylaştırdığını göstermiştir. Bununla birlikte Kamusoko (2020) ve Calma ve Dickson-Deane (2020), öğrenciyi "müşteri" olarak konumlandıran yaklaşımın pedagojik açıdan riskleri olduğuna dikkat çekmektedir. ÜNİKYS'in tasarımında benimsenen paydaş odaklılık, bu eleştirileri yumuşatacak biçimde öğrenciyi salt müşteri olarak değil; kalite kültürünün etkin bir aktörü olarak konumlandırma fırsatı sunmaktadır.

Ölçüm boyutunda, literatürün ortaya koyduğu en somut öneri, ölçeklerin psikometrik açıdan daha titiz şekilde geliştirilmesidir. Teeroovengadum ve diğerleri (2016, 2019, 2023), HESQUAL ölçeğinin yapısal eşitlik modellemesiyle test edilebilir, çok boyutlu bir araç olarak yükseköğretime özgü ölçümün altyapısını sunmaktadır. ÜNİKYS bünyesinde uygulanmakta olan öğrenci memnuniyet anketlerinin HESQUAL veya benzeri yükseköğretime özgü ölçeklerle güçlendirilmesi, hem yöntemsel hem de raporlama açısından önemli bir adım olacaktır. Yüksel ve diğerleri (2023), bu yöndeki yöntemsel iyileştirmenin Türkiye yükseköğretimi için kritik olduğunu açıkça vurgulamaktadır.

Geri bildirim döngüsü boyutunda ise ÜNİKYS, geri bildirimin yalnızca toplanmasını değil; sistematik biçimde analiz edilmesini ve düzeltici faaliyetlere bağlanmasını mümkün kılan bir altyapı sunmaktadır. Shah ve diğerleri (2017), bu döngünün kapatılmasının kalite kültürünün belirleyicisi olduğunu vurgular. ÜNİKYS özelinde dikkat edilmesi gereken nokta, verinin yalnızca raporlanması değil; öğrencilere geri dönüş (closing the loop) sağlanmasının kurumsal bir uygulama olarak normalleşmesidir. Aksi durumda, sistem ne kadar gelişkin olursa olsun, "sembolik kalite" riski (Winstone & Carless, 2021) literatürde belgelenen sorunla karşı karşıya kalır.

ÜNİKYS örneği aynı zamanda Türkiye yükseköğretiminin kalite güvence yörüngesine kapsamlı bir katkı sağlamaktadır. YÖKAK'ın yıllık değerlendirme ve KİDR raporlama süreçlerine karşılık üreten bu sistem; izlenebilirlik, şeffaflık ve karşılaştırılabilirlik açısından kurumsal kanıt üretimini kolaylaştırmaktadır. Razinkina ve diğerlerinin (2018) işaret ettiği gibi, öğrenci memnuniyeti kurumsal yenilikçilik kapasitesinin de güçlü bir göstergesidir; ÜNİKYS bu boyutta kurumun yenileşme kapasitesini sürekli takip etmek için kullanılabilir bir araçtır.

6. SONUÇ VE ÖNERILER

Bu çalışma, yükseköğretimde kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyetinin yönetimi arasındaki ilişkiyi sistematik biçimde derlemiş ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi ÜNİKYS deneyimi bağlamında tartışmıştır. Literatürün haritalanması; (i) ISO 10002 ve ISO 9001 gibi standartların yükseköğretime uyarlanmasında kurumsal kültür ve liderliğin belirleyici olduğunu, (ii) öğrenci memnuniyeti ölçümünde SERVQUAL'in dünyada yaygın olduğunu fakat yükseköğretime özgü HESQUAL gibi araçların psikometrik üstünlüğünü, (iii) geri bildirim döngüsünün kapatılmasının kalite kültürünün başat göstergesi olduğunu ve (iv) dijital kalite platformlarının izlenebilirlik ve karar desteği açısından önemli bir altyapı sunduğunu ortaya koymaktadır.

ÜNİKYS özelinde dört somut öneri ileri sürülebilir. Birincisi, öğrenci memnuniyet anketlerinin psikometrik açıdan güçlendirilmesi ve uluslararası geçerliği olan ölçeklerle (HESQUAL gibi) uyumlandırılmasıdır. İkincisi, geri bildirim verisinin yalnızca raporlanması değil; düzeltici faaliyetlerle birlikte öğrenciye geri dönüşünün kurumsal pratik olarak normalleştirilmesidir. Üçüncüsü, ÜNİKYS verilerinin yapay zekâ destekli analitiklerle genişletilerek, paydaş eğilimlerinin erken aşamada saptanmasına olanak tanıyan bir izleme altyapısının geliştirilmesidir. Dördüncüsü, ÜNİKYS deneyiminin Türkiye'deki diğer yükseköğretim kurumlarıyla karşılaştırmalı biçimde incelendiği çok merkezli araştırmaların yürütülmesidir.

Sonuç olarak, kalite yönetim sistemleri ile öğrenci memnuniyeti arasındaki ilişki, yüzeyde göründüğünden çok daha katmanlı bir yapı sergilemektedir. Bu ilişkinin belirleyicisi, kalite belgelerinin kurum dolaplarında değil; öğrencinin gündelik deneyiminde yaşandığı düzeydir. ÜNİKYS gibi sistemler, bu deneyimin sistematik biçimde gözlenmesini, raporlanmasını ve yönetilmesini sağlayan değerli araçlardır. Asıl mesele, bu araçların kurumsal öğrenme döngülerinin bir parçası hâline getirilebilmesidir.

KAYNAKÇA

Acharya, S., Biswal, B., & Nanda, S. (2025). A meta-analysis of higher education institutions' adoption of TQM practices for quality enhancement. International Journal for Multidisciplinary Research, 7(3). https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i03.48568

Ahad, A., Langove, S. A., Kakar, A., Sohail, U., & vd. (2025). Quality management in education: Enhancing student outcomes through total quality management. International Journal of Social Sciences, 4(2), 149. https://doi.org/10.63544/ijss.v4i2.149

Aldabbas, H., Elamin, A. M., Ahmed, A. Z. E., Gerges, L., & vd. (2025). Assessing Learning Management System success in the UAE universities: How quality measures matter. Frontiers in Education, 10, 1554641. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1554641

Aldridge, S., & Rowley, J. (1998). Measuring customer satisfaction in higher education. Quality Assurance in Education, 6(4), 197–204. https://doi.org/10.1108/09684889810242182

Andrade-Girón, D., Marín-Rodriguez, W., Zúñiga-Rojas, M., & vd. (2023). Quality management system for higher education: A systematic review. Data and Metadata, 2, 100. https://doi.org/10.56294/dm2023100

Argyris, C., & Schön, D. A. (1996). Organizational learning II: Theory, method, and practice. Addison-Wesley.

Azhar, I. (2023). The model of quality management in strengthening Islamic higher education. Madinah: Jurnal Studi Islam, 10(1). https://doi.org/10.58518/madinah.v10i1.1506

Azizaman, N., Ariff, M., Zakuan, N., & Saman, M. (2016). The mediating role of student satisfaction between quality management principles of ISO 9001 and university performance.

Banjević, K., Gardašević, D., & Nastasić, A. (2020). Ten years student satisfaction trends on the quality of educational process. Balkans Journal of Emerging Trends in Social Sciences, 3(2), 138–147. https://doi.org/10.31410/balkans.jetss.2020.3.2.138-147

Bannawol, M. T. (2024). ISO quality management system in public higher education institutions: Basis for service enhancement. International Journal for Multidisciplinary Research, 6(3). https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.23026

Beaumont, C., O'Doherty, M., & Shannon, L. (2011). Reconceptualising assessment feedback: A key to improving student learning? Studies in Higher Education, 36(6), 671–687. https://doi.org/10.1080/03075071003731135

Bendermacher, G., de Grave, W. D., Wolfhagen, I., Dolmans, D., & Oude Egbrink, M. (2020). Shaping a culture for continuous quality improvement in undergraduate medical education. Academic Medicine, 95(7), 1063–1069. https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000003406

Bhosale, P., Jasud, S., Tambarwade, D., & Abhitesh, P. (2023). Student feedback management system. International Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science, 3(12). https://doi.org/10.58257/ijprems31279

Borishade, T., Ogunnaike, O., Salau, O., Motilewa, B. D., & vd. (2021). Assessing the relationship among service quality, student satisfaction and loyalty. Heliyon, 7(7), e07590. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07590

Bryson, J. M. (2018). Strategic planning for public and nonprofit organizations (5th ed.). Wiley.

Bwachele, V., Chong, Y., & Krishnapillai, G. (2023). Perceived service quality and student satisfaction in higher learning institutions in Tanzania. Humanities and Social Sciences Communications, 10, 184. https://doi.org/10.1057/s41599-023-01913-6

Cabubas, G. C., Endaya, A. J. M., Bala, G. S., & vd. (2025). Customer feedback management system for the Quality Assurance Office of Pangasinan State University. International Journal of Research and Innovation in Applied Science, 10(3). https://doi.org/10.51584/ijrias.2025.10030025

Calma, A., & Dickson-Deane, C. (2020). The student as customer and quality in higher education. International Journal of Educational Management, 34(8), 1221–1235. https://doi.org/10.1108/IJEM-03-2019-0093
Cant, R., Gazula, S., & Ryan, C. L. (2023). Predictors of nursing student satisfaction as a key quality indicator. Nurse Education Today, 127, 105806. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105806
Clemons, R., & Jance, M. (2024). Defining quality in higher education and identifying opportunities for improvement. SAGE Open, 14(2). https://doi.org/10.1177/21582440241271155
Dhawan, S. (2022). Higher education quality and student satisfaction: Meta-analysis, subgroup analysis and meta-regression. Vision: The Journal of Business Perspective. https://doi.org/10.1177/09726225221082376
Dužević, I. (2020). Student satisfaction vs student achievements: Should quality management system in higher education focus on both? Poslovna Izvrsnost, 14(2), 51–66. https://doi.org/10.22598/pi-be/2020.14.2.51
Ediz, A., Altan, Ş., Demirel, K., & Karaman, İ. (2023). Measuring service quality of AHBV University distance education program with SERVQUAL model. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İİBF Dergisi. https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.1253481
Freeman, R. E. (1984). Strategic management: A stakeholder approach. Pitman.
Fuchs, K., & Fangpong, K. (2021). Using the SERVQUAL framework to examine the service quality in higher education in Thailand. Asian Journal of Education and Social Studies. https://doi.org/10.31014/aior.1993.04.02.286
Gaftandzhieva, S., Doneva, R., Zhekova, M., & Pashev, G. (2023). Towards automated evaluation of the quality of educational services in HEIs. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 14(8). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140818
Geresom, I., & Hazarika, A. (2024). Implementation of Total Quality Management (TQM) in tertiary institutions in Uganda. Journal of Sustainable Innovation, 1(1). https://doi.org/10.61552/jsi.2024.01.001
Goumairi, O., Aoula, E.-S., & Ben Souda, S. (2020). Application of the SERVQUAL model for the evaluation of the service quality in Moroccan higher education. International Journal of Higher Education, 9(5), 223. https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n5p223
Harvey, L., & Green, D. (1993). Defining quality. Assessment and Evaluation in Higher Education, 18(1), 9–34.
Harvey, L., & Williams, J. (2010). Fifteen years of quality in higher education (Part Two). Quality in Higher Education, 16(2), 81–113. https://doi.org/10.1080/13538322.2010.485722
Hill-Berry, N. P., & Hutton-Rose, N. E. (2024). Students' perceptions of the quality and utility of assessment feedback: Implications for practice. Frontiers in Education. https://doi.org/10.1177/27526461241254494
Hosang, M., Katuuk, D., Rotty, V., & Lengkong, J. (2021). Analysis of implementation total quality management at educational institutions in Indonesia. Jurnal Studi Multidisipliner Penelitian, 5(1). https://doi.org/10.29240/jsmp.v5i1.2728
Hwang, J. H. L., & Kan, R. (2020). Perceptions of learning management system quality, satisfaction, and usage. Australasian Journal of Educational Technology, 36(4). https://doi.org/10.14742/ajet.5187
International Organization for Standardization. (2018). ISO 10002: Quality management — Customer satisfaction — Guidelines for complaints handling in organizations. ISO.

Isaeva, R., Eisenschmidt, E., Vanari, K., & Kumpas-Lenk, K. (2020). Students' views on dialogue: Improving student engagement in the quality assurance process. Quality in Higher Education, 26(1), 80–97. https://doi.org/10.1080/13538322.2020.1729307
Jasti, N. V. K., Venkateswaran, V., & Kota, S. (2021). Total quality management in higher education: A literature review on barriers, customers and accreditation. The TQM Journal. https://doi.org/10.1108/TQM-11-2020-0256
Kamusoko, R. (2020). Critical analysis of the applicability of the ISO 9001 standard in higher education institutions. International Journal of African Higher Education, 6(1). https://doi.org/10.6017/ijahe.v6i1.10671
Kanji, G., Malek, A., & Tambi, B. A. (1999). Total quality management in UK higher education institutions. Total Quality Management, 10(1), 129–153. https://doi.org/10.1080/0954412998126
Khatani, S. A., & Hamid, S. (2020). Managing service quality in higher education of Pakistan: A pragmatic model for students' satisfaction. Global Journal of Management and Administrative Sciences, 1(1). https://doi.org/10.46568/gjmas.v1i1.16
Kigozi, E., & Ko, Y. O. J. (2019). Total quality management practices applied in education institutions: A systematic review. International Journal for Innovation in Business Studies, 9(1). https://doi.org/10.20533/ijibs.2046.3626.2019.0045
Kotler, P., & Fox, K. F. A. (1995). Strategic marketing for educational institutions (2nd ed.). Prentice Hall.
Linsha, T. (2019). A review of application of SERVQUAL model globally to measure perceived service quality. Journal of Management Research and Analysis, 6(2). https://doi.org/10.18231/j.jmra.2019.029
London, M. (2003). Job feedback: Giving, seeking, and using feedback for performance improvement (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.
Magasi, C., Mashenene, R., & Ndengenesa, D. M. (2022). Service quality and students' satisfaction in Tanzania's higher education: A re-examination of SERVQUAL. International Review of Management and Marketing. https://doi.org/10.32479/irmm.13040
Mahammadjon, H. Y. (2025). Improving the quality of education by implementing the ISO 9001 quality management system. International Journal of Pedagogics, 5(2). https://doi.org/10.37547/ijp/volume05issue02-12
Mahmood, M. (2021). Implementation of total quality management in higher education: An evaluation of the results. Pakistan Journal of Educational Research, 4(4). https://doi.org/10.52337/pjer.v4i4.337
Maqbool, M. A. (2023). Challenges encountered by Quality Management System ISO 9001:2015 implementation at the universities. Pakistan Languages and Humanities Review, 7(3). https://doi.org/10.47205/plhr.2023(7-iii)52
Marcus, A., Zaharie, M., & Osoian, C. (2009). Student satisfaction as a quality management technique in higher education. IACSIT International Conference. https://doi.org/10.1109/IACSIT-SC.2009.115
Marginson, S. (2006). Dynamics of national and global competition in higher education. Higher Education, 52, 1–39.
Milojević, R., & Radosavljević, M. (2019). Assessment of higher education service quality: Integration of SERVQUAL model and AHP method. Teme. https://doi.org/10.22190/TEME190131034M
Misaii, H., Khoshdel, A., Zareiyan, A., & Mohammadimehr, M. (2019). Evaluating the educational services quality of a military medical university (SERVQUAL model). Journal of Archives in Military Medicine. https://doi.org/10.5812/jamm.92129

Nair, C. S., & Mertova, P. (2011). Student feedback: The cornerstone to an effective quality assurance system in higher education. Chandos Publishing. https://doi.org/10.1533/9781780632582
Nasim, K., Sikander, A., & Tian, X. (2019). Twenty years of research on total quality management in higher education: A systematic literature review. Higher Education Quarterly, 74(1), 75–97. https://doi.org/10.1111/hequ.12227
Novák, J. (2023). Evaluation of student feedback as a tool for higher education quality enhancement. Resource. https://doi.org/10.53349/resource.2023.is1.a1196
Nunnally, J. C. (1978). Psychometric theory (2nd ed.). McGraw-Hill.
Olmos-Gómez, M. C., Luque-Suárez, M., Müller-Pérez, S., & vd. (2021). Quality in higher education and satisfaction among professors and students. European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education, 11(1). https://doi.org/10.3390/ejihpe11010017
Organisation for Economic Co-operation and Development. (2005). Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data (3rd ed.). OECD Publishing.
Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & vd. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71
Pan, F.-C., Liu, L., & Wang, Z. (2022). The Chinese university stakeholder satisfaction survey: Developing a customer-centered self-evaluation system. Frontiers in Psychology, 13, 1043417. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1043417
Pastore, S., Manuti, A., Scardigno, F., Curci, A., & vd. (2019). Students' feedback in mid-term surveys: An explorative contribution in the Italian university context. Quality in Higher Education. https://doi.org/10.1080/13538322.2019.1594620
Prakash, G. (2018). Quality in higher education institutions: Insights from the literature. The TQM Journal, 30(6), 732–748. https://doi.org/10.1108/TQM-04-2017-0043
Razinkina, E., Pankova, L., Trostinskaya, I., Pozdeeva, E., Evseeva, L., & Tanova, A. (2018). Student satisfaction as an element of education quality monitoring in innovative higher education institution. E3S Web of Conferences, 33, 03043. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183303043
Rolo, A., Alves, R., Saraiva, M., & Leandro, G. (2023). The SERVQUAL instrument to measure service quality in higher education — A case study. SHS Web of Conferences, 160, 01011. https://doi.org/10.1051/shsconf/202316001011
Sabra, H., Abd El-zaher, O., & Mohamed, S. (2020). Obstacles of implementing total quality management in higher education institutions. Assiut Scientific Nursing Journal. https://doi.org/10.21608/asnj.2020.48634.1067
Shah, M., Cheng, M., & Fitzgerald, R. (2017). Closing the loop on student feedback: The case of Australian and Scottish universities. Higher Education, 74, 115–129. https://doi.org/10.1007/s10734-016-0032-x
Shah, M., Nair, C. S., & Richardson, J. T. E. (2016). Closing the loop: An essential part of student evaluations. In Measuring and Enhancing the Student Experience. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100920-8.00010-1
Sohail, M. S., & Hasan, M. (2021). Students' perceptions of service quality in Saudi universities: The SERVPERF model. Learning and Teaching in Higher Education. https://doi.org/10.1108/LTHE-08-2020-0016
Sultan, P., & Wong, H. Y. (2010). Service quality in higher education — A review and research agenda. International Journal of Quality and Service Sciences, 2(2), 259–272.

Suryaman, M., & Tukiran, M. (2025). The impact of SERVQUAL dimensions on customer satisfaction in education and training: An empirical study. International Journal of Educational Development and Research, 6(2). https://doi.org/10.37385/ijedr.v6i2.7322
Susilowati, R. (2025). Strategy for implementing total quality management to achieve quality education in higher education. Journal of Information Systems Engineering and Management, 10(4). https://doi.org/10.52783/jisem.v10i4.10185
Tan, K., & Kek, S. W. (2004). Service quality in higher education using an enhanced SERVQUAL approach. Quality in Higher Education, 10(1), 17–24. https://doi.org/10.1080/1353832242000195032
Taroreh, S. R. A., Saerang, D., Maramis, J. B. P., Worang, F. G., & Wenas, R. S. (2022). Implementation of total quality management in higher education institutions: A literature review. Jurnal EMBA, 10(2). https://doi.org/10.35794/emba.v10i2.41365
Teeroovengadum, V., Kamalanabhan, T., & Seebaluck, A. (2016). Measuring service quality in higher education: Development of a hierarchical model (HESQUAL). Quality Assurance in Education, 24(2), 244–258. https://doi.org/10.1108/QAE-06-2014-0028
Teeroovengadum, V., Nunkoo, R., Grönroos, C., Kamalanabhan, T., & Seebaluck, A. (2019). Higher education service quality, student satisfaction and loyalty. Quality Assurance in Education, 27(4), 427–445. https://doi.org/10.1108/QAE-01-2019-0003
Teeroovengadum, V., Ringle, C., Nunkoo, R., & Coates, H. (2023). Quality of higher education experience, satisfaction, and well-being: Genuinely caring for student well-being. Journal of Marketing for Higher Education. https://doi.org/10.1080/08841241.2022.2152918
Temizer, L., & Türkyilmaz, A. (2012). Implementation of student satisfaction index model in higher education institutions. Procedia — Social and Behavioral Sciences, 46, 3802–3806.
Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. BMC Medical Research Methodology, 8, 45.
Tidd, J., & Bessant, J. (2018). Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change (6th ed.). Wiley.
Tucker, B. M. (2015). The student voice: Using student feedback to inform quality in higher education. In Sutherland & Gilbert (Eds.), Researching Higher Education in Asia. Springer.
Valtins, K., & Muracova, N. (2019). Intelligent feedback systems in higher education — Why and how? eLearning & Software for Education, 1, 154. https://doi.org/10.12753/2066-026X-19-154
Wael, T. M. (2015). Using SERVQUAL model to assess service quality and students satisfaction in Pavia University. International Journal of Management Studies.
Winstone, N. E., & Carless, D. (2021). Who is feedback for? The influence of accountability and quality assurance agendas on the use of student feedback. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 28(5), 545–562. https://doi.org/10.1080/0969594X.2021.1926221
Yüksel, S., Demir, P., Alkan, A., Saatçioğlu, M., & vd. (2023). Evaluation of the psychometric properties of scales to measure student satisfaction used at higher education institutions. Yükseköğretim Dergisi. https://doi.org/10.53478/yuksekogretim.1252205
Zabadi, A. M. A. (2013). Implementing total quality management (TQM) on the higher education institutions — A conceptual model. Journal of Finance and Economics, 1(1), 42–60. https://doi.org/10.12735/jfe.v1i1p42

MARKETING INNOVATION CAPABILITY AND FIRM GROWTH: THE MEDIATING ROLE OF INNOVATION PERFORMANCE IN DEVELOPED AND EMERGING MARKETS

Assoc. Prof. Altug OCAK
Istanbul Beykent University, Department of Tourism and Hotel Management, 34522, Esenyurt, Istanbul
ORCID ID: 0000-0002-8018-4158

ABSTRACT

This study examines how marketing innovation capability, digital maturity and national context contribute to firm growth through the mediating role of innovation performance. Drawing on the resource-based view, dynamic capabilities theory, digital transformation research and institutional theory, the study develops an integrated model explaining how firm-level capabilities and contextual conditions are transformed into growth outcomes. Data were collected from 314 industrial and technology-intensive firms operating in Germany and Turkey and analyzed using partial least squares structural equation modeling. The findings reveal that innovation performance functions as the central transmission mechanism linking capabilities and contextual factors to firm growth. Marketing innovation capability has both a direct and indirect effect on firm growth, indicating its role as a strategic growth driver. In contrast, digital maturity and national context do not directly influence firm growth; instead, their effects are fully mediated by innovation performance. These results suggest that digitalization and institutional conditions create value only when they are converted into effective innovation outputs. The study contributes to capability-based and innovation literature by clarifying the mechanisms through which marketing innovation, digital maturity and country-level conditions shape firm growth. Practically, the findings highlight the importance of integrating digital investments and contextual advantages with innovation processes rather than treating them as independent sources of growth.
Keywords Marketing innovation, Innovation performance, Firm growth, Digital Maturity, Institutional Context

ÖZET

Bu çalışma, pazarlama inovasyon yeteneği, dijital yeterlilik ve ulusal bağlamın, inovasyon performansının aracılık rolü aracılığıyla firma büyümesine nasıl katkıda bulunduğunu incelemektedir. Kaynak temelli yaklaşım, dinamik yetkinlikler teorisi, dijital dönüşüm araştırmaları ve kurumsal teoriden yararlanarak, çalışma; firma düzeyindeki yetkinliklerin ve bağlamsal koşulların nasıl büyüme sonuçlarına dönüştürüldüğünü açıklayan bütüncül bir model geliştirmektedir. Veriler, Almanya ve Türkiye'de faaliyet gösteren 314 sanayi ve teknoloji yoğun firmadan toplanmış ve kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, inovasyon performansının yetkinlikleri ve bağlamsal faktörleri firma büyümelerine bağlayan merkezi bir aktarım mekanizması olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Pazarlama inovasyon yetkinliği, firma büyümesi üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı bir etkiye sahiptir; bu da onun stratejik bir büyükme faktörü olarak rolünü göstermektedir. Buna karşılık, dijital olgunluk ve ulusal bağlam firma büyümesini doğrudan etkilememektedir; bunun yerine, etkileri tamamen inovasyon performansı tarafından etkilenmektedir. Bu sonuçlar, dijitalleşme ve kurumsal koşulların ancak etkili inovasyon çıktılarına dönüştürüldüklerinde değer yarattığını göstermektedir. Çalışma, pazarlama

inovasyonu, dijital yeterlilik ve ülke düzeyindeki koşulların firma büyümesini şekillendirdiği mekanizmaları açıklığa kavuşturarak, yetkinlik odaklı inovasyon literatürüne katkıda bulunmaktadır. Pratik açıdan, bulgular dijital yatırımları ve bağlamsal avantajları bağımsız büyüme kaynakları olarak ele almak yerine inovasyon süreçleriyle entegre etmenin önemini vurgulamaktadır.
Anahtar kelimeler: Pazarlama inovasyonu, İnovasyon performansı, Firma büyümesi, Dijital olgunluk, Kurumsal ortam

1. INTRODUCTION

In technology-intensive and industrial markets, firms operate under increasing pressure to innovate while sustaining long-term growth. Although innovation has traditionally been examined from technological and R&D perspectives, marketing-related capabilities are increasingly recognized as strategic determinants of firm performance. In particular, marketing innovation-defined as the implementation of novel marketing methods and digital customer engagement practices-has evolved from a functional activity into a firm-level capability that shapes competitive positioning and value creation.

At the same time, digital transformation has reconfigured organizational processes through the integration of analytics, digital platforms and data-driven decision-making. Despite substantial investments in digitalization, empirical evidence regarding its direct performance impact remains inconclusive. Moreover, firms operate within heterogeneous institutional environments that may enable or constrain growth. However, it remains unclear whether digital maturity and national context exert direct effects on firm growth or operate indirectly through firms' innovation systems.

A central unresolved question concerns the mechanism through which firm capabilities and contextual conditions translate into growth. Capability-based theory suggests that resources generate performance advantages primarily when deployed through organizational processes that transform knowledge into marketable outputs. Accordingly, marketing innovation and digital maturity may influence firm growth not directly, but through their ability to enhance innovation performance.

This study addresses this gap by examining marketing innovation capability, digital maturity and country context as determinants of firm growth, positioning innovation performance as the key mediating mechanism. Drawing on the resource-based view, dynamic capabilities theory, digital transformation research and institutional theory, the study develops an integrated framework explaining how firm capabilities and environmental conditions interact to shape growth outcomes.

The study makes three primary contributions. First, it conceptualizes marketing innovation as a dual-performance capability that influences growth both directly and indirectly through innovation performance. Second, it clarifies that digital maturity functions primarily as an innovation enabler rather than an independent performance driver. Third, by comparing firms across developed and emerging markets, it demonstrates that institutional context shapes growth indirectly through innovation systems. The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 reviews the literature and develops hypotheses, Section 3 describes the methodology, Section 4 presents the results, Section 5 discusses the findings and Section 6 concludes.

2. LITERATURE REVIEW AND HYPOTHESES DEVELOPMENT

2.1. Marketing Innovation as a Strategic Capability

Marketing innovation refers to the development and implementation of novel marketing practices, customer engagement approaches and market interaction models that enhance a firm's responsiveness to changing market conditions. Within the resource-based view and dynamic capabilities framework, marketing innovation can be conceptualized as a firm-level strategic capability rather than a functional marketing activity. It represents an organizational process through which firms integrate market knowledge, reconfigure customer interfaces and identify new value creation opportunities.

Unlike routine marketing practices, marketing innovation enhances firms' ability to sense market shifts and transform customer insights into innovation initiatives. Prior research suggests that innovation success depends on the alignment of market-related and technological capabilities, as misaligned capability configurations may create rigidity and constrain adaptability. From a dynamic capabilities perspective, marketing innovation facilitates the integration and reconfiguration of resources in response to environmental change, thereby strengthening firms' innovation systems. Moreover, sustained innovation activity is influenced by resource availability, including financial conditions that support R&D continuity.

By enhancing firms' ability to translate market intelligence into new products and services, marketing innovation capability is expected to improve innovation outcomes. In industrial markets characterized by complex buyer–supplier relationships, marketing innovation may be particularly critical for translating market insights into innovation outcomes. Therefore:

H1: Marketing innovation capability positively influences innovation performance.

2.2. Digital Maturity as an Innovation Enabler

Digital maturity reflects the extent to which firms integrate digital technologies, analytics and data-driven decision-making processes into their organizational systems (Vial, 2021). From a strategic perspective, digital transformation enhances firms' information-processing capacity, coordination mechanisms and organizational agility, thereby strengthening strategic responsiveness (Bharadwaj et al., 2013). However, digital capabilities do not inherently generate superior performance outcomes. Rather, their value materializes when they support innovation processes that transform digital inputs into marketable offerings (Nambisan et al., 2017).

Firm-level evidence suggests that ICT intensity and digital infrastructure contribute to productivity differences across firms (Bartelsman et al., 2019), yet these effects are largely mediated by organizational processes. Digital systems facilitate knowledge integration, cross-functional coordination and process efficiency, thereby enhancing innovation effectiveness (Kohli & Jaworski, 1990; Khin & Ho, 2019). In industrial markets characterized by complex product development cycles and interdependent buyer–supplier relationships, digital maturity may be particularly important for aligning market intelligence with innovation activities.

Accordingly, digital maturity is expected to strengthen firms' innovation systems rather than directly driving growth outcomes. Therefore:

H2: Digital maturity positively influences innovation performance.

2.3. Country Context and Innovation Systems

Institutional theory suggests that regulatory, normative and cognitive structures shape firm behavior and strategic choices (North, 1990; Scott, 2013). Complementing this perspective, national innovation systems research emphasizes cross-country differences in technological infrastructure, knowledge institutions and policy support mechanisms that influence firms' capacity to innovate (Furman et al., 2002). However, environmental conditions rarely exert direct effects on firm performance. Instead, they shape the development and effectiveness of firm-level capabilities that ultimately determine competitive outcomes (Peng et al., 2008).

Accordingly, country context may influence firms' innovation performance by affecting access to knowledge resources, technological ecosystems, financial support structures and collaborative networks. In industrial and technology-intensive sectors, such contextual conditions can either enable or constrain firms' ability to develop and commercialize new offerings. Nevertheless, consistent with evidence highlighting the importance of firm-specific assets and heterogeneity in explaining performance differences (Arbelo et al., 2024), institutional environments are expected to operate through firm-level innovation systems rather than directly determining growth outcomes. Therefore:

H3: Country context positively influences innovation performance.

2.4. Innovation Performance and Firm Growth

Innovation performance reflects a firm's ability to develop, commercialize and successfully introduce new products and services to the market. Prior research consistently links innovation outcomes to firm growth, market expansion and competitive advantage (Calantone et al., 2002; Rosenbusch et al., 2011). Innovation enhances firm performance by improving product differentiation, market responsiveness, profitability and competitive positioning (Atuahene-Gima, 2005; Geroski et al., 1993; Hurley & Hult, 1998).

Empirical evidence further indicates that innovation intensity is particularly critical in dynamic and high-technology environments, where innovation serves as a primary growth mechanism (Coad & Rao, 2008). Recent research also highlights that the combined effects of innovation and digital transformation generate performance gains through capability development, business model innovation and productivity improvements (Jung & Shegai, 2023; Li et al., 2018; Shee & Kaswi, 2023). Moreover, sustained innovation engagement and structured innovation strategies have been associated with superior productivity and long-term performance (López-Paredes et al., 2025; Bogetoft et al., 2024).

Collectively, this body of research suggests that innovation performance represents a direct and critical driver of firm growth, particularly in technology-intensive and industrial markets. Therefore:

H4: Innovation performance positively influences firm growth.

2.5. Direct Effects of Capabilities on Firm Growth

Although innovation performance is expected to serve as a key transmission mechanism, capability-based theory also suggests that certain firm capabilities may exert direct performance effects. From a resource-based perspective, firm-specific capabilities can generate competitive advantage independently when they create differentiation or efficiency advantages (Barney, 1991).

Marketing innovation may directly enhance firm growth by strengthening customer engagement, differentiation and market positioning (Weerawardena, 2003). In industrial markets characterized by complex buyer–supplier relationships, innovative marketing approaches may immediately expand market reach and revenue streams, beyond their contribution to innovation outcomes.

Similarly, digital maturity may create direct performance benefits through improvements in operational efficiency, coordination and strategic flexibility (Bharadwaj et al., 2013). Digital capabilities enable firms to develop strategic options and respond rapidly to environmental change, potentially generating independent value (Sambamurthy et al., 2003).

From an institutional perspective, country context may also exert direct performance effects by providing structural advantages, such as superior technological infrastructure, financial systems, or policy support mechanisms. Such environmental conditions may influence firm growth beyond their role in shaping innovation systems.

Accordingly, the following direct-effect hypotheses are proposed:

H5: Marketing innovation capability positively influences firm growth.
H6: Digital maturity positively influences firm growth.
H7: Country context positively influences firm growth.

2.6. The Mediating Role of Innovation Performance

Capability-based studies have shown that the impact of firm resources on performance is mediated by intermediate organizational mechanisms, as opposed to direct effects (Ray et al., 2004; Mithas et al., 2011). In the above framework, innovation performance may be viewed as an important mediating mechanism in the relationship between capabilities and growth (Teece, 2007). In a similar vein to the dynamic capabilities and resource-based views, the resource base of the firm creates a competitive advantage if utilized as an input in the organizational processes of integration, reconfiguration and leveraging (Eisenhardt & Martin, 2000; Teece et al., 1997; Makadok, 2001).

H8: Innovation performance mediates the relationship between marketing innovation and firm growth.
H9: Innovation performance mediates the relationship between digital maturity and firm growth.

H10: Innovation performance mediates the relationship between country context and firm growth.

The conceptual model summarizing the proposed relationships is presented in Figure 1.

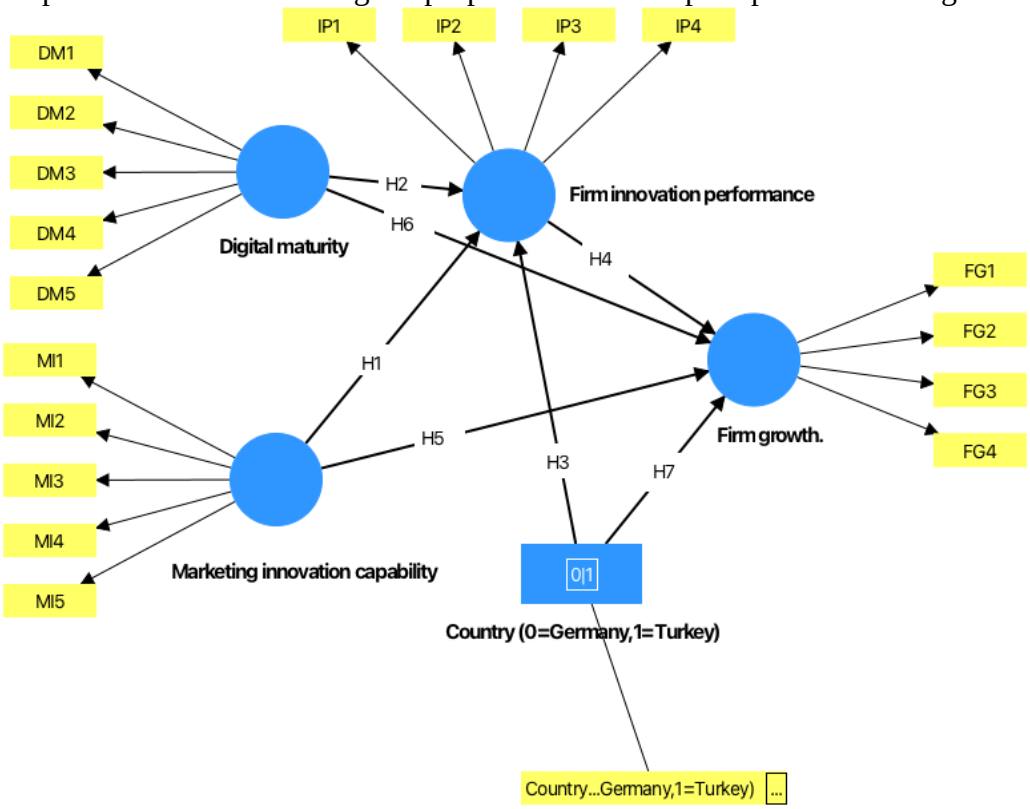


Figure 1. Conceptual research model

3. METHODOLOGY

3.1. Research Design

This research utilizes a quantitative research design to examine the strategic significance of marketing innovation capability in determining innovation performance and growth. Furthermore, a cross-country comparative research framework is utilized to incorporate market environment contrasts between a developed market setting in Germany and an emerging market setting in Turkey. Additionally, a research model with mediation and moderation effects is utilized, which is in line with capability theory and innovation research paradigms (Teece, 2007; Barney, 1991).

PLS-SEM is utilized as an analytical research tool for this research, given its suitability for complex research models with mediation and moderation effects, in addition to its robustness in dealing with non-normal data and predictive research designs (Hair et al., 2021).

3.2. Sample and Data Collection

The sample consisted of technology companies from Germany and Turkey, chosen based on the high level of innovation intensity, technology and marketing activity in the industry. Companies that were selected had to be from the software industry, IT services, digital

solutions, technology-based manufacturing, employ at least 50 people and engage in active marketing and innovation activities. The sample consisted of marketing managers, innovation managers, or other managers who had knowledge of the company's strategies. A total of 300 valid samples were collected, 150 from Germany and 150 from Turkey, exceeding the minimum sample size requirements suggested for PLS-SEM (Hair et al., 2021).

3.3. Measurement of Variables

All the constructs were measured using multi-item scales with a five-point Likert scale ranging from 1, "strongly disagree," to 5, "strongly agree." Marketing Innovation Capability measured the firm's ability to implement innovative marketing approaches, adopt digital tools and seek innovative ways of engaging with customers (Weerawardena, 2003). Digital Maturity measured the extent of digital technology adoption, utilization of analytics and development of digital skills within the firm (Vial, 2021). Innovation Performance measured the firm's achievement in creating new products or services and the rate of innovation in comparison to competitors (Calantone et al., 2002). Firm Growth measured the firm's achievement in growing sales, market share and financial performance over the last three years (Wiklund & Shepherd, 2003). The control variables included firm size, firm age, industry type and R&D intensity.

3.4. Data Analysis Procedure

The analysis of the data was done through a series of steps within the variance-based structural equation modeling framework. The first was the descriptive analysis, where the quality of the data was examined, including missing data and distributional assumptions. The measurement model was then analyzed for its reliability and validity, where indicator reliability was examined through outer loadings, internal consistency through composite reliability, convergent validity through average variance extracted and finally, discriminant validity through the heterotrait-monotrait ratio. After validating the measurement model, the structural part was analyzed, where the hypothesized relationships were examined through bootstrapping path coefficients. Finally, the analysis was done through the two-step structural equation modeling, where the quality of the measurement was examined before the structural part.

3.5. Ethical Considerations

Participation was voluntary and respondents were informed that all data would be used solely for academic purposes. No identifiable firm-level information was collected, ensuring confidentiality and compliance with research ethics standards.

4. RESULTS

4.1. Measurement Model Assessment

The measurement model demonstrated strong reliability and validity. Cronbach's alpha values ranged between 0.79 and 0.85, while composite reliability values exceeded the recommended threshold of 0.70, indicating satisfactory internal consistency (Hair et al., 2021). Average Variance Extracted (AVE) values ranged from 0.591 to 0.646, exceeding the minimum requirement of 0.50 and confirming convergent validity (Fornell & Larcker, 1981) (see Table 1).

Table 1. Construct Reliability and Convergent Validity

Constructs	Cronbach's α	CR (rho_c)	AVE
Digital Maturity	0.849	0.889	0.617
Firm Growth	0.790	0.863	0.612
Innovation Performance	0.818	0.880	0.646
Marketing Innovation Capability	0.827	0.878	0.591

Discriminant validity was established using the HTMT criterion, with all values below 0.85, as recommended by Henseler et al. (2015) (see Table 2).

Table 2. Discriminant Validity (HTMT Matrix)

Constructs	DM	FG	IP	MI
Digital Maturity	-			
Firm Growth	0.125	-		
Innovation Performance	0.313	0.606	-	
Marketing Innovation Capability	0.078	0.465	0.620	-

Collinearity diagnostics showed VIF values between 1.50 and 1.91, well below the critical threshold of 5, indicating no multicollinearity issues (Hair et al., 2021) (see Table 3).

Table 3. Collinearity Statistics (VIF)

Indicator Range	VIF Values
All items	1.50 – 1.91

Model fit indices were acceptable, with SRMR = 0.058 in the saturated model, indicating a good model fit (Hu & Bentler, 1999; Hair et al., 2021) (see Table 4).

Table 4. Model Fit Indices

Fit Measure	Saturated Model	Estimated Model	Threshold	Interpretation
SRMR	0.058	0.105	< 0.08	Good fit (saturated model)
d_ULS	0.647	2.077	Lower is better	Acceptable
d_G	0.190	0.877	Lower is better	Acceptable
Chi-square	335.045	2369.126	-	Descriptive
NFI	0.849	-0.064	> 0.80	Acceptable (saturated model)

4.2. Structural Model (Direct Effects)

The structural model results reveal a clear performance transmission mechanism centered on innovation performance. Marketing innovation capability positively influenced innovation performance ($\beta = 0.382$, $p < .001$). Firms that adopt new marketing methods and customer engagement strategies exhibit stronger innovation outcomes. Digital maturity significantly influenced innovation performance ($\beta = 0.251$, $p < .001$) but had no direct effect on firm growth ($\beta = -0.027$, $p = .609$). Similarly, country context significantly affected innovation performance ($\beta = 0.626$, $p < .001$) but not firm growth directly ($\beta = -0.030$, $p = .794$). Innovation performance significantly enhanced firm growth ($\beta = 0.417$, $p < .001$). Firms with higher

innovation outputs achieved superior sales growth, market expansion and financial performance. Marketing innovation capability also exerted a direct effect on firm growth (β = 0.182, p = .003), indicating that marketing innovation contributes to growth both directly and indirectly. These findings indicate that both digital maturity and country context affect firm growth **through innovation performance rather than directly** (see Table 5).

Table 5. Direct Effects (Structural Model Results)

Path	β (Path Coefficient)	STDEV	t-value	p-value	Result
H1: Marketing Innovation → Innovation Performance	0.382	0.044	8.759	.000	Significant
H2: Digital Maturity → Innovation Performance	0.251	0.042	6.044	.000	Significant
H3: Country → Innovation Performance	0.626	0.093	6.758	.000	Significant
H4: Innovation Performance → Firm Growth	0.417	0.060	6.944	.000	Significant
H5: Marketing Innovation → Firm Growth	0.182	0.060	3.016	.003	Significant
H6: Digital Maturity → Firm Growth	−0.027	0.053	0.511	.609	Not significant
H7: Country → Firm Growth	−0.030	0.115	0.262	.794	Not significant

The estimated structural model with path coefficients and explained variances is presented in Figure 2.

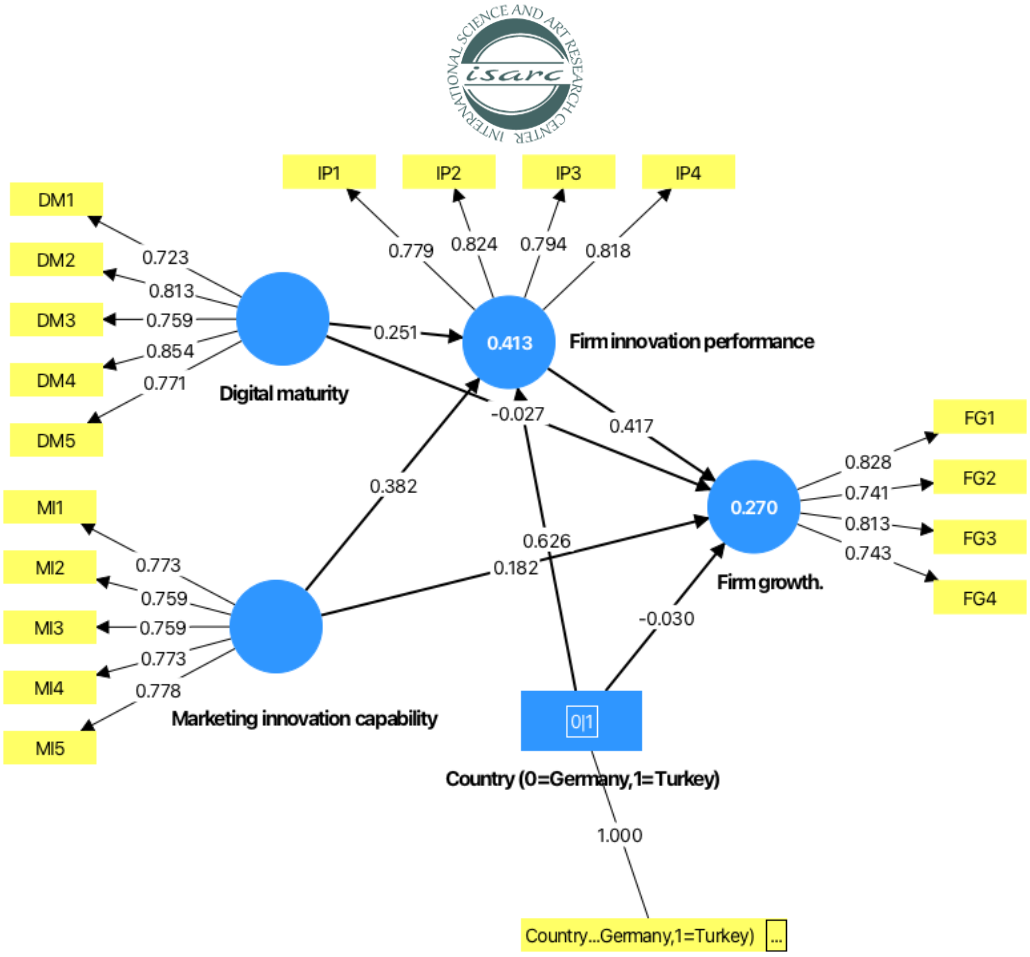


Figure 2. Estimated structural model with standardized path coefficients

4.3. Indirect Effects (Mediation Results)

Bootstrapping results indicate significant indirect effects of marketing innovation capability, digital maturity and country context on firm growth through innovation performance. Marketing innovation shows partial mediation, whereas digital maturity and country context demonstrate full mediation (see Table 6).

Table 6. Indirect Effects (Mediation Analysis)

Indirect Path	β	STDEV	t-value	p-value	Mediation Type
H8: Marketing Innovation → Innovation Performance → Firm Growth	**0.159**	0.029	5.427	.000	Partial mediation
H9: Digital Maturity → Innovation Performance → Firm Growth	**0.105**	0.023	4.607	.000	Full mediation
H10: Country → Innovation Performance → Firm Growth	**0.261**	0.055	4.768	.000	Full mediation

The results reveal that innovation performance serves as the **central transmission mechanism** linking firm capabilities and contextual factors to growth outcomes. While marketing innovation can influence growth directly, digital maturity and country-level differences enhance firm growth only by strengthening firms' innovation systems.

5. DISCUSSION

The study seeks to examine the marketing innovation capability, digital maturity and country-level factors as determinants of firm-level innovation performance/growth. The revised results show that the relationship between innovation performance and growth follows a theoretically consistent transmission mechanism.

5.1. Marketing Innovation as a Direct and Indirect Growth Driver

Out of the variables considered in the analysis, marketing innovation capability was the only factor where direct and indirect effects on firm growth were observed, thus qualifying it as a strategic resource for the firm. This observation thus confirms previous studies that knowledge-based resources and strategic orientations contribute to the performance of the firm (Wiklund & Shepherd, 2003). It thus offers support for the resource-based view (Barney, 1991) and the dynamic capabilities theory (Teece, 2007), which emphasized the significance of firm-specific capabilities in creating competitive advantage. Unlike the effects of digital maturity and country context, which were mediated by innovation performance, the effect of marketing innovation was observed to be direct in nature. This thus asserts that the role of marketing innovation in the firm's growth is not limited to serving as a facilitator of technology innovation but also as a direct driver of market growth, thus enabling the firm to access new markets and create value in the market. This thus confirms the basic studies that firms that possess the capability to generate and respond to market intelligence have a positive impact on performance outcomes (Kohli & Jaworski, 1990).

5.2. Innovation Performance as the Central Mechanism

The study results indicate that innovation performance is the core mechanism through which the influence of firm capabilities and environmental factors translates into business growth and digital maturity and country context influence business growth mainly by enhancing innovation performance. The significant direct link between innovation performance and business growth suggests that firms can achieve high performance by successfully leveraging the resources and knowledge bases at their disposal to enhance innovation performance. The study results are consistent with previous research that suggests the performance effect operates through intermediate-level organizational mechanisms and innovation performance plays a significant role as a driver of business growth (Calantone et al., 2002; Ray et al., 2004; Coad & Rao, 2008; Geroski et al., 1993). The mediation analysis suggests that marketing innovation exerts direct and indirect effects on business growth and digital maturity and country context influence business growth only indirectly through innovation performance. The study results are consistent with previous research suggesting that the capability effect operates mainly indirectly (Atuahene-Gima, 2005; Hurley & Hult, 1998; Morgan et al., 2009; Narver et al., 2004) and the dynamic capability perspective focuses on the benefits gained from the use of the skills and knowledge bases at the disposal of the firms (Teece et al., 1997). The study contributes to the innovation and marketing strategy fields by providing a clear picture of the mechanism by which the influence of firm resources and environmental factors translates into business growth.

5.3. The Role of Digital Maturity

Digital maturity essentially acts as a facilitator of innovation, rather than a direct driver of growth. Although digital capabilities improve data integration, analytics, coordination and decision-making, their contribution to firm performance is only realized in innovation outcomes. As expected, this argument is supported by the findings, where digital maturity has a significant impact on innovation performance but no direct influence on growth, suggesting that digital transformation is a facilitator of innovation effectiveness, rather than a direct source of growth. This argument is in line with earlier studies that found that information and digital capabilities do not affect firm performance in a direct manner, but rather through organizational processes, innovation and agility (Mithas et al., 2011; Sambamurthy et al., 2003; Vial, 2021; Nambisan et al., 2017; Khin & Ho, 2019). Digital maturity can, therefore, be viewed as a facilitating factor for growth, where its contribution to growth is realized in innovation outcomes.

5.4. Country Context and Institutional Effects

Country context indirectly influences firm growth through its influence on innovation systems, rather than as a direct factor in firm performance. The study revealed that country context substantially influences innovation performance but not growth, suggesting the influence of institutional context through innovation mechanisms at the firm level. The study's findings are consistent with the institutional theory and the broader research on national innovation systems, arguing that the institutional context, including knowledge and technological infrastructures, influences the ability of firms to innovate (North, 1990; Furman et al., 2002). The study also supports the institution-based view, where environmental factors influence performance only to the extent that the firm uses its innovation capacities to turn the environment into innovation outputs (Peng et al., 2008). Thus, the country context creates the environment and the innovation process within the firm influences the use of the environment for growth.

5.5. Theoretical Contributions

The present study makes a significant contribution to the literature by advancing fundamental marketing theories of the performance implications of market-oriented capabilities (Kohli & Jaworski, 1990) and integrative theories that merge the resource-based view of the firm and the concept of dynamic capabilities of value creation (Makadok, 2001). This research follows from prior studies that highlighted the importance of marketing capabilities, proactive market orientation, knowledge-based resources and digital innovation mechanisms in firm growth (Morgan et al., 2009; Narver et al., 2004; Wiklund & Shepherd, 2003; Nambisan et al., 2017; Khin & Ho, 2019). This study extends the literature by showing that marketing innovation is a double-performance capability that directly and indirectly affects growth, identifying innovation performance as the transmission mechanism that links capabilities and contextual factors to growth and clarifying that digital maturity plays a supporting role in driving growth indirectly through innovation performance. This research further shows that country-level contextual factors indirectly influence growth through innovation processes, thereby merging the capability and institutional perspectives of growth in a more precise manner.

5.6. Managerial Implications

The results have a number of implications for managers who aim at achieving growth within a technology-intensive context. First and foremost, marketing innovation should be recognized as a strategic capability rather than a functional activity due to its ability to impact both growth and innovation performance. Consequently, marketing experimentation and innovative models of interacting with markets should be a focal point for allocating resources. Moreover, digital maturity should be recognized as an enabler rather than a performance driver for innovation. This implies that digitalization initiatives need to be balanced with product, service and process innovation. Further, contextual conditions such as those at the country and institution levels impact performance indirectly through innovation systems. This calls for the development of innovation capabilities that can leverage contextual conditions as a way of gaining a competitive advantage. Innovation performance has been shown as a focal performance driver for growth. This implies that managers should focus on commercialization performance and speed as a way of achieving innovation performance. Overall, growth performance has been shown to be a result of the ability to execute innovation performance rather than digitalization and contextual conditions. This calls for a shift from a focus on accumulating resources to executing innovation.

5.7. Practical Contributions

In addition to its theoretical implications, the study provides several practical implications for firms operating in innovation-driven markets by revealing that growth advantages are not derived from digitalization and context factors per se but from firms' ability to convert these factors into innovation performance. The results of this study indicate that marketing innovation is used as a dual performance driver for growth in that it impacts growth both directly and indirectly through its influence on innovation performance. This underlines the necessity of considering customer-centric design, marketing experimentation and digital engagement in firms' innovation processes. Moreover, digitalization in firms is merely used as enabling infrastructure and not as a performance driver per se; hence, digitalization investments have to be integrated with innovation management practices. Finally, country-level effects on performance are mediated by innovation systems and not through their economic effects; hence, capabilities have to be developed in firms.

5.8. Limitations and Future Research

The study uses cross-sectional survey data; hence, its ability to draw causality is limited. Future studies may use other methodologies like longitudinal studies to explore the dynamics of marketing innovation, digital maturity and innovation performance and their impact on growth dynamics.

The study focuses on industrial and technology-intensive firms from two countries that represent developed and emerging economies. Although this approach is beneficial in providing comparative results, future studies may extend their validation of the model to other industries or more diverse countries.

6. CONCLUSION

This study aims to examine marketing innovation capability, digital maturity and country context as factors that affect firm growth, where the role of innovation performance is considered the core mediator. The findings show that there is a clear transmission mechanism where firm capabilities and context affect growth mainly through the lens of innovation systems. Marketing innovation capability is found to be a specific driver that affects growth directly and indirectly, implying that the performance relevance of marketing innovation capability is not limited to the impact on innovation performance, as the latter is enhanced, but rather that the former creates direct market and revenue benefits, thereby creating a strategic capability that is relevant to performance. On the contrary, digital maturity and country context affect growth exclusively through the lens of innovation performance, implying that these factors are contextual enablers that are relevant to performance only to the extent that they are translated into the context of innovation performance. Overall, the findings show that the growth of the firm in the context of a changing environment is not directly related to digitalization and context per se, but rather to the capacity to leverage capabilities to drive innovation performance. By using the lens of marketing, digitalization, innovation and context, this study presents a more refined understanding of the mechanisms that explain the role of capabilities on growth.

Statements and Declarations

Competing Interests
The author(s) declare that they have no financial or non-financial competing interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. This includes any potential conflicts regarding funding, institutional affiliations, personal relationships, or intellectual property.

Funding
This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Ethical Approval
This study was conducted in accordance with institutional research guidelines. The research involved survey data and participation was voluntary and anonymous. No sensitive personal data were collected.

Informed Consent
Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Author Contributions
The author conceived the study, developed the research model, collected and analyzed the data, interpreted the results and wrote the manuscript. The author approved the final version of the manuscript.

Data Availability Statement
The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

References

Arbelo, A., Arbelo-Pérez, M., & Pérez-Gómez, P. (2024). Internationalization and individual firm performance: A resource-based view. *Eurasian Business Review, 14*, 881–915. https://doi.org/10.1007/s40821-024-00276-5

Atuahene-Gima, K. (2005). Resolving the capability–rigidity paradox in new product innovation. *Journal of Marketing, 69*(4), 61–83. https://doi.org/10.1509/jmkg.2005.69.4.61

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management, 17*(1), 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

Bartelsman, E. J., Falk, M., Hagsten, E., & Polder, M. (2019). Productivity, technological innovations and broadband connectivity: firm-level evidence for ten European countries. *Eurasian Business Review, 9*(1), 25–48. https://doi.org/10.1007/s40821-018-0113-0

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly, 37*(2), 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

Bogetoft, P., Kroman, L., Smilgins, A., & Sørensen, A. (2024). Innovation strategies and firm performance. *Journal of Productivity Analysis, 62*(2), 175-196. https://doi.org/10.1007/s11123-024-00727-1

Calantone, R. J., Cavusgil, S. T., & Zhao, Y. (2002). Learning orientation, firm innovation capability and firm performance. *Industrial Marketing Management, 31*(6), 515–524. https://doi.org/10.1016/S0019-8501(01)00203-6

Chirita, B. M., Máñez Castillejo, J. A., & Vicente-Chirivella, Ó. (2025). *Perform, start, continue R&D activities: Do financial constraints matter? Eurasian Business Review, 15*, 131–173. https://doi.org/10.1007/s40821-024-00284-5

Coad, A., & Rao, R. (2008). Innovation and firm growth in high-tech sectors: A quantile regression approach. *Research policy*, *37*(4), 633-648. https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.003

Danneels, E. (2002). The dynamics of product innovation and firm competences. *Strategic Management Journal, 23*(12), 1095–1121. https://doi.org/10.1002/smj.275

Day, G. S. (1994). The capabilities of market-driven organizations. *Journal of Marketing, 58*(4), 37–52. https://doi.org/10.1177/002224299405800404

Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2017). Dynamic capabilities: what are they?. *The SMS Blackwell handbook of organizational capabilities*, 341-363. https://doi.org/10.1002/9781405164054.ch21

OECD & Eurostat. (2018). *Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264304604-en

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research, 18*(1), 39–50. https://doi.org/10.2307/3151312

Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy, 31*(6), 899–933. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4

Geroski, P. A., Machin, S., & Van Reenen, J. (1993). The profitability of innovating firms. *RAND Journal of Economics, 24*(2), 198–211. https://doi.org/10.2307/2555757

Griffin, A., & Hauser, J. R. (1996). Integrating R&D and marketing: a review and analysis of the literature. *Journal of Product Innovation Management, 13*(3), 191–215. https://doi.org/10.1111/1540-5885.1330191

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook*. Springer international publishing.
Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science, 43*(1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8
Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling, 6*(1), 1–55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118
Hurley, R. F., & Hult, G. T. M. (1998). Innovation, market orientation and organizational learning: an integration and empirical examination. *Journal of Marketing, 62*(3), 42–54. https://doi.org/10.1177/002224299806200303
Jung, S. U., & Shegai, V. (2023). The impact of digital marketing innovation on firm performance: Mediation by marketing capability and moderation by firm size. *Sustainability, 15*(7), 5711. https://doi.org/10.3390/su15075711
Khin, S., & Ho, T. C. F. (2019). Digital technology, digital capability and organizational performance: A mediating role of digital innovation. *International Journal of Innovation Science, 11*(2), 177–195. https://doi.org/10.1108/IJIS-08-2018-0083
Kohli, A. K., & Jaworski, B. J. (1990). Market orientation: the construct, research propositions and managerial implications. *Journal of Marketing, 54*(2), 1–18. https://doi.org/10.1177/002224299005400201
Li, L., Su, F., Zhang, W., & Mao, J. Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal, 28*(6), 1129-1157. https://doi.org/10.1111/isj.12153
López-Paredes, A., Álvarez, I., & Santos, J. (2025). Innovation strategies and firm performance: Evidence from European firms. *Journal of Innovation and Entrepreneurship, 14*(1), 12. https://doi.org/10.1186/s13731-025-00567-9
Makadok, R. (2001). Toward a synthesis of the resource-based and dynamic-capability views of rent creation. *Strategic Management Journal, 22*(5), 387–401. https://doi.org/10.1002/smj.158
Mithas, S., Ramasubbu, N., & Sambamurthy, V. (2011). How information management capability influences firm performance. *MIS Quarterly, 35*(1), 237–256. https://doi.org/10.2307/23043496
Morgan, N. A., Vorhies, D. W., & Mason, C. H. (2009). Market orientation, marketing capabilities and firm performance. *Strategic Management Journal, 30*(8), 909–920. https://doi.org/10.1002/smj.764
Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly, 41*(1), 223–238. https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41:1.03
Narver, J. C., Slater, S. F., & MacLachlan, D. L. (2004). Responsive and proactive market orientation and new-product success. *Journal of Product Innovation Management, 21*(5), 334–347. https://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2004.00086.x
North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
Peng, M. W., Wang, D. Y. L., & Jiang, Y. (2008). An institution-based view of international business strategy: A focus on emerging economies. *Journal of International Business Studies, 39*(5), 920–936. https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400377

Ray, G., Barney, J. B., & Muhanna, W. A. (2004). Capabilities, business processes and competitive advantage: choosing the dependent variable in empirical tests of the resource-based view. *Strategic Management Journal, 25*(1), 23–37. https://doi.org/10.1002/smj.366
Rosenbusch, N., Brinckmann, J., & Bausch, A. (2011). Is innovation always beneficial? A meta-analysis of the relationship between innovation and performance in SMEs. *Journal of Business Venturing, 26*(4), 441–457. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.12.002
Sambamurthy, V., Bharadwaj, A., & Grover, V. (2003). Shaping agility through digital options: Reconceptualizing the role of information technology in contemporary Firms. *MIS Quarterly, 27*(2), 237–263. https://doi.org/10.2307/30036530
Scott, W. R. (2013). *Institutions and organizations*: Ideas, interests and identities. Sage.
Shee, H., & Kaswi, S. (2023). The effect of digital transformation and innovation on SMEs' performance in times of COVID-19. *Problems and Perspectives in Management, 21*(4), 84-100. https://doi.org/10.21511/ppm.21%284%29.2023.07
Surahman, S., Yusoff, Y. M., & Rahman, A. A. (2023). The effect of digital transformation and innovation on SMEs' performance. *Problems and Perspectives in Management, 21*(1), 45–57. https://doi.org/10.21511/ppm.21(1).2023.04
Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal, 28*(13), 1319–1350. https://doi.org/10.1002/smj.640
Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509–533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z
Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. In A. Hinterhuber, T. Vescovi, & F. Checchinato (Eds.), *Managing digital transformation: Understanding the strategic process* (pp. 13–66). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003008637-4
Weerawardena, J. (2003). The role of marketing capability in innovation-based competitive strategy. *Journal of Strategic Marketing, 11*(1), 15–35. https://doi.org/10.1080/0965254032000096766
Wiklund, J., & Shepherd, D. (2003). Knowledge-based resources, entrepreneurial orientation and the performance of small and medium-sized businesses. *Strategic Management Journal, 24*(13), 1307–1314. https://doi.org/10.1002/smj.360
Zhao, X., Lynch, J. G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research, 37*(2), 197–206. https://doi.org/10.1086/651257

BALANCING RISK AND RETURN IN THE CUSTOMER PORTFOLIO

Guliyev Araz Gunduz
Baku Engineering University
ORCID: 0009-0005-3289-471X

ABSTRACT
The article analyzes the issue of balancing risk and return in a customer portfolio based on modern financial approaches. Within the framework of the research, the essence of the concepts of risk and return, their interrelationship, and their role in portfolio management were systematically examined. The importance of key mechanisms such as modern portfolio theory, the principle of diversification, asset allocation, and portfolio optimization in reducing risk and increasing profitability was explained.
In addition, the efficiency of portfolios was determined and comparatively analyzed based on models and indicators evaluating the relationship between risk and return. The research findings show that a properly structured and balanced portfolio enables investors to achieve more stable and sustainable returns in accordance with their level of risk tolerance. At the same time, regular monitoring and rebalancing of the portfolio play an important role in maintaining its long-term effectiveness.
As a result, the optimal balancing of risk and return not only increases the efficiency of investment decisions but also contributes to ensuring financial stability and sustainable development.
Keywords: *risk, return, portfolio management, diversification, asset allocation, optimization, risk profile, financial markets*

INTRODUCTION
In the modern financial system, the effectiveness of investment decisions is measured not only by the ability to generate high returns, but also by the level of risk at which these returns are achieved. As a result of the acceleration of globalization, the integration of financial markets, and technological developments, the investment environment has become more complex and volatile. Under these conditions, investors are no longer satisfied with simply selecting the assets that provide the highest returns; they are also compelled to analyze the risk characteristics of these assets in depth. In particular, recent economic crises, increased volatility in financial markets, and the impact of geopolitical factors have clearly demonstrated the significant role that risk plays in investment decisions.
In the investment process, the relationship between risk and return has a fundamental nature and is expressed in economic theory as the "risk–return trade-off." According to this principle, an investor seeking higher returns must accept a higher level of risk (Reinartz and Kumar, 2023). However, in practice, this relationship is not straightforward, since the behavior of different assets, market conditions, and the individual characteristics of investors significantly influence it. For this reason, modern portfolio management is based not only on intuitive decisions but also on scientifically grounded models and analytical approaches.
Balancing risk and return in a customer portfolio is considered one of the main challenges of investment management. Failure to establish this balance properly may, on the one hand, prevent investors from achieving their expected returns and, on the other hand, lead to unexpected and substantial financial losses (Lange, 2025). For example, an excessively risky portfolio may generate high returns in the short term but fail to ensure stability in the long run. Conversely, an overly conservative approach may protect capital but reduce real profitability

due to inflation and opportunity costs. From this perspective, constructing an optimal portfolio requires a balanced approach.

The primary objective of portfolio management is to allocate available resources in such a way that the maximum possible return is achieved in accordance with the investor's risk tolerance. This process requires consideration of the investor's individual characteristics, including financial goals, investment horizon, income level, and psychological attitude toward risk. The optimal portfolio may differ for each investor, and these differences directly affect the portfolio structure (Kumar, 2008). Therefore, customer-oriented portfolio management is regarded as a dynamic process requiring an individualized approach.

At the same time, the increasing diversity of financial instruments creates both new opportunities and additional risks for investors. Making the right choice among stocks, bonds, derivatives, alternative investments, and other financial instruments requires analytical knowledge and a methodological approach. In this context, mathematical models and statistical methods play an important role in substantiating investment decisions. Measuring risk, forecasting returns, and analyzing relationships among assets constitute the scientific foundations of portfolio management.

This article broadly examines the issue of balancing risk and return in a customer portfolio. Within the framework of the article, the economic essence of the concepts of risk and return, their interrelationship, modern portfolio theories, and optimization methods are systematically analyzed. At the same time, the practical application of these concepts is explained through mathematical models and analytical approaches. The main purpose of the article is to contribute to more informed and effective decision-making by investors and financial professionals in the field of portfolio management.

Financial Portfolio Theory

Modern portfolio theory explains how portfolios should be constructed in order for investors to achieve maximum returns at a given level of risk. According to this theory, risk and return are closely interconnected, and investors seeking higher returns must accept a certain level of risk. However, the main objective is not to eliminate risk, but rather to manage it properly and ensure the most optimal return relative to the level of risk undertaken (Lange, 2025).

In a financial portfolio, the impact of each asset on the overall portfolio depends not only on its individual characteristics but also on its relationship with other assets. This relationship is measured through correlation. If assets are weakly correlated with one another or move in different directions under varying economic conditions, their combined use reduces the overall risk of the portfolio (Wu, Xu, Hu, 2025). For example, assets selected from different industries, countries, and companies of varying sizes do not react identically to economic changes, which contributes to greater portfolio stability. In this regard, diversification serves as a fundamental principle.

Diversification refers to distributing investments across various assets, and its main objective is to reduce risk. Due to the uncertainty of market conditions, the probability that all assets will move in the same direction is relatively low. Therefore, losses arising from one asset may be compensated by gains from other assets included in the portfolio. This contributes to maintaining the overall stability of the portfolio.

Within this theory, the concept of the optimal portfolio holds particular importance. An optimal portfolio is one that either provides minimum risk for a given level of return or allows maximum return for a given level of risk. The set of such portfolios forms a curve known as the "efficient frontier" (Lange, 2025). This frontier identifies the most optimal portfolios among all possible combinations and serves as a key guideline for investors during the decision-making process.

Thus, the modern portfolio approach demonstrates that investment decisions are not limited solely to the selection of individual assets. The essential issue is how these assets function together and how an appropriate balance between risk and return is established within the portfolio. This approach enables investors to make more balanced and effective long-term decisions.

Analysis of the Relationship Between Risk and Return

One of the fundamental principles of investment theory is that investors must accept a higher level of risk in order to achieve higher returns. This interrelationship is explained through a widely used valuation model in financial theory:

$$R_p = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

According to this expression, the expected return of a portfolio depends on the weighted difference between the risk-free rate of return and the market return, adjusted by the beta coefficient, which measures the asset's sensitivity to market movements. The beta coefficient indicates how an asset reacts to changes in the market. If beta is greater than 1, the asset is considered more volatile and riskier than the market. Conversely, when beta is less than 1, the asset is regarded as more stable and less risky. This approach enables investors to form return expectations in accordance with their level of risk and helps investment decisions to be made on a more rational and well-founded basis.

The Sharpe ratio is used to evaluate how efficiently a portfolio performs relative to the level of risk taken:

$$S = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

This indicator expresses the ratio of the portfolio's excess return over the risk-free rate to its level of risk. In other words, it measures how much additional return an investor earns for each unit of risk undertaken. From this perspective, the Sharpe ratio evaluates not only the level of return but also the amount of risk taken to achieve that return. This enables investment decisions to be made in a more objective and comparative manner.

In general, the main idea behind the Sharpe ratio is that when choosing between two portfolios with the same level of return, the portfolio that achieves this return with lower risk should be considered superior (Douglas, 2009). At the same time, among portfolios with the same level of risk, the one generating a higher return is regarded as more efficient. Therefore, the Sharpe ratio is a comprehensive indicator that evaluates both risk and return together.

This ratio is of particular importance in portfolio comparison. For example, two different investment portfolios may generate the same return, but their levels of risk may differ. In such a case, the Sharpe ratio identifies the portfolio that provides the same return with lower risk as the more favorable option. Likewise, in some situations, a portfolio generating higher returns may also involve higher risk, and the Sharpe ratio helps determine whether the additional return justifies the additional risk.

From a practical perspective, the Sharpe ratio is interpreted as follows: if the ratio is greater than 1, the portfolio is considered satisfactory, meaning that the investor receives an adequate return relative to the risk undertaken. If the ratio exceeds 2, the portfolio is regarded as highly efficient, indicating that it provides very strong returns for the level of risk assumed. Conversely, a low ratio suggests that the portfolio is not efficient from a risk perspective, meaning that the investor is not receiving sufficient return relative to the level of risk taken.

It should be noted that the Sharpe ratio is an important decision-making tool in portfolio management. It is used not only in evaluating existing portfolios but also in comparing alternative investment strategies. For this reason, the Sharpe ratio is considered one of the key indicators that helps investors select more optimal and balanced portfolios.

Diversification and Asset Allocation

Diversification is one of the most important mechanisms for reducing portfolio risk and is regarded as one of the fundamental principles of the modern investment approach. The essence of this approach lies in distributing investments across different assets. The objective is to ensure that negative changes in one asset are compensated by positive results in other assets, thereby maintaining the overall stability of the portfolio.

Different asset classes possess different risk and return characteristics. For example, stocks generally have high return potential, but they are also characterized by high price volatility. Bonds, on the other hand, provide more stable returns and are associated with relatively lower risk (Киселев, Симонович, 2014). Assets such as gold and real estate perform a protective function, particularly during periods of inflation. By combining these assets within a single portfolio, risks are spread more effectively, resulting in a more balanced portfolio structure.

The principle of diversification can be expressed as follows:

$$Risk_{portfolio} < Risk_{average\ risk\ of\ assets}$$

This expression shows that when assets exhibit different patterns of behavior, the overall risk of the portfolio becomes lower than the average risk of the individual assets. In other words, when market changes do not affect all assets in the same way, portfolio volatility decreases and returns become more stable in nature.

Portfolio Optimization

Portfolio optimization is the process of selecting the most appropriate combination of risk and return among the available investment alternatives for an investor. The main objective of this process is to determine a portfolio structure that either provides the maximum possible return in accordance with the investor's risk tolerance or offers the minimum level of risk for a specified level of return. In this regard, the concept of the efficient frontier is of particular importance.

The efficient frontier is a theoretical curve that combines the most optimal portfolios among all possible portfolio combinations (Douglas, 2009). Each portfolio located on this frontier provides either the highest return for a given level of risk or the lowest risk for a given level of return. Thus, when selecting among these portfolios, investors eliminate inefficient alternatives and make decisions only among the most efficient options.

Portfolios located outside the frontier are considered inefficient because, for such portfolios, it is either possible to achieve a higher return at the same level of risk or to obtain the same return with a lower-risk alternative. Therefore, the optimization process systematizes investors' choices and makes decision-making more rational. At the same time, this approach ensures that investment strategies are based on scientific principles and prevents random or unstructured decisions.

From a practical perspective, portfolio optimization can be explained through a simple portfolio consisting of different assets. For example, a portfolio composed of stocks, bonds, and gold may be considered. Each of these assets possesses different risk and return characteristics. Stocks offer high return potential but are also highly volatile; bonds provide more stable and lower-risk returns; while gold serves as a protective asset, particularly during periods of economic instability and inflation.

In such a portfolio, the total return is calculated on the basis of the weighted average of the assets. However, the portfolio's risk is not formed simply as the average of the individual asset risks. Due to the different behaviors and low correlation among the assets, the overall portfolio risk decreases. This constitutes the main advantage of diversification and demonstrates that risk can be optimized through a properly selected combination of assets.

This approach practically proves that the key issue in portfolio management is not only selecting high-return assets but also considering how these assets interact with one another. A properly structured portfolio makes it possible both to reduce risks and to ensure stable and sustainable returns.

Strategies According to Risk Profile

Since investors differ in their attitudes toward risk, it is natural that portfolio strategies also differ. Each investor's financial objectives, investment horizon, income level, and psychological tolerance for risk shape their risk profile. This profile directly affects the structure of the portfolio.

Conservative investors primarily prioritize capital preservation and tend to invest in low-risk assets (Sadıqov, Məmmədov, 2010). For this type of investor, stable and predictable income is more important. Balanced investors seek to achieve returns while simultaneously keeping risks under control by maintaining equilibrium among different assets. Aggressive investors, on the other hand, prefer high-risk assets in pursuit of higher returns and are generally more tolerant of market volatility.

Incorrect assessment of a risk profile may lead to serious financial consequences. If an investor takes on more risk than they can tolerate, they may face substantial losses during market fluctuations. Conversely, an excessively cautious approach may result in the loss of potential returns. Therefore, accurately evaluating the investor's individual characteristics is essential when constructing a portfolio.

Portfolio management is not static; it is a continuous and dynamic process. Over time, changes in financial markets, evolving economic conditions, and fluctuations in asset prices affect the structure of the portfolio (Nurəliyeva, Atakişiyev, Şıxəliyeva, 2010). As a result, the initial asset allocation may gradually change, causing the portfolio to deviate from its original risk level. For this reason, portfolios must be monitored regularly, meaning they should be continuously observed and analyzed. The monitoring process allows investors to assess the current condition of their portfolio and identify potential risks in a timely manner.

Rebalancing, in turn, aims to restore the weights of portfolio assets to their predetermined target levels. This process helps maintain control over the portfolio's risk level and preserve the long-term investment strategy. For example, if the proportion of stocks in the portfolio increases excessively due to market growth, a portion of these stocks may be reduced and redirected toward other assets. Without rebalancing, the portfolio may gradually move away from its original structure and become inconsistent with the investor's risk profile. This may lead to undesirable financial outcomes.

Therefore, effective portfolio management means not only establishing a well-structured strategy but also continuously updating and monitoring that strategy.

Conclusion

In conclusion, balancing risk and return in a customer portfolio is one of the fundamental and indispensable elements of modern investment management. The effective portfolio approach demonstrates that investment decisions should be based not only on achieving high returns but also on the level of risk at which those returns are generated. From this perspective, the concept of the optimal portfolio does not represent the maximum possible return, but rather the most efficient return adjusted for risk.

The findings of the research indicate that diversification and proper asset allocation play a significant role in reducing portfolio risk and stabilizing returns. Combining different assets within a portfolio allows the overall risk to decrease due to their differing behavioral characteristics. At the same time, models and indicators that evaluate the relationship between risk and return enable investors to make more informed and analytical decisions.

Furthermore, the investor's risk profile is one of the decisive factors in portfolio construction. Since each investor's financial objectives and risk tolerance differ, portfolio strategies should also be developed on the basis of an individualized approach. In addition, the dynamic nature of financial markets makes regular monitoring and rebalancing of portfolios essential.
Thus, a properly constructed and effectively managed portfolio serves not only to generate short-term returns but also to ensure long-term financial stability and sustainable development.

REFERENCES

Ataşov, B., Novruzov, N., & İbrahimov, E. (2009). *Müəssisələrin maliyyəsi: Ali məktəblər üçün dərslik*. Bakı: Kooperasiya nəşriyyatı. 336 s.

Hubbard, Douglas W. (2009), *The Failure of Risk Management*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Kumar, V. (2008), *Managing Customers for Profit: Strategies to Increase Profits and Build Loyalty*. Philadelphia: Wharton School Publishing

Lange C. (2025). Modern Portfolio Theory: Variance, Covariance, and the Mathematics of Diversification. 10.58445/rars.2971

Nurəliyeva, R., Atakişiyev, M., Şıxəliyeva, N. (2010). *Maliyyə menecmenti*. Bakı: Azərnəşr. 108 s.

Reinartz, Werner J. and V. Kumar (2023), "The Impact of Customer Relationship Characteristics on Profitable Lifetime Duration," *Journal of Marketing*, 67 (January), 77–99.

Sadıqov, M., Məmmədov, S. (2010). *Maliyyə (dərslik)*. Gəncə. 575 s.

Wu S., Xu Z., Hu Z. (2025). Application and Validity of Markowitz Portfolio Theory in Emerging Financial Markets. Advances in Economics, Management and Political Sciences. 233. 165-179.

Киселева И.А., Симонович Н.Е. (2014). Оценка рисков с учетом человеческого фактора. Экономический анализ: теория и практика, (2), 21–27.

GEBELİK SÜRECİNDE İNCE BAĞIRSAKTA KADEH HÜCRELERİ VE HİSTOLOJİK DEĞİŞİMLERİN HİSTOMETRİK ANALİZİ

Assoc. Prof. Dr. Erhan ŞENSOY
Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Yunus Emre Campus, KARAMAN. **ORCID**: 0000-0003-2989-459X

ÖZET
Gebelik, östrojen ve progesteron başta olmak üzere hormonal değişimlerin etkisiyle sindirim sistemi dahil birçok organ sisteminde morfolojik ve fonksiyonel adaptasyonlara yol açmaktadır. İnce bağırsak epiteli; emilim hücreleri, enteroendokrin hücreler, Paneth hücreleri ve kadeh hücrelerinden oluşan kompleks bir yapıdır. Bu hücreler gebelik sürecinde artan enerji ihtiyacına ve değişen fizyolojik koşullara yanıt olarak yeniden düzenlenmektedir. Özellikle kadeh hücreleri tarafından sentezlenen ve bağırsak mukus tabakasının temel bileşenini oluşturan müsin glikoproteinleri, epitel bariyer bütünlüğünün korunmasında kritik rol üstlenmektedir. Literatürde, gebelik sürecinde ince bağırsakta villus uzunluğu, kript derinliği ve epitel proliferasyonunda artışlar bildirilmekle birlikte, kadeh hücre sayısındaki değişimlere ilişkin bulguların çelişkili olduğu görülmektedir. Bazı çalışmalarda gebelik döneminde kadeh hücre sayısında belirgin bir değişim olmadığı rapor edilirken, bazı araştırmalarda bölgesel farklılıklar gösteren artış veya azalışlar tanımlanmıştır. Bununla birlikte maternal beslenme durumu, inflamatuvar süreçler ve hormonal düzenlemelerin kadeh hücre dinamiği üzerinde belirleyici olabileceği vurgulanmaktadır. Deneysel hayvan modelleri, özellikle rat ve fareler, gebelikte intestinal adaptasyonların incelenmesinde yaygın olarak kullanılmakta ve doğum sonrası dönemde kadeh hücre sayısında artış eğilimi bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Mevcut literatürde gebelikte ince bağırsakta genel bir histolojik adaptasyon ve proliferatif yanıt geliştiği belirtilmesine karşın kadeh hücre sayısına ilişkin çelişkiler yer almaktadır. Bu nedenle gebeliğin farklı evrelerinde bağırsak mukozasında meydana gelen değişimlerin daha ayrıntılı histolojik ve histometrik yöntemlerle değerlendirilmesi, maternal ve fetal bağırsak sağlığının anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Sunulan çalışmanın amacı, güncel literatür ışığında gebelik sürecinde ince bağırsakta meydana gelen histolojik ve histometrik değişimleri, özellikle kadeh hücre (goblet hücresi) sayısındaki değişimleri incelemektir.
Anahtar Kelimeler: Gebelik, ince bağırsak, kadeh hücresi, histoloji, mukus tabakası

HISTOMETRIC ANALYSIS OF GOBLET CELLS AND HISTOLOGICAL CHANGES IN THE SMALL INTESTINE DURING PREGNANCY

ABSTRACT
Pregnancy leads to morphological and functional adaptations in many organ systems, including the digestive system, due to hormonal changes, primarily estrogen and progesterone. The small intestinal epithelium is a complex structure composed of absorption cells, enteroendocrine cells, Paneth cells, and goblet cells. These cells are reorganized in response to increased energy needs and changing physiological conditions during pregnancy. Mucin glycoproteins, synthesized especially by goblet cells and forming the main component of the intestinal mucus layer, play a critical role in maintaining the integrity of the epithelial barrier. Although increases in villus length, crypt depth, and epithelial proliferation in the small intestine are reported in the literature during pregnancy, findings regarding changes in goblet cell number are contradictory. While some studies report no significant change in goblet cell number during pregnancy, other studies

have described increases or decreases showing regional differences. However, it is emphasized that maternal nutritional status, inflammatory processes, and hormonal regulation may be decisive in goblet cell dynamics. Experimental animal models, particularly rats and mice, are widely used to study intestinal adaptations during pregnancy, and studies have reported a tendency for an increase in goblet cell number in the postnatal period. While the current literature indicates a general histological adaptation and proliferative response in the small intestine during pregnancy, there are discrepancies regarding goblet cell number. Therefore, a more detailed histological and histometric evaluation of changes occurring in the intestinal mucosa at different stages of pregnancy is important for understanding maternal and fetal intestinal health. The aim of this study is to examine the histological and histometric changes occurring in the small intestine during pregnancy, particularly the changes in goblet cell number, in light of current literature.
Keywords: Pregnancy, small intestine, goblet cell, histology, mucus layer

1. GİRİŞ

Gebelik sürecinden, diğer tüm sistemler gibi sindirim sistemi de etkilenir. Gebelikte ince bağırsaklarda, midede, karaciğerde ve pankreasta değişimler görülür (Chung et al, 2018). Östrojen ve progesteron hormonlarının kontrolünde düzenlenen bu süreçte bazı organlarda yapısal ve fonksiyonel değişimler gerçekleşir (Casirola ve Ferraris, 2003). Gebelik sürecinde morfolojik ve histolojik değişimlerin meydana geldiği organlarda birisi de bağırsaktır. Bu değişimler maternal faktörlere bağlı olup, besin tüketimi ve genel fizyolojik durumla doğrudan ilişkilidir. Tek katlı yüksek prizmatik hücrelerden oluşan Lamina epiteliyalis tabakasında; kadeh hücreleri (goblet hücresi), emilim yapan hücreler, enteroendokrin hücreler, kök hücreler, M-hücreleri ve Paneth hücreleri yer alır (Liu ve ark., 2020; Reynolds ve ark., 2020).

Gebelikte hem anne hem fetüste ince bağırsak hızla yeniden şekillenen, bariyer bütünlüğü için kritik bir organdır (Adachi ve ark., 2023). Kadeh hücreleri ve ürettikleri mukuslar, bu bariyerin ana elemanlarından biridir. İntestinal kanal epiteli, lüminal içerik ve epitel hücreleri arasında yerleşmiş bir mukus katmanı ile kaplıdır (Gu ve ark., 2002). Kadeh hücrelerinin görevi mukus katmanını korumak amacıyla müsin glikoproteinlerini üretmektir (Sunar, 2008). Mukus katmanının genelini meydana getiren kompleks moleküller olan Müsin glikoproteinlerini kadeh hücreleri ve bez epitel hücreleri salgılar (Diler ve ark., 2009). Asidik ve nötral alt tipleri olan, sülfatlı ve non-sülfatlı grupları bulunan Müsinler, kadeh hücresinden salgılanmadan önce membranla çevrili olan büyük granüllerde biriktirilir ve ardından kadeh hücresinin apikal yüzeyinden salgılanır (Forstner ve ark., 1995). Müsinler nedeniyle pek çok bakteri agregasyona uğrar, bu durum patojenik bakterilerin bağırsak epiteline tutunmasını engelleyen bir mekanizmadır (Modina ve ark., 2021). Bu nedenle mukus katmanı, enfeksiyon durumunda yangısal cevabı düzenleyerek vücut savunmasında önemli bir işlev görür (Adipmoradi ve ark., 2006).

Tek hücreli endoepiteliyal bezler olan Kadeh hücreleri, emilimi gerçekleştiren prizmatik epitel hücrelerinin arasında yer alır. Basıklaşan çekirdekleri, hücrenin dar olan bazal bölümünde bulunur (Diler ve ark., 2009). Hücrenin apikal kısmı salgı granülleriyle dolu olmasından dolayı bazal kısmından daha geniştir (Doğan, 2008). Kadeh hücresi sayısı duodenumdan ileuma doğru gidildikçe ve yaşla orantılı olarak artar (Wang ve ark., 2003). İleum villuslarındaki kadeh hücresi, jejunumdakilerin hemen hemen iki katıdır (James ve ark., 1988). Kadeh hücreleri, kriptlerin bazalinde yer alan pluripotent kök hücrelerden veya oligomukus hücrelerinin farklılaşmasıyla meydana gelir (Uni ve ark., 2006). Birkaç günlük süreçte villus ucuna doğru göç ederler ve aynı bölgeden lümene döküldükleri için ömürleri kısadır ve sürekli yenilenirler (Ribeiro ve ark., 2023).

Gebelik fizyolojisindeki bazı farklılıklara rağmen fareler ve ratlar, insan gebelik sürecinde yaşanması muhtemel olumsuzlukları incelemek için yaygın olarak kullanılır. Sunulan çalışmanın amacı, güncel literatür doğrultusunda gebelik sürecinde ince bağırsaktaki kadeh hücre sayısındaki değişimle karakterize edilen histolojik ve histometrik değişimlerin, özellikle araştırılmasıdır.

2. ARAŞTIRMA

Gebelik sürecinde artan enerji ihtiyacına paralel olarak besin alımı da artar. Bu duruma uyum sağlamak amacıyla sindirim sistemi başta olmak üzere tüm sistemlerde ve organlarda histolojik ve fizyolojik değişimler meydana gelir. Bu değişimlerin temelini organlarda meydana gelen hipertrofi ve ağırlık artışı oluşturur (Mohammed ve Ibrahim, 2004). Endoepitelyal unisellüler bezler olan Kadeh hücreleri, ileri seviyede polarize olabilme potansiyeline sahiptir. İnce ve kalın bağırsakta mukus üretiminden sorumlu olan prizmatik şekilli bu hücreler, '*teka'* adı verilen intrasellüler boşluklarında müsin granüllerini biriktirirler (Özbek ve ark., 2018). Memeli türleri arasında Kadeh hücrelerinin müsin salgısı asit veya nötr olması bakımından farklılık gösterebilir. Bu hücrelerin bazal kısmı, olgun kadeh hücresinin karakteristik gövde şeklini gösterdiğinden dolayı müsin üreten organellere sahiptir. Granüllü endoplazmik retikulum ve golgi aygıtı Nükleusu apikalde çevreler. Ribozomlardan dolayı sitoplazma ileri seviyede bazofilik özelliğe sahiptir (Akpolat, 2007).

Ratlarda doğumdan sonraki 2. günde villus epitelinde mitozun hızlanarak kadeh hücresi sayısının arttığı, 5. günde ise artışın daha belirgin seviyede olduğu bildirilmiştir (Steeb, 1995). Araştırmacı, 11. günde kadeh hücre sayısının artmaya devam ettiği; 15. günde artışın devam ederek kriptlerde yoğunlaştığını bildirmiştir. Yirminci günde ince bağırsakta kadeh hücre sayısının oldukça arttığı ve bağırsağın distalinde proksimale kıyasla daha çok olduğu; 30. günde Lieberkühn kriptlerinin oldukça fazla olduğuna yer verilmiştir. Kobaylarda yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Özdemir ve ark, 2004). Araştırmacılar, on dördüncü günde villuslardaki kadeh hücrelerinin, kriptlerdeki kadeh hücrelerinden daha uzun ve dar olduğunu bildirmiştir.

Gebe tavşanlarda yapılan bir çalışmada, kadeh hücresi sayısı bakımından gebe hayvanlar ile kontrol grubundakiler arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (Aragona ve ark., 1998). Araştırmacılar gebelerde kadeh hücrelerinin ortalama çaplarının ve alanlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Şensoy (2013), kadeh hücre sayısının duodenumda kontrol grubuna göre gebeliğin 1. ve 2. haftalarında azalırken, 3. haftada artış belirlendiğini rapor etmiştir. Aynı çalışmada, jejunumda gebeliğin tüm haftalarında kadeh hücre sayısının azaldığı, benzer şekilde ileumda gebeliğin tüm haftalarında kadeh hücre sayısında azalma belirlendiği ifade edilmiştir.

Gebe farelerde ince bağırsak toplam uzunluğunun ve kript-villus alanının arttığı; bu durumun artan besin ihtiyacına yanıt olarak **epitel proliferasyonunun** artmasıyla ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Srugo ve ark., 2019; Wang ve Peng, 2008). **İntrauterin büyüme geriliği olan f**are modelinde ileum kısalığı, villus kısalığı ve **kadeh hücre sayısında azalma** bildirilmiştir (Cooley ve ark., 2022). **Maternal yetersiz beslenme ve yüksek yağlı diyet çalışmalarında ise gebe farelerin** bağırsaklarında kadeh hücre birikimi veya mukus gen ekspresyonunda azalma gibi değişikliklerle bariyer bütünlüğünün ve fetüs gelişiminin etkilenebileceği bildirilmiştir (Adachi ve ark., 2023; Pfoze ve Rajshree, 2018). Buna karşın, Aragona ve ark., (1998), kadeh hücre sayısının gebelikte değişmediğini bildirmiştir. Sorkun ve Özdamar, (2005)'a göre, gebelik sürecinde gastrin salgılayan hücrelerin artmasından dolayı, ince ve kalın bağırsakta kadeh hücre sayısında artışa yol açmıştır.

3. SONUÇ

Gebelik, annenin vücudunda östrojen ve progesteron hormonlarının önderliğinde meydana gelen değişimlerden kendisinin ve yavrusunun etkilendiği bir süreçtir. Annenin gebelikte yetersiz beslenmesi veya gerçekleşmesi muhtemel sindirim sistemi hastalıklarının meydana gelmesi yavru gelişiminde anormalliklere veya ölümlere yol açabileceği için gebelikte meydana gelen değişimlerin takibinin bilimsel yöntemlerle gerçekleştirilmesi son derece önemlidir. Mevcut veriler, normal gebeliğin ince bağırsak alanını ve hücresel proliferasyonu artırdığını, ancak kadeh hücre sayısını belirgin şekilde değiştirmediğini; buna karşılık maternal inflamasyon, malnütrisyon, yüksek yağlı diyet gibi durumların hem anne hem fetüste kadeh hücre sayısı, mukus tipi ve bariyer fonksiyonunda belirgin bozulmalara yol açabildiğini gösterir. Fetüste gebeliğin son döneminde kadeh hücreleri ve mukin kompozisyonu hızla olgunlaşarak doğum sonrası mukozal savunmaya temel hazırlar. Bu nedenle gebeliğin farklı dönemlerinde ince bağırsakta meydana gelen değişimlerin histolojik yöntemlerle belirlenmesi, bu süreçte sindirim sisteminden meydana gelmesi muhtemel hastalıkların erken teşhis ve tedavisinde büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Adachi, H., Ishiyama, S., & Mochizuki, K. (2023). Dietary protein restriction during pregnancy and/or early weaning reduces the number of goblet cells in the small and large intestines of female mice pups. *Biochemistry and Biophysics Reports, 34*. https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2023.101475

Adipmoradi M, Navidshad B, Seifdavati J, Royan M. Effect of dietary garlic meal on histological structure of small intestine in broiler chickens. The Journal of Poultry Sci. 2006; 43: 373-8.

Akpolat M. Gamma radyasyonunun ileum kadehsi hücrelerinde oluşturduğu hasarlara karşı curcumin ve C vitamininin koruyucu etkilerinin ışık ve elektron mikroskobik düzeylerde incelenmesi. Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Morfoloji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. 2007.

Aragona P, Puzzolo D, Micali A, Ferrer G. Morphological and morphometric analysis on the rabbit conjunctival goblet cells in different hormonal conditions. Experimental Eye Res. 1998; 66(1): 81-88.

Casirola DM, Ferraris RP. Role of the small intestine in postpartum weight retention in mice. *Am J Clin Nutr*. 2003;78:1178–87. doi: 10.1093/ajcn/78.6.1178.

Chung SY, Ravel J, Regan M. Clinical relevance of gastrointestinal microbiota during pregnancy: A primer for nurses. *Biol Res Nurs*. 2018;20:84–102. doi: 10.1177/1099800417732412.

Cooley, A., Madhukaran, S., Stroebele, E., Caraballo, M., Wang, L., Hon, G., & Mahendroo, M. (2022). Dynamic states of cervical epithelia during pregnancy and epithelial barrier disruption. *iScience, 26*. https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105953

Diler D, Kelek S, Çınar K. Kuluçka sonrası dönemde tavuk (Gallus Gallus Domestica) duodenum Goblet hücrelerinin histokimyasal yapısı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Derg. (E-Dergi). 2009; 4(1): 40-53.

Doğan S. İnce bağırsakta yaşa bağlı değişiklikler. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji ve Embriyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 2008.

Forstner JF, Oliver MG, Sylvester FA. Production, structure and biologic relevance of gastrointestinal mucins. In: Blaser MJ, Smith PD, Ravdin JI, Greenberg HB and Guerrant RL, ed. Infections of gastrointestinal tract. New York, Raven Press. 1995; 71-88.

Gu X, Li D, She R. Effect of weaning on small intestinal structure and function in the piglet. Arch Anim Nutr. 2002; 56: 275-86.

James PS, Smith MW, Tivey DR. Single-villus analysis of disaccharidase expression by different regions of the mouse intestine. Journal of Physiology. 1988; 401: 533–45.

Liu, K., Jia, M., & Wong, E. (2020). Delayed access to feed affects broiler small intestinal morphology and goblet cell ontogeny. *Poultry Science, 99*, 5275 - 5285. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.040

Modina, S., Aidos, L., Rossi, R., Pocar, P., Corino, C., & Di Giancamillo, A. (2021). Stages of Gut Development as a Useful Tool to Prevent Gut Alterations in Piglets. *Animals : an Open Access Journal from MDPI, 11*. https://doi.org/10.3390/ani11051412
Mohammed SA, Ibrahim SH. Histological and immunohistochemical study on the effect of pregnancy and lactation on the jejunal mucosa of albino rat. The Egyptian Journal of Histology. 2004; 27(2): 375-88.
Özbek, M., Ergün, E., Beyaz, F., Ergün, L., M, N., Özgenç, Ö., & Erhan, F. (2018). Prenatal development and histochemical characteristics of gastrointestinal mucins in sheep fetuses. *Microscopy Research and Technique, 81*, 630 - 648. https://doi.org/10.1002/jemt.23018
Özdemir D, Aydın A, Atalar Ö. Dişi kobaylarda (Cavia porcellus) duodenum mukozasının postnatal gelişimi üzerine ışık mikroskobik incelemeler. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Derg. 2004; 18(2): 81–4.
Pfoze, K., & Rajshree, H. (2018). Time of appearance of goblet cells in human small intestine. *Journal of Evolution of medical and Dental Sciences, 7*, 2099-2103. https://doi.org/10.14260/jemds/2018/470
Ribeiro, T., Breznik, J., Kennedy, K., Yeo, E., Kennelly, B., Jazwiec, P., Patterson, V., Bellissimo, C., Anhê, F., Schertzer, J., Bowdish, D., & Sloboda, D. (2023). Intestinal permeability and peripheral immune cell composition are altered by pregnancy and adiposity at mid- and late-gestation in the mouse. *PLOS ONE, 18*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284972
Reynolds, K., Cloft, S., & Wong, E. (2020). Changes with age in density of goblet cells in the small intestine of broiler chicks. *Poultry Science, 99*, 2342 - 2348. https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.052
Sorkun HÇ ve Özdamar S. Sıçan ince bağırsaklarının gelişimi ve gastrin hücrelerinin dağılımı. Türkiye Klinikleri J Med Sci. 2005; 25: 10-9.
Srugo, S., Bloise, E., Nguyen, T., & Connor, K. (2019). Impact of Maternal Malnutrition on Gut Barrier Defense: Implications for Pregnancy Health and Fetal Development. *Nutrients, 11*. https://doi.org/10.3390/nu11061375
Steeb CB. Effects of insulin-like growth factor-I (IGF-I) peptides on the growth and function of the gastrointestinal tract in adult and suckling rats. The University of Adelaide South Australia Child Healt Reseach Institute. Doctoral Thesis. 1995.
Sunar M. Işık stresi uygulanan bıldırcınlarda ince bağırsaklarda gözlenen morfolojik değişikliklerin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Anatomi (Veterinerlik) Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 2008.
Şensoy E, (2013). Farelerde, Gebeliğin Farklı Dönemlerinde İnce Bağırsak Dokusundaki Değişikliklerin Histolojik, Enzim Histokimyasal Ve İmmünohistokimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
Uni Z, Smirnov G, Sklan D. Pre and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine effect of delayed access to feed. Poultry Sci. 2006; 82: 320–7.
Wang L, Li J, Li O, Zhang J, Duan XL. Morphological changes of cell proliferation and apoptosis in rat jejunal mucosa at different ages. World Journal of Gastroenterology. 2003; 9(9): 2060–4.
Wang, J., & Peng, K. (2008). Developmental morphology of the small intestine of African ostrich chicks.. *Poultry science, 87 12*, 2629-35. https://doi.org/10.3382/ps.2008-00163

BIR ARAŞTIRMA UYGULAMA MERKEZI TOPLUMSAL KATKI PROJESI OLARAK TAI CHI TANITIM ETKINLIĞININ SONUÇLARI

Doç. Dr. Şebnem Avcı
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yaşlı Sağlığı Bakımı Uygulama Araştırma Merkezi, Bolu.
ORCID: 0000-0003-3712-0551
Öğr. Gör. Gözde Tekin
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bolu
ORCID: 0000-0002-1049-111X

ÖZET
Yaşlı nüfusun artışıyla birlikte denge bozuklukları, düşmeler ve fonksiyonel kayıplar önemli bir halk sağlığı sorunu olmuştur. Düşmeleri önlemeye yönelik güncel yaklaşımlar arasında egzersiz temelli uygulamalar öne çıkmakta; Tai Chi ise düşük-orta şiddette, güvenli ve uygulanabilir bir zihin-beden egzersizi olarak dikkat çekmektedir. Bu çalışma, Yaşlı Sağlığı Bakımı Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yürütülen Tai Chi Tanıtım Etkinliğinin sonuçlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.
Etkinlik, Bilimsel Araştırma Projeleri Ofisi desteğiyle düzenlenmiştir. Altmış yaş üzeri 60 birey dahil edilmiştir. Etkinlik öncesi Tai Chi bilgi düzeyi anketi uygulanmış; ardından uzman eğitmen eşliğinde teorik ve uygulamalı eğitim gerçekleştirilmiştir. Etkinlik sonunda bilgi düzeyi ve memnuniyet anketleri tekrar değerlendirilmiştir.
Etkinlik öncesinde katılımcıların %53,33'ü Tai Chi'yi daha önce duymadığını belirtirken, etkinlik sonrasında Tai Chi'nin kökeni, uygulanış biçimi, denge üzerindeki etkileri ve zihin-beden uyumuna katkısı konularında bilgi düzeylerinde belirgin artış gözlenmiştir. Katılımcıların %87,5'i Tai Chi'nin denge üzerine olumlu etkisini öğrendiğini ifade etmiştir. Genel memnuniyet düzeyi yüksek bulunmuş; katılımcıların %76,79'u etkinliğe tekrar katılmak istediğini, %75'i ise etkinliği başkalarına önereceğini belirtmiştir. En sık bildirilen kazanım "denge ve duruş farkındalığı" olmuştur.
Sonuç olarak, Tai Chi tanıtım etkinliğinin yaşlı bireylerde farkındalık oluşturduğu, bilgi düzeyini artırdığı ve yüksek memnuniyet sağladığı görülmüştür. Bulgular, Tai Chi'nin ileride denge, koordinasyon ve aktif yaşlanmayı destekleyen uzun dönemli uygulamalarda kullanılabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu çalışma, Yaşlı Sağlığı Bakımı Uygulama ve Araştırma Merkezi gibi üniversitelerde faaliyet gösteren merkezlerin toplumsal katkı alanındaki önemini, bilimsel bilgiyi toplum temelli uygulamalara dönüştürme ve üniversite-toplum iş birliğinin güçlendirilmesine katkı sağlama konularıyla ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Tai Chi, yaşlı sağlığı, aktif yaşlanma, denge, toplumsal katkı, araştırma merkezi, fiziksel aktivite

RESULTS OF A TAI CHI INTRODUCTION EVENT AS A SOCIAL CONTRIBUTION PROJECT OF A RESEARCH AND APPLICATION CENTER

ABSTRACT
With the increasing elderly population, balance disorders, falls, and functional impairments have become important public health concerns. Among current approaches aimed at preventing falls, exercise-based interventions have gained prominence, while Tai Chi stands out as a low-to-moderate intensity, safe, and applicable mind-body exercise. This study was conducted to

evaluate the outcomes of a Tai Chi Introduction Event organized by the Geriatric Health Care Practice and Research Center.
The event was organized with the support of the Scientific Research Projects Office. Sixty individuals aged over 60 years participated. Before the event, participants completed a questionnaire assessing their level of knowledge about Tai Chi. Subsequently, theoretical and practical training sessions were conducted under the supervision of an expert instructor. At the end of the event, knowledge and satisfaction questionnaires were re-administered.
Before the event, 53.33% of the participants stated that they had never heard of Tai Chi. Following the event, a significant increase was observed in participants' knowledge regarding the origin of Tai Chi, its methods of practice, its effects on balance, and its contribution to mind-body harmony. Additionally, 87.5% of participants reported learning about the positive effects of Tai Chi on balance. Overall satisfaction levels were high; 76.79% of participants expressed a desire to attend similar events again, while 75% stated that they would recommend the event to others. The most frequently reported benefit was "awareness of balance and posture."
In conclusion, Tai Chi introduction event was found to increase awareness, improve knowledge levels, and provide high satisfaction among elderly. The findings suggest that Tai Chi may be used in future long-term interventions aimed at supporting balance, coordination, and active aging. Furthermore, it demonstrates the importance of university-based centers such as Geriatric Health Care Practice and Research Center in the field of social contribution through transforming scientific knowledge into community-based practices and strengthening university-community collaboration.
Keywords: Tai Chi, elderly health, active aging, balance, social contribution, research center, physical activity

1. INTRODUCTION

The proportion of the elderly population is steadily increasing worldwide. It is reported that approximately 11% of the world population is aged 60 years and over, and this rate is expected to rise to 22% by 2050 (1). The aging population worldwide increases the incidence of balance disorders, falls, and related injuries among older adults. Falls lead to adverse outcomes such as disability, dependency on others, and decreased quality of life in elderly individuals. This situation places a burden on healthcare systems and increases the need for long-term care (2). Balance problems and falls associated with aging are global issues, and effective prevention strategies need to be developed.
In recent years, updated guidelines on fall prevention and management for older adults have been published, emphasizing the importance of exercise in improving balance (3). Exercise improves neuromuscular function and prevents falls in older adults; however, the same exercise program may not be sustainable for every individual. For some elderly individuals, many exercise activities may be either too intense or too simple. Therefore, it is necessary to identify accessible and safe exercise models suitable for different age groups (4).
Bolu Abant İzzet Baysal University Elderly Health Care Practice and Research Center (EHCPRC) began its activities in March 2024 following the appointment of administrative and academic staff. The center was established particularly to improve the general health status and quality of life perceptions of older adults and to develop innovative research projects in the field of geriatrics. The objectives of the center include providing educational activities aimed at improving the health of older adults living in our city, supporting physical activity programs for musculoskeletal problems, and contributing to health literacy among elderly individuals through collaboration with other healthcare professionals specialized in the field. In addition, the center aims to support healthy aging programs, contribute to the field through scientific

studies, and collaborate with public institutions and organizations to raise awareness about healthy and active aging. Practice and Research Centers operating within universities have important missions in terms of cooperation among society, universities, and public institutions. To date, seminars entitled “Take Action for Your Health,” “Sleep in Older Ages,” and “Probiotics and Nutrition in Older Adults” have been organized within the center. Information presented by expert speakers was reinforced through question-and-answer sessions. Survey data collected at the end of each event were analyzed to evaluate both the effectiveness of the presentations and the demands for future activities. In addition to these theoretical activities, bone mineral density measurements were performed for “Osteoporosis Assessment,” and appropriate medication was initiated by our physician for individuals in need. A “Cross-Country Skiing Event” was organized to introduce older adults living in our city to different sports branches and to increase interest in physical activity. Older adults received cross-country skiing training and practice opportunities from expert ski instructors at Gerede Arkut Mountain, a region highly suitable for winter sports. Another important activity was the “Orienteering for Individuals Over 60 Years of Age” event, which emphasized the importance of mental and physical health in older adults by requiring not only physical performance but also cognitive skills.

There are many approaches in the literature that can be used to improve balance and coordination in older adults. Among these, Tai Chi attracts attention due to its applicability as a group activity and its relatively easy structure for heterogeneous groups with different physical conditions. Tai Chi is a traditional Chinese exercise practiced since the Ming Dynasty in the 17th century (5). Known for its slow and graceful movements, Tai Chi is widely practiced in China. Tai Chi exercises help preserve and enhance energy by gently stretching, extending, rotating the extremities and trunk, and coordinating movements with breathing. There are two main styles of Tai Chi: Chen-style Tai Chi and Yang-style Tai Chi. These two styles consist of up to 108 movements. Chen-style Tai Chi requires greater skill in balancing energy and strength, whereas Yang-style Tai Chi is more suitable for the general population (6–8). Tai Chi is increasingly described as a multimodal mind-body exercise combining physical, cognitive, social, and meditative components within the same activity. With its low-to-moderate intensity, ease of learning, and rhythmic structure, Tai Chi stands out as a suitable option for older adults (9,10). Furthermore, consisting of slow, low-impact, and coordinated movements, Tai Chi places minimal stress on the joints and cardiovascular system, making it an appropriate form of exercise for older adults (11).

In line with the establishment and operational objectives of our center, the aim of the Tai Chi Introduction Event was determined as introducing older adults living in our city to a new sports branch they had not previously experienced, evaluating their satisfaction levels regarding the continuity of such activities even as a one-day event, and examining whether they gained new knowledge about Tai Chi.

2. MATERIALS AND METHODS

This event was carried out through the collaboration of EHCPRC and the Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Faculty of Health Sciences at Bolu Abant İzzet Baysal University, under the title of “Social Contribution Activities” included in our university’s Strategic Plan. Financial support was obtained through an application submitted by our center to the university’s Scientific Research Projects Office, with the approval number BAİBÜ BAP 2025-SOS-025.

Individuals aged over 60 years who had been participating for many years in the balance and coordination training programs conducted by the Department of Physiotherapy and Rehabilitation were included in the training.
The Tai Chi instructor was an experienced trainer who had been providing education in the field for many years at his own center and participated in our program from Ankara for this event.
The event was held on March 11, 2026, at the Multi-Purpose Sports Hall affiliated with the Bolu Provincial Directorate of Youth and Sports.
Participants were asked to complete a Tai Chi knowledge questionnaire, which also included demographic information, before the practical session. No prior information about Tai Chi was provided before the event in order to prevent even brief preliminary research on the topic.
Following the initial data collection, general information about Tai Chi was provided by the expert instructor, and practical exercises were performed together with the participants. At the end of the event, brief knowledge and satisfaction questionnaires were collected and statistically analyzed.

3. RESULTS

Sixty-one participants attended the event. Written informed consent forms indicating agreement to participate were requested; one individual who did not agree to sign the consent form and complete the questionnaire was excluded from the program. The findings were calculated for 60 participants (46 women, 14 men) with a mean age of 68.25 years. However, 56 participants completed the post-event questionnaire. Four participants were unable to provide responses because they left the venue due to personal reasons at the end of the event.
Before the Tai Chi introductory event, 53.33% of participants (n = 32) stated that they had not heard of Tai Chi before. The proportion of those who had heard of Tai Chi but had no idea what it was was 33.33% (n = 20). When asked about the country of origin of Tai Chi, 45% answered China; this rate increased to 98.21% (n = 55) after the event.
While 55% of participants initially believed that Tai Chi consists only of strength-based exercises, after the event this understanding shifted, with 98.21% (n = 55) recognizing it as slow and flowing movements combined with breathing. Before the event, 53.33% (n = 32) stated that Tai Chi could have a positive effect on balance, while 31.67% (n = 19) selected the option that it primarily develops muscle strength. After the event, 49 participants (87.5%) reported learning about the relationship between Tai Chi and balance.
The proportion of participants who believed that Tai Chi could only be performed in gyms was 51.67% (n = 31), whereas after the event, 87.5% (n = 49) learned that it can be practiced indoors or outdoors. Before the event, 24 participants (40%) described Tai Chi movements as slow, controlled, and balanced, while 10 participants (16.67%) thought it involved jumping and another 10 participants (16.67%) thought it consisted only of sitting movements. After the event, 94.64% of participants (n = 53) correctly identified the movements as slow, controlled, and balanced.
Regarding the question on the general structure of Tai Chi movements, before the event 19 participants (31.67%) believed it was mainly aimed at increasing muscle strength, 18 participants (30%) thought it included jumping movements, and 10 participants (16.67%) stated that it involves mind–body coordination. After the event, 92.86% of participants (n = 52) stated that it focuses on mind–body coordination.
After the event, 48 participants (85.71%) answered “yes” to the question of whether regular exercise has positive effects on memory and psychological well-being.
When asked whether their expectations before the event were met, 4 participants (7.14%) stated “not met at all,” 22 (39.29%) stated “partially met,” 19 (33.93%) stated “largely met,” and 11 (19.64%) stated “completely met.”

To the question “What was your most important takeaway from this event?”, 62.5% of participants (n = 35) responded “balance and posture awareness.”
Overall satisfaction with the event was reported as “good” by 42.86% (n = 24) of participants. Regarding the clarity of the training, 21 participants (37.5%) described it as “very clear and understandable,” while 18 participants (32.14%) stated it was “understandable.”
When asked about satisfaction with the instructor, 26 participants (46.43%) responded “satisfied,” and 22 participants (39.29%) responded “very satisfied.”
The proportion of participants who stated they would attend the event again was 76.79% (n = 43). The proportion of those who stated they would recommend the event to others was 75% (n = 42).
Responses to the open-ended question regarding additional comments and suggestions were generally positive, with participants expressing satisfaction, requesting that the event be repeated, and indicating a desire for greater variety in movements.

Table 1. Data Before and After the Tai Chi Introduction Event

Question	**Pre-Event n (%)**	**Post-Event n (%)**
Total number of participants	60	56
Female	46 (%76,67)	-
Male	14 (%23,33)	-
Mean age	68,25 yıl	-
Had never heard of Tai Chi before	32 (%53,33)	-
Had heard of Tai Chi but had no idea what it was	20 (%33,33)	-
Identified China as the country of origin of Tai Chi	27 (%45,00)	55 (%98,21)
Thought Tai Chi consisted only of strength exercises	33 (%55,00)	-
Knew that Tai Chi consists of slow and fluid movements combined with breathing	-	55 (%98,21)
Thought Tai Chi had positive effects on balance	32 (%53,33)	49 (%87,50)
Thought Tai Chi was intended to improve muscle strength	19 (%31,67)	-
Thought Tai Chi could only be practiced in gyms	31 (%51,67)	-
Knew that Tai Chi could be practiced indoors or outdoors	-	49 (%87,50)
Thought Tai Chi involved slow, controlled, and balanced movements	24 (%40,00)	53 (%94,64)
Thought Tai Chi involved jumping movements	10 (%16,67)	-
Thought Tai Chi was performed only while seated	10 (%16,67)	-
Thought Tai Chi was only intended to increase muscle strength	19 (%31,67)	-
Thought Tai Chi included jumping movements	18 (%30,00)	-
Thought Tai Chi included movements focusing on mind-body harmony	10 (%16,67)	52 (%92,86)
Thought regular exercise had positive effects on memory and psychological well-being	-	48 (%85,71)

4. CONCLUSION

Practice and Research Centers established within universities have the responsibility of transforming scientific knowledge produced at universities into practical applications and sharing it with society. By directly interacting with the community and disseminating academic knowledge through social responsibility projects, awareness activities, seminars, and consultancy services, these centers transform universities from closed institutions that solely provide education into active stakeholders contributing to the health, social, and cultural development of their regions. Research centers maintain communication with stakeholders relevant to their fields and plan activities according to the real needs of society by obtaining service-related information directly from the field (12). Our center, which was specifically established to serve the elderly population, determines future activities by evaluating participant feedback after each event.

The literature reports that regular Tai Chi practice has positive effects on respiration, balance, and coordination (13), increases lower extremity muscle endurance, and improves neuromuscular control and proprioception of the knee and ankle joints (14). A 2019 Cochrane Systematic Review conducted among community-dwelling adults over the age of 60 found that Tai Chi reduced the rate of falls by 19% and the number of individuals experiencing falls by 20% (15). In a 2023 study by Chen et al., Tai Chi was reported to be an effective exercise for preventing falls and improving balance ability in both healthy older adults and those at high risk of falling (16). Tai Chi has been shown to improve static balance in older adults and, according to a recent expert consensus (2021), is recommended as an important component of balance training (17). It has also been reported that Tai Chi effectively reduces both the number of falls and fear of falling in older adults with sarcopenia and frailty (5). Research further indicates that Tai Chi may reduce sleep problems and slow the progression of cognitive impairment in older adults, with these effects being associated with prefrontal cortex activation (18).

The primary aim of our event was to provide older adults living in the central district of Bolu with the opportunity to experience a type of exercise they had not previously tried and to evaluate their knowledge levels regarding this activity. Our secondary aim was to determine whether Tai Chi, due to its ease of application for improving balance and coordination in older adults as reported in the literature, could generate a level of satisfaction that would pave the way for future studies. The increase in both knowledge levels and overall satisfaction after the event suggests that this initiative may evolve into further long-term studies focusing on more functional outcomes.

Centers actively engaged with society enable universities to be recognized not only for academic achievement but also for their capacity to generate social benefit. Since “social contribution” has become an important performance domain in higher education quality assessments today, these centers are directly associated with institutional strategic goals (19). In conclusion, while emphasizing that our Elderly Health Care Practice and Research Center serves as a bridge connecting the knowledge production capacity of our university with societal needs, the potential of our activities to guide similar centers is considered another positive outcome of this event report.

Acknowledgements: We would like to thank the Scientific Research Projects Coordination Office of Bolu Abant İzzet Baysal University, Mr. Numan Pekgöz, the Bolu Provincial Directorate of Youth and Sports, and all participants.

5. REFERENCES

1. Kanasi E, Ayilavarapu S, Jones J. The aging population: demographics and the biology of aging. Periodontology 2000. 2016;72(1):13-8.

2. Organization WH. Step safely: strategies for preventing and managing falls across the life-course. 2021.
3. Montero-Odasso M, Van Der Velde N, Martin FC, Petrovic M, Tan MP, Ryg J, et al. World guidelines for falls prevention and management for older adults: a global initiative. Age and ageing. 2022;51(9):afac205.
4. Xu F, Soh KG, Chan YM, Bai XR, Qi F, Deng N. Effects of Tai Chi on postural balance and quality of life among the elderly with gait disorders: A systematic review. Plos one. 2023;18(9):e0287035.
5. Huang C-Y, Mayer PK, Wu M-Y, Liu D-H, Wu P-C, Yen H-R. The effect of Tai Chi in elderly individuals with sarcopenia and frailty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Ageing research reviews. 2022;82:101747.
6. Lan C, Lai J-S, Chen S-Y. Tai Chi Chuan: an ancient wisdom on exercise and health promotion. Sports medicine. 2002;32(4):217-24.
7. Liu H-H, Yeh N-C, Wu Y-F, Yang Y-R, Wang R-Y, Cheng F-Y. Effects of Tai Chi Exercise on Reducing Falls and Improving Balance Performance in Parkinson's Disease: A Meta-Analysis. Parkinson's Disease. 2019;2019(1):9626934.
8. Liu J, Yeung A, Xiao T, Tian X, Kong Z, Zou L, et al. Chen-style tai chi for individuals (aged 50 years old or above) with chronic non-specific low back pain: a randomized controlled trial. International journal of environmental research and public health. 2019;16(3):517.
9. Li J, Hong Y, Chan K. Tai chi: physiological characteristics and beneficial effects on health. British journal of sports medicine. 2001;35(3):148-56.
10. Sierpina VS. The Harvard Medical School Guide to Tai Chi. Explore: The Journal of Science and Healing. 2014;10(3):196-7.
11. Huang Y, Liu X. Improvement of balance control ability and flexibility in the elderly Tai Chi Chuan (TCC) practitioners: a systematic review and meta-analysis. Archives of gerontology and geriatrics. 2015;60(2):233-8.
12. YSBUAM Yönetmeliği. https://ysb.ibu.edu.tr/tr/page/yonetmelik/18127 Erişim tarihi: 10.05.2026
13. Chen P-J, Penn I-W, Wei S-H, Chuang L-R, Sung W-H. Augmented reality-assisted training with selected Tai-Chi movements improves balance control and increases lower limb muscle strength in older adults: A prospective randomized trial. Journal of Exercise Science & Fitness. 2020;18(3):142-7.
14. Lin J, Ning S, Lyu S, Gao H, Shao X, Tan Z, et al. The effects of different types of Tai Chi exercises on preventing falls in older adults: a systematic review and network meta-analysis. Aging clinical and experimental research. 2024;36(1):65.
15. Sherrington C, Fairhall NJ, Wallbank GK, Tiedemann A, Michaleff ZA, Howard K, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community. Cochrane database of systematic reviews. 2019(1).
16. Chen W, Li M, Li H, Lin Y, Feng Z. Tai Chi for fall prevention and balance improvement in older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Frontiers in public health. 2023;11:1236050.
17. Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al. International exercise recommendations in older adults (ICFSR): expert consensus guidelines. The journal of nutrition, health & aging. 2021;25(7):824-53.
18. Liu Z, Zhang L, Bai L, Guo Z, Gao J, Lin Y, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation and tai chi chuan for older adults with sleep disorders and mild cognitive impairment: a randomized clinical trial. JAMA Network Open. 2025;8(1):e2454307-e.
19. BAİBÜ 2024-2028 Stratejik Planı. https://ysb.ibu.edu.tr/tr/page/yonetmelik/18127 Erişim tarihi: 14.05.2026

S235 ÇELİK PROFİLLERİNİN EĞİLME DAVRANIŞLARININ FARKLI ZIMBA GEOMETRİLERİYLE DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Melike Nur BERBEROĞLU
Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 11000 Bilecik
ORCID ID: 0009-0001-1572-0284
Doç. Dr. Emre ESENER
Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 11000 Bilecik
ORCID ID: 0000-0001-5854-4834

ÖZET
Bu çalışmada, S235 kalite kare kesitli çelik profillerin eğilme davranışları farklı zımba geometrileri altında deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde, 50×50×4 mm boyutlarında ve 300 mm uzunluğundaki kutu profiller kullanılmıştır. Eğilme deneyleri, Shimadzu üniversal test cihazında gerçekleştirilmiş ve yükleme hızı 2 mm/dk olarak sabit tutulmuştur. Çalışmanın temel amacı, farklı zımba yarıçaplarının malzemenin deformasyon davranışı, yük taşıma kapasitesi ve gerilme dağılımı üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu kapsamda R5, R10 ve R15 mm yarıçaplarına sahip üç farklı zımba geometrisi kullanılmıştır.

Deney sonuçları, zımba geometrisinin profil davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Küçük yarıçaplı zımbalarda temas alanının daralması nedeniyle gerilme yığılması artmış ve yerel plastik deformasyon daha erken başlamıştır. Buna bağlı olarak malzemenin taşıyabildiği maksimum kuvvet değerleri daha düşük seviyelerde kalmıştır. Buna karşın, büyük yarıçaplı zımbalarda yük daha geniş bir yüzeye yayılmış, böylece daha homojen bir gerilme dağılımı elde edilmiştir. Özellikle R15 zımba geometrisinde profil kesitinin tamamının plastik deformasyona katıldığı ve yaklaşık 95 kN seviyesine kadar yük taşıyabildiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, temas geometrisinin S235 çelik profillerin mekanik performansı üzerinde kritik bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.
Anahtar kelimeler: S235 çeliği, 3 nokte eğme, zımba geometrisi, profiller

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE BENDING BEHAVIOR OF S235 STEEL PROFILES WITH DIFFERENT PUNCH GEOMETRIES

ABSTRACT
In this study, the bending behavior of S235 square steel profiles under different punch geometries was experimentally investigated. Square hollow sections with dimensions of 50×50×4 mm and a length of 300 mm were used in the experiments. Bending tests were carried out using a Shimadzu universal testing machine at a constant loading speed of 2 mm/min. The primary objective of the study was to determine the effects of different punch radii on deformation behavior, load-carrying capacity, and stress distribution of the material. For this purpose, three different punch geometries with radii of R5, R10, and R15 mm were employed.

The experimental results demonstrated that punch geometry has a significant influence on the mechanical response of the profiles. In small-radius punches, the reduced contact area caused higher stress concentrations and earlier local plastic deformation. Consequently, the maximum

load-carrying capacity remained at lower levels. In contrast, larger-radius punches distributed the load over a wider surface, resulting in a more uniform stress distribution. Particularly for the R15 punch geometry, the entire cross-section participated in plastic deformation, and the profile was able to withstand loads up to approximately 95 kN. The findings indicate that contact geometry is a critical parameter affecting the mechanical performance and deformation characteristics of S235 steel profiles.
Keywords: S235 steel, 3 point bending, punch geometry, profiles

1. GİRİŞ

Mühendislik tasarımlarında malzemenin mekanik davranışının doğru analizi, yapısal güvenliğin temelini oluşturur. Bu bağlamda çelik; yüksek mukavemeti, sünekliği, ekonomik maliyeti ve şekillendirilebilirliği ile yapısal uygulamalarda en çok tercih edilen malzemedir. Çeliğin mekanik performansı büyük ölçüde karbon içeriğine bağlıdır (Callister and Rethwisch, 2014:152). Çalışmanın ana odağını oluşturan S235 (St-37) kalitesindeki çelikler, düşük karbon içerikleri (%0,20 altı) sayesinde mükemmel kaynaklanabilirlik (Smith and Hashemi, 2011:274) ve form verilebilirlik özellikleri sunarak inşaat, makine ve otomotiv sektörlerinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Dutton, 2001:42).

S235 çeliği, EN 10025 standardına göre minimum 235 MPa akma dayanımına sahiptir (Bolton, 2011:156). Malzemenin yüksek elastisite modülü (210 GPa), betonarme ve ahşap gibi alternatiflere kıyasla daha yüksek rijitlik sağlayarak sehim ve stabilite sorunlarının daha az malzeme kullanımıyla çözülmesine imkân tanır (Ashby, 2011:168). Ayrıca, çeliğin sünek yapısı sayesinde dinamik yükler altında gösterdiği yüksek enerji yutma kapasitesi, yapısal bütünlüğün korunmasında kritik rol oynar (Hibbeler, 2015:104).

Yapısal çelikler geometrik formlarına göre açık (I, H, U, L) ve kapalı (HSS; kutu, dairesel) kesitli profiller olarak sınıflandırılır. Açık kesitli profiller eğilme verimliliği ve düşük üretim maliyetleri ile öne çıkarken; kapalı kesitli profiller yüksek burulma rijitliği ve yerel burkulmaya karşı dirençleri ile modern yüksek katlı yapılarda avantaj sağlar (Segui, 2017:243). Literatürde bu profillerin davranışı genellikle tekil yükleme durumlarından ziyade, eksenel kuvvet ve eğilme momentinin birlikte etkidiği bileşik yükleme durumları altında incelenmektedir (Salmon et al., 2008:512).

Bu çalışma kapsamında, S235 çelik profillerin elastik ve plastik deformasyon sınırlarını belirlemek amacıyla Üç Nokta Eğme Testi (3-PBT) yöntemi temel alınmıştır. Üç nokta eğme yöntemi; malzemenin anizotropik özellikleri, yer değiştirme (displacement) ve mesnetler arası mesafenin geri esneme (springback) üzerindeki etkilerini saptamak için fonksiyonel bir araçtır (Cui et al., 2015:219).

Çalışmanın özgünlüğü, S235 çelik profillerin eğilme performansını; farklı plastisite yaklaşımları içeren nümerik modellemeler, deneysel veriler ve parametrik analizlerle bütüncül bir tabloda değerlendirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, yapısal çelik elemanların gerçek çalışma koşulları altındaki limit durumlarının ve taşıma kapasitelerinin daha doğru tahmin edilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, S235 çelik profillerin eğilme altındaki elastik ve plastik davranışlarını, geri esneme karakteristiklerini ve taşıma kapasitelerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen deneysel prosedürler detaylandırılmıştır.

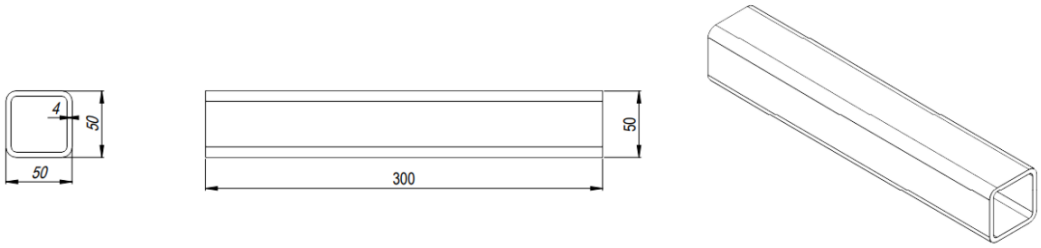
2.1. Eğme Testi Metodu

S235 profillerin eğilme performansını belirlemek amacıyla Üç Nokta Eğme (3-PBT) test yöntemi uygulanmıştır. Üç nokta eğme düzeneğinde, yükün tek bir noktadan uygulanmasıyla profil merkezinde oluşan yerel plastikleşme ve ezilme davranışları incelenmiştir.

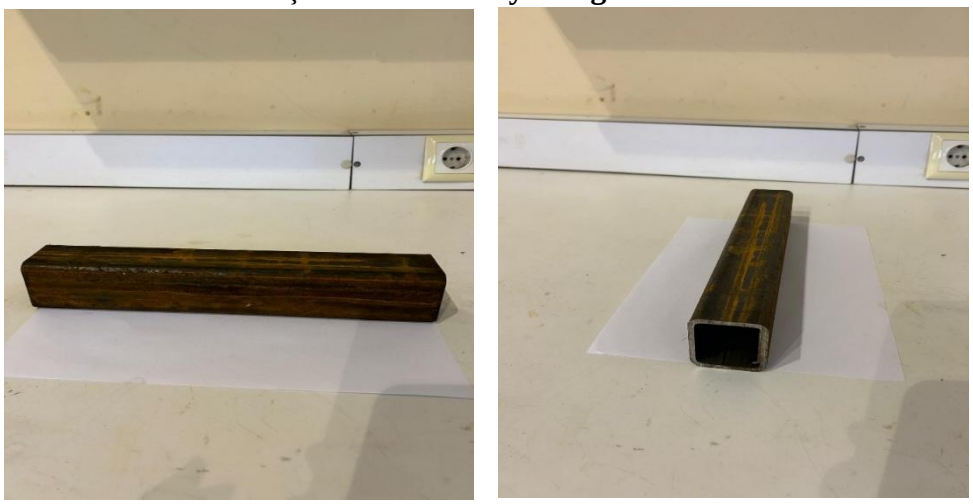
2.2. Test Numulerinin Hazırlanması

Deneylerde, yapısal uygulamalarda yaygın olarak kullanılan S235 kalite, 50x50x4 mm L=300mm ölçülerine sahip kare kesitli kutu profiller kullanılmıştır. Numuneler, fabrika ortamında mekanik şerit testere kullanılarak hassas bir şekilde kestirilmiştir. Kesim işlemi sırasında aşırı ısınmayı önlemek için soğutma sıvısı kullanılmış, böylece malzemenin mikro yapısında oluşabilecek olası termal değişimlerin önüne geçilmiştir. Şekil 1. ve 2.'de deneyde kullanılan numune görüntüleri Şekil 3. ise numune hazırlığında kullanılan testereye aittir.

Şekil 1**. Numuneye ait ölçüler**



Şekil 2**. Numuneye ait görüntüler**



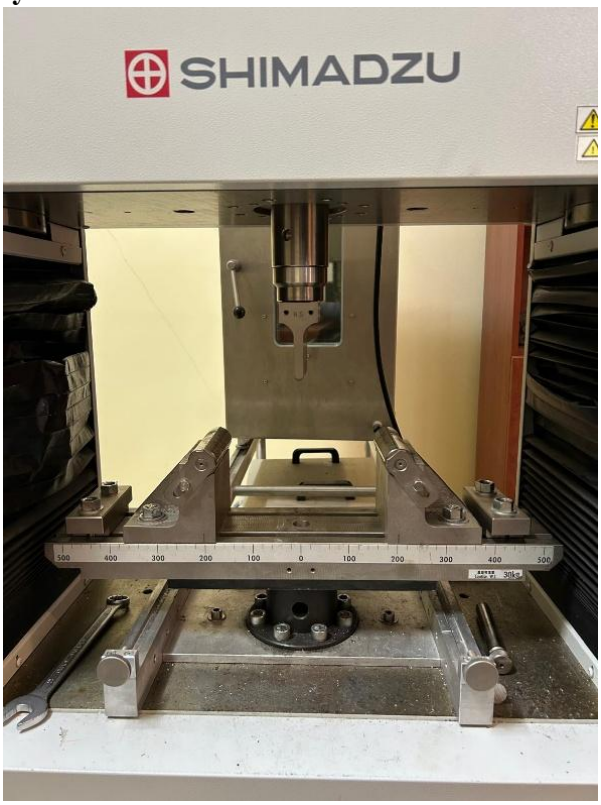
Şekil 3**. Numune hazırlığı için kullanılan testere**



2.3. Test Düzeneği ve Yükleme Parametreleri

Eğilme testleri, Shimadzu üniversal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.'te deneylerde kullanılan Shimadzu marka üniversal test cihazı gösterilmiştir.

Şekil 4**. Deneylerde kullanılan Shimadzu marka üniversal test cihazı**



Malzemenin statik davranışını karakterize etmek ve geri esneme verilerini en az dinamik etkiyle elde etmek için yükleme hızı 2 mm/dk olarak ayarlanmıştır.
Shimadzu test cihazının kontrol ünitesi aracılığıyla numunelere 40 mm strok (basma derinliği) uygulanmıştır. Bu derinlik, kutu profilin hem elastik hem de ileri derecede plastik deformasyon bölgelerinin analiz edilmesine olanak sağlamıştır.
Deney boyunca uygulanan kuvvet (N) ve yer değiştirme (mm) verileri, Shimadzu'nun orijinal yazılımı üzerinden eş zamanlı olarak kaydedilmiştir

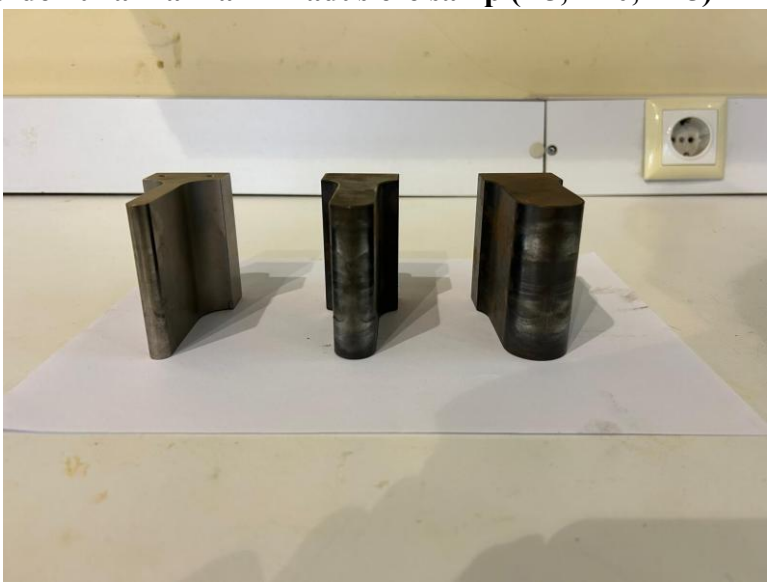
2.4. Zımba Geometrisi ve Parametrik Çeşitlilik

Deneylerin en önemli parametrelerinden biri olarak, farklı temas yüzeylerinin ve gerilme yığılmalarının geri esneme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla üç farklı zımba (punch) geometrisi kullanılmıştır. Bu kapsamda; R5, R10 ve R15 mm radüslere sahip zımbalar ile testler tekrarlanmıştır.
Zımba yarıçapı küçüldükçe (R5), profilin üst flanşı ile zımba arasındaki temas alanı daralmaktadır. Bu durum, yükleme noktasında daha yüksek bir yerel basınç yığılmasına ve dolayısıyla profilin üst cidarında daha erken başlayan bir yerel plastikleşmeye yol açar. (R15) gibi daha büyük yarıçaplarda ise yük daha geniş bir alana yayılarak yerel ezilme etkisini azaltmakta ve profilin genel eğilme davranışını ön plana çıkarmaktadır. Deneylerde kullanılan zımba geometrileri Şekil 5. ve 6.'da verilmiştir.

Şekil 5**. Deneylerde kullanılan farklı radüslere sahip (R5, R10, R15) zımba geometrileri**



Şekil 6**. Deneylerde kullanılan farklı radüslere sahip (R5, R10, R15) zımba geometrileri**

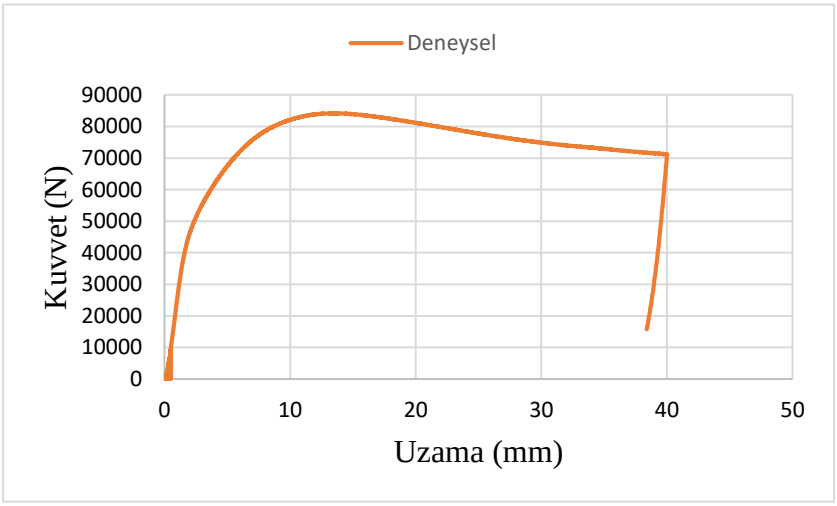


Farklı zımba geometrileri, profil kesiti boyunca oluşan gerilme gradyanını değiştirmektedir. Küçük yarıçaplı zımbalar *(R5)*, profilin üst bölgesinde daha keskin bir gerilme değişimi yaratırken, büyük yarıçaplı zımbalar *(R15)* daha üniform bir gerilme dağılımı sağlayarak malzemenin süneklik limitlerinin daha homojen bir şekilde zorlanmasına imkân tanımaktadır.

2.5. Deneysel Sonuçlar

Üç nokta eğme testleri esnasında, cihaz üzerindeki yük hücreleri (load cell) aracılığıyla uygulanan kuvvet ve buna bağlı oluşan deplasman (sehim) verileri eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu ham veriler işlenerek, malzemenin eğme altındaki mekanik davranışını temsil eden kuvvet-uzama grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafiklerde Şekil 7.-9.-11.'de verilmektedir. Şekil 8.-10.-12. ise deneye ait görsellerdir.

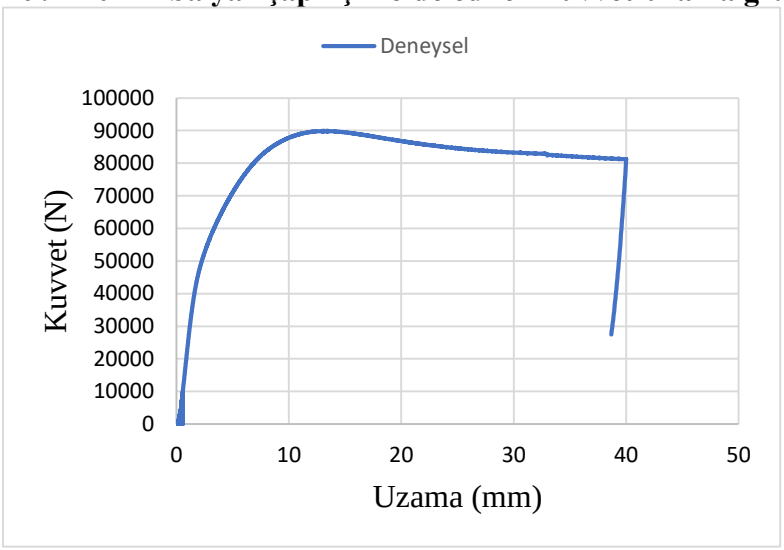
Şekil 7**. R5 zımba yarıçapı için elde edilen kuvvet-uzama grafiği**



Şekil 8**. Kare kesitli profilin R5 zımba yarıçapında deforme olmuş hali**



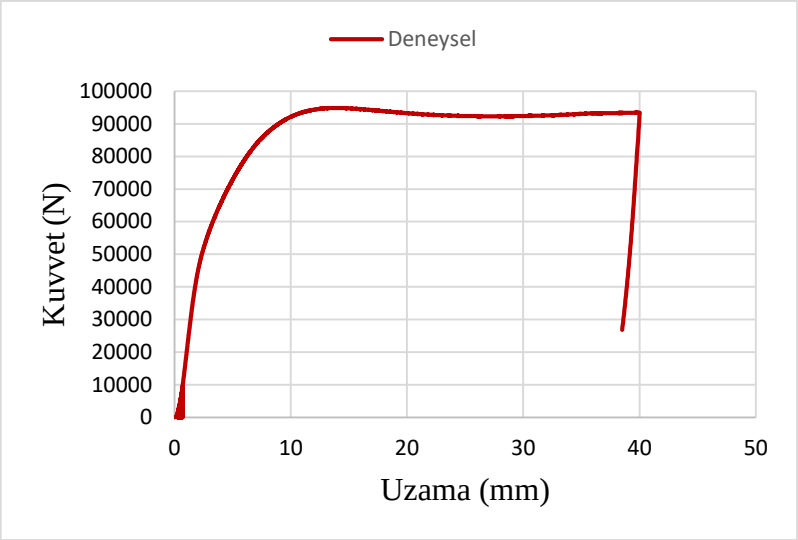
Şekil 9**. R10 zımba yarıçapı için elde edilen kuvvet-uzama grafiği**



Şekil 10**. Kare kesitli profilin R10 zımba yarıçapında deforme olmuş hali**



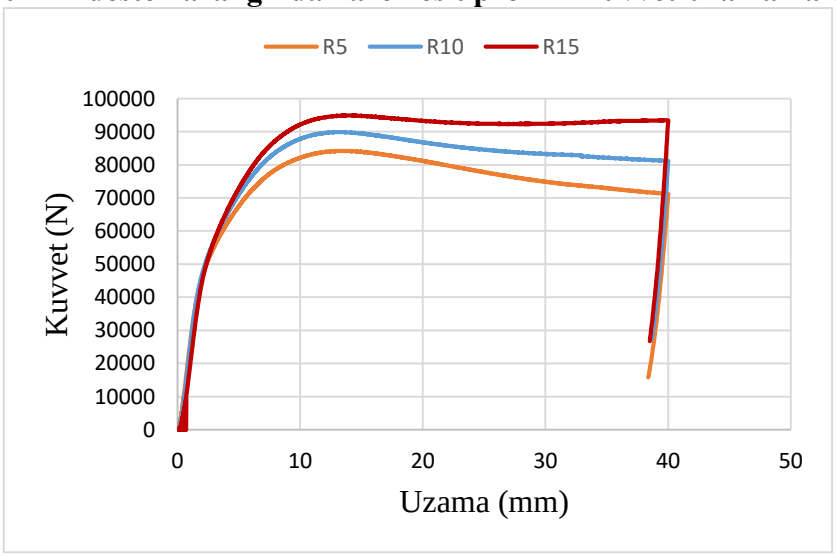
Şekil 11**. R15 zımba yarıçapı için elde edilen kuvvet-uzama grafiği**



Şekil 12**. Kare kesitli profilin R15 zımba yarıçapında deforme olmuş hali**



Şekil 13**. 200 mm destek aralığında kare kesit profilin kuvvet-uzama karşılaştırması**



3. DEĞERLENDİRME

St37 çelik kutu profillerin eğilme karakteristiklerini belirlemek amacıyla üç nokta eğme testi uygulanmıştır. Sabit hızda ve her numune için ikişer tekrarla gerçekleştirilen deneyler sonucunda, cihazdan alınan verilerle profillerin mekanik davranışını temsil eden kuvvet-sehim grafikleri oluşturulmuştur.

Deney sonuçları incelendiğinde, S235 (St37) yapı çeliğinin tipik sünek malzeme davranışı sergilediği görülmüştür. Üç nokta eğme deneyinde tüm numuneler elastik bölgede benzer bir eğilim göstermiştir.

Zımba geometrisinin etkisi incelendiğinde; zımba yarıçapı arttıkça *(R5'ten R15'e),* malzemenin taşıyabildiği maksimum kuvvetin de arttığı gözlemlenmiştir. *R5* gibi dar temas alanlarında meydana gelen yüksek gerilme yığılmaları, malzemenin daha düşük kuvvetlerde yerel boyun vermesine ve dolayısıyla kapasitesinin altında hasar almasına neden olmuştur. Buna karşın, *R15* geometrisi ile yükün daha geniş bir alana yayılması, yerel deformasyonu geciktirerek profil kesitinin tamamının plastik akmaya katılmasına izin vermiştir. Bu optimizasyon, yük transferini iyileştirerek malzemenin pekleşme kabiliyetini sonuna kadar kullanmasına ve kuvvet kapasitesini 95.000 N seviyesine taşımasına olanak tanımıştır.

Sonuç olarak yapılan testler; S235 kare profillerin gerek form verme operasyonlarında gerekse yapısal yüklemelerde temas geometrisine karşı aşırı duyarlı olduğunu kanıtlamaktadır. Dar temaslar *(R5)* malzemeyi bir yapısal elemandan ziyade bir "kesme yüzeyi" gibi zorlayarak erken yerel hasar riskini artırırken, geniş temas yüzeyleri *(R15)* malzemenin mekanik limitlerinin çok daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

REFERANSLAR

Ashby, M. F. (2011). Materials Selection in Mechanical Design. 4th edn. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Bolton, W. (2011). Materials for Engineering. 3rd edn. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). Materials Science and Engineering: An Introduction (9th ed.). Wiley.

Cui, J., Sun, G., Xu, J., Huang, X. and Li, Q. (2015). 'A comparative study on springback of high strength steels and aluminum alloys based on 3-point bending tests', Thin-Walled Structures, 89, pp. 217-226.

Dutton, R. (2001). Structural Steelwork: Design to Limit State Theory. 3rd edn. London: Spon Press.

Gere, J. M. and Goodno, B. J. (2012). Mechanics of Materials. 8th edn. Boston: Cengage Learning.

Hibbeler, R. C. (2015). Statics and Mechanics of Materials. 5th edn. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Salmon, C. G., Johnson, J. E. and Malhas, F. A. (2008). Steel Structures: Design and Behavior. 5th edn. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

Segui, W. T. (2017). Steel Design. 6th edn. Boston: Cengage Learning.

Smith, W. F. and Hashemi, J. (2011). Foundations of Materials Science and Engineering. 5th edn. New York: McGraw-Hill.

ESTABLISHING THE LEGAL CONTENT OF THE "RIGHT TO CLIMATE STABILITY" AS AN AUTONOMOUS HUMAN RIGHT

Hoang Le Buu
Thu Dau Mot University, Vietnam.
ORCID: 0009-0004-1854-1064

Abstract
Climate change is generating serious and systemic harm to fundamental human rights, yet the existing international human rights legal framework fails to provide sufficiently robust, comprehensive, or autonomous protection against the distinctive characteristics of climatic threats. This article examines the feasibility and necessity of establishing the "right to climate stability" as an autonomous human right in international law. Drawing on legal doctrinal analysis, international instrument analysis, comparative case law, and human rights theory, the article argues that "greening" existing rights provides only indirect and fragmented protection, insufficient to address the cumulative, intergenerational, and irreversible nature of climate harm. The article proposes a definition and legal content for the right to climate stability, identifies its rights-holder and duty-bearer structure, and analyzes the legal challenges involved in its codification. Findings indicate that existing international legal foundations, namely UN General Assembly Resolution A/RES/76/300 (2022), Human Rights Council Resolution 48/13 (2021), and the International Court of Justice's Advisory Opinion of July 2025, are creating favorable conditions for the development of this right. The article concludes with concrete recommendations for Vietnam in integrating the right to climate stability into its domestic legal framework and international negotiating positions.
Keywords: Right to climate stability; Climate change and human rights; Right to a healthy environment; Rights of future generations; Autonomous human right.

1. Introduction

Climate change has ceased to be a purely environmental concern and has become a comprehensive human rights crisis. Successive scientific reports confirm that rising global temperatures, sea-level rise, and increasingly frequent and intense extreme weather events directly threaten the right to life, the right to health, the right to food, the right to adequate housing, and a broad range of other fundamental human rights. Yet the prevailing paradox is this: while the human rights impacts of climate change grow ever more concrete and severe, the international human rights legal framework was not designed to address a threat that is cumulative in its accumulation, diffuse in its origins, transboundary in its reach, and intergenerational in its consequences.

A research gap persists at both the doctrinal and practical levels. At the doctrinal level, international legal scholarship has yet to reach consensus on whether climate change demands the establishment of a new human right or merely requires the expansion of existing rights' normative content. At the practical level, existing protection mechanisms, even after the significant advances represented by Resolution A/RES/76/300 and the 2025 ICJ Advisory Opinion, have not yet produced a right with determinate legal content anchored specifically to climate stability. This article pursues four objectives: (i) to demonstrate the inadequacy of the existing rights framework in the face of the climate crisis; (ii) to propose the legal content of the right to climate stability as an autonomous right; (iii) to construct the international legal foundations for that right; and (iv) to analyze the legal challenges and implications for Vietnam.

Methodologically, the article integrates legal doctrinal analysis to examine the normative structure of the proposed right; international instrument analysis to identify existing legal foundations; comparative case law analysis with a focus on landmark climate litigation; and comparative law analysis across regional and national systems. Theoretical analysis is not presented as a freestanding section but is woven throughout each substantive part, consistent with the integrative approach characteristic of contemporary human rights law scholarship.

2. The Inadequacy of the Existing Human Rights Framework Before the Climate Crisis

2.1. The "Greening" of Existing Rights and Its Structural Limits

The international human rights community's initial response to climate change was to re-interpret and expand the normative content of already-recognized rights, rather than to initiate the process of establishing a new one. This approach, commonly described as "greening" existing rights, is most visible in the effort to derive climate obligations from Article 6 of the International Covenant on Civil and Political Rights (ICCPR) on the right to life, from Article 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights (ICESCR) on the right to health, and from related provisions concerning the right to water.

The appeal of this approach is clear: it requires no new treaty negotiations and no crossing of the political threshold involved in formally creating a new recognized human right in international law. The UN Human Rights Committee, in General Comment No. 36 (2019) on the right to life, confirmed that States parties to the ICCPR bear obligations to protect the right to life from the foreseeable impacts of climate change. The Committee on Economic, Social and Cultural Rights has similarly linked the right-to-health obligations under Article 12 ICESCR to State responsibilities in greenhouse gas reduction.

The "greening" approach nonetheless faces structural limits that cannot be overcome by interpretive creativity alone. The right to life, as originally designed, protects against direct, immediate, and identifiable violations attributable to a State actor. Climate change, by contrast, causes harm through complex causal chains that unfold over decades and accumulate across hundreds of millions of emission sources (Knox, 2016). When the right to life is applied to climate change, adjudicative bodies are compelled to stretch and distort the original normative logic of that right, with the result that the standard for violation becomes indeterminate and difficult to apply consistently.

2.2. Fragmentation and Systemic Incoherence in Climate-Related Human Rights Protection

Relying on multiple existing rights to protect people from climate change produces a fragmented, structurally incoherent protection architecture with inconsistent standards of obligation. Identical State conduct regarding greenhouse gas emissions may be analyzed under the right to life through the ICCPR, under the right to health through the ICESCR, under children's rights through the Convention on the Rights of the Child, or under indigenous peoples' rights through the Declaration on the Rights of Indigenous Peoples, with each treaty body applying different standards and procedures. Such overlapping without unification creates blind spots rather than strengths (Boyle, 2012).

This fragmentation also operates across geographic and institutional dimensions. Regional human rights systems in Europe, the Americas, and Africa have developed divergent lines of climate case law, producing inconsistent standards of obligation across the globe. States with robust and activist judiciaries face litigation for climate inaction; the world's largest emitters may evade legal accountability due to the absence of compulsory jurisdiction mechanisms. Without a unified right with a centralized enforcement mechanism, inequality in access to climate justice becomes structural rather than exceptional (Humphreys, 2010).

2.3. Protection Gaps: Vulnerable Groups, Intergenerational Impacts, and Irreversibility

The existing rights framework is particularly deficient across three strategically important protection gaps. The first concerns the most vulnerable groups, including indigenous communities, populations of low-lying deltas and small islands, rural poor, and those lacking the capacity to relocate ahead of climate impacts, all of whom are least served by human rights mechanisms that presuppose meaningful access to justice and considerable legal capacity.

The second gap, and the more significant one doctrinally, is the intergenerational dimension. Future generations are the most vulnerable rights-holders yet are wholly absent from existing human rights adjudicative mechanisms (Weiss, 1990). The emission decisions of the present generation will produce irreversible climatic consequences for those not yet born, yet no existing human rights mechanism provides these rights-holders with preventive protection that is both anticipatory and legally binding. The Committee on the Rights of the Child's General Comment No. 26 (2023) took an important step by emphasizing the intergenerational dimension of climate change; however, it remains constrained by the non-retroactive character of treaty obligations and the difficulty of establishing the legal standing of future generations.

The third gap is the irreversibility of certain climate harms, including glacial retreat, biodiversity loss, and permanent saltwater intrusion into aquifers. Even if a State violation of a recognized right could be established, what is the consequence? No financial compensation can restore a collapsed marine ecosystem, nor return sea levels to a submerged island state. The remedial architecture of international responsibility law, premised on the assumption of restorability, was not designed to address this class of harm (Aminzadeh, 2006).

2.4. Why an Autonomous Right Is Required

The article's central argument is that the right to climate stability, if established as an autonomous right, would deliver legal values that no combination of existing rights can replicate. Those values are: uniformity of obligation standards, the capacity to determine violation thresholds on the basis of climate science, and the capacity to integrate the intergenerational dimension directly into the normative structure of the right itself.

An autonomous right also carries symbolic and political significance no less important than its purely legal content. When the international community formally recognizes that climate stability is an object of protection independently guaranteed by human rights law, this generates normative pressure on all States and all relevant actors, including those not bound by any particular treaty (Limon, 2009). This is precisely the mechanism by which international human rights law has historically operated with effect, from the right to self-determination to the right to development and, most recently, to the right to a clean, healthy, and sustainable environment under Resolution A/RES/76/300.

3. Establishing the Concept of the "Right to Climate Stability"

3.1. Proposed Definition and Legal Content

The right to climate stability may be defined as the right of every person and community to live within a climate system that is not subjected to anthropogenic interference at levels that produce dangerous, unmanageable, or irreversible consequences for human living conditions and the ecosystems on which they depend, together with the right to benefit from mitigation, adaptation, and compensation measures adequate to the requirements of climate justice.

The legal content of this right comprises four constituent elements. The first is a legally binding minimum climate standard, anchored in scientifically established thresholds accepted by the international community, specifically the 1.5°C and 2°C temperature limits under Article 2 of the Paris Agreement. The second is the right not to be subjected to foreseeable harm, meaning the obligation of duty-bearers not to engage in or authorize emission conduct that is foreseeably harmful to climate stability. The third is the right to proactive protection through mitigation

policy, adaptation measures, and technology transfer, reflecting the positive dimension of the right. The fourth is the right to climate justice, including the right to remedy and the right to participate in decisions with significant implications for climate stability.

3.2. Rights-Holders: Individuals, Communities, Future Generations, and Vulnerable States

The right to climate stability has a multi-tiered rights-holder structure, reflecting the transboundary and intergenerational character of the climate problem. At the first tier are individuals: any person may be affected by climate change, although the degree of exposure is sharply differentiated by adaptive capacity, geographic location, and socioeconomic condition. At the second tier are communities, in particular indigenous communities whose livelihoods and cultures are intimately connected to climate-sensitive ecosystems, who must be recognized as collective rights-holders.

Future generations are the most doctrinally challenging class of rights-holders. The existing human rights system was built on the premise of a rights-holder who presently exists, is capable of legal action, and possesses a determinate legal personality. Generations not yet born do not satisfy this criterion. This does not mean, however, that they lack normatively protectable interests. The principle of intergenerational equity, developed by Weiss (1990) and reflected in Principle 3 of the Rio Declaration on Environment and Development (1992), furnishes the theoretical foundation for including future generations in the rights-holder structure, provided that appropriate representative mechanisms are established. Finally, small island developing states and low-lying coastal states facing existential threats from sea-level rise must be recognized as collective rights-holders under a framework that combines the right to self-determination and the right to a healthy environment.

3.3. Duty-Bearers: States, Transnational Corporations, and the International Community

The duty-bearer structure of the right to climate stability is equally multi-tiered, which constitutes one of the most significant points of differentiation from classical human rights. States remain the primary and direct duty-bearers, responsible for their own direct emissions and for regulating private emission sources within their territories. The International Court of Justice's Advisory Opinion of July 2025 expressly confirmed that State failure to exercise "due diligence" in protecting the climate system may constitute an internationally wrongful act attributable to that State.

Transnational corporations, particularly fossil fuel extraction companies, are increasingly recognized as informal or indirect duty-bearers. The Ruggie Principles on Business and Human Rights (2011) established the framework for corporate responsibility in the human rights sphere, and extension to climate obligations is a natural development that is being driven by the expanding trajectory of corporate climate litigation in multiple jurisdictions. The international community as a whole, operating through institutions such as the United Nations, the UNFCCC, and international climate finance mechanisms, bears obligations of cooperation and support, reflecting the principle of common but differentiated responsibilities.

3.4. Corresponding Obligations: Respect, Protect, and Fulfil

Employing the tripartite obligation framework developed in the theory of economic, social, and cultural rights, the obligations corresponding to the right to climate stability may be specified as follows. The obligation to respect requires States not to directly engage in or authorize activities generating greenhouse gas emissions beyond scientifically determined safe thresholds, not to subsidize or preferentially treat fossil fuel industries in ways that aggravate climate change, and not to revoke mitigation measures already in force. The obligation to protect requires States to enact and enforce legislation governing private-sector emissions, to ensure that major investment projects undergo climate impact assessment, and to provide

accessible remedial mechanisms for those harmed by climate violations. The obligation to fulfil encompasses the duty to take deliberate, progressive, and maximum-effort action toward achieving climate stability, the duty to allocate financial and technological resources for clean energy transition, and the duty to engage in international cooperation.

3.5. Distinguishing the Right to Climate Stability from Related Rights

The right to climate stability must be distinguished from three groups of related rights. Compared to the right to a clean, healthy, and sustainable environment under Resolution A/RES/76/300, the right to climate stability is narrower in one dimension, being focused exclusively on climate stability rather than encompassing the full spectrum of environmental quality, yet deeper in another, in that it carries quantitatively specific standards anchored in climate science and incorporates the intergenerational dimension more directly in its normative structure. Compared to the right to sustainable development, the right to climate stability is not integrative or multiobjective but concentrated on a single, determinate object of protection, namely the climate system. Compared to the rights of future generations, the right to climate stability constitutes a specification within a particular domain, carrying clearer obligation standards, whereas the rights of future generations remain more philosophical than strictly legal in character.

4. International Legal Foundations for the Right to Climate Stability

4.1. Human Rights and Environmental Treaties as Indirect Foundations

While no international treaty yet recognizes the right to climate stability, several instruments currently in force supply the legal building blocks necessary to construct its foundations. The ICCPR and ICESCR, as the twin pillars of the international human rights system, provide the framework of State obligation from which climate obligations may be interpreted and developed. More significantly, the Paris Agreement (2015), in its Preamble, expressly acknowledges that States "should, when taking action to address climate change, respect, promote, and consider their respective obligations on human rights." Article 2(1)(a) of the Paris Agreement establishes the objective of "holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C," thereby providing an objective standard capable of anchoring the threshold of violation for the right to climate stability.

The Convention on the Rights of the Child, through General Comment No. 26 of the Committee on the Rights of the Child (2023), affirmed the intergenerational dimension of human rights in the climate context, emphasizing in particular States' obligations to protect children's rights from both current and future climate impacts. The UNFCCC (1992), though primarily an environmental rather than a human rights instrument, established the precautionary principle and the principle of common but differentiated responsibilities, both of which serve as foundational principles for determining the content of obligations under the right to climate stability.

4.2. UN Human Rights Bodies: Practice and Normative Development

The reports of the Special Rapporteur on human rights and the environment, in particular those of John Knox (mandate period 2012–2018) and David Boyd (from 2018 onward), have constructed an increasingly refined framework linking climate change to human rights obligations. Knox systematized the human rights principles applicable to environmental protection, including information transparency, public participation, and access to justice. Boyd advanced further by advocating for the formal recognition of the right to a clean, healthy, and sustainable environment as an autonomous right, which served as the direct intellectual foundation for the passage of Resolution 48/13 in 2021 (Knox, 2016).

Human Rights Council Resolution 48/13 (2021), recognizing the right to a safe, clean, healthy, and sustainable environment as a human right, was adopted with 43 votes in favor and no votes against, representing the most significant step in the history of global recognition of environmental rights. General Assembly Resolution A/RES/76/300 (2022) reaffirmed this recognition with 161 votes in favor, generating sufficient political and normative resonance to be regarded as the beginning of an emerging international custom. Both resolutions nonetheless stop short of recognizing a right to climate stability as a distinct right with specific and quantitative obligation standards.

4.3. International and Regional Case Law

The Urgenda Foundation v. Netherlands (Dutch Supreme Court, 2019) is widely regarded as the landmark climate judgment, in which the Court held that the Dutch Government violated its duty of care under civil law and its obligations under Articles 2 and 8 of the European Convention on Human Rights by failing to reduce emissions to the level required by scientific consensus. The doctrinal significance of the Urgenda judgment lies in its use of climate science standards to determine the threshold of human rights violation, which is precisely the methodology that the right to climate stability requires.

Neubauer et al. v. Germany (Federal Constitutional Court, 2021) advanced the analysis a step further by holding that Germany's Federal Climate Protection Act violated the fundamental rights of future generations by deferring the burden of emission reductions to the period after 2030, infringing their "freedom in the future." This is the highest-level case law to date on the climate rights of future generations, directly supporting one of the constituent elements of the right to climate stability (Weiss, 1990). The Juliana v. United States litigation, though it has not yet produced a judgment on the merits, advanced the significant doctrinal claim that young people possess a constitutional right to a stable climate system.

At the international level, the ICJ's Advisory Opinion of 23 July 2025 on States' legal obligations regarding climate change represents the most consequential legal development of the past decade. The ICJ confirmed that States bear legal obligations, deriving not only from climate treaties but also from customary international law and international human rights law, to exercise "strict due diligence" in protecting the climate system, and that failure in this regard may constitute an internationally wrongful act. This establishes a direct customary international law foundation for the development of the right to climate stability.

4.4. Resolution A/RES/76/300 and the Remaining Gap

Resolution A/RES/76/300 (2022) constitutes an important but insufficient stepping stone toward a right to climate stability. It recognizes the right to a clean, healthy, and sustainable environment but does not define quantitative standards for what "healthy" entails, does not establish binding enforcement mechanisms, and does not differentiate between distinct environmental components; in particular, it does not identify climate stability as an independently protected object with its own specific obligation standards. What remains missing includes: a legally binding treaty or at minimum a General Assembly resolution with specific definitional content; a periodic reporting and monitoring mechanism; and an adjudicative body with jurisdiction to receive complaints of violations of the right to climate stability.

5. Legal Challenges in the Codification of the Right to Climate Stability

5.1. The Determinacy Challenge: Measuring "Stability" and the Threshold of Violation

The most serious doctrinal challenge facing the right to climate stability is the question of definitional determinacy. "Climate stability" is a dynamic, scientifically grounded concept for which no pre-existing legal definition is available. In classical human rights law, rights are defined by reference to the conduct they protect against or prohibit, not by reference to the

condition of a complex natural system. The critical question is: at what temperature threshold, frequency of extreme weather events, or rate of sea-level rise can one say that the right to climate stability has been violated?

One viable approach is to anchor the right to scientifically established thresholds accepted by the international community, specifically the 1.5°C and 2°C targets of the Paris Agreement. However, this approach carries two deficiencies. First, the Paris Agreement was designed as a climate policy instrument rather than a human rights instrument, and the direct mapping of policy standards onto rights standards may produce unintended legal consequences. Second, the 1.5°C and 2°C thresholds are aggregate global targets that cannot be mapped directly onto the individual obligations of specific States or specific corporations (Boyle, 2012).

5.2. The Attribution Challenge: Legal Causation in an Aggregate, Multi-Source Context

The causation problem is the most distinctive and acute legal challenge confronting the right to climate stability. Classical human rights law imposes legal obligations upon the identification of a specific violating actor, a specific wrongful act, and a specific harm causally connected to that act. Climate change disrupts all three elements: billions of emitting actors, no single act that directly causes a specific climatic consequence, and the causal relationship between individual emission conduct and the specific harm suffered by a particular individual or community is extraordinarily difficult to establish under ordinary legal standards.

The Urgenda and Neubauer decisions partially resolved this challenge by shifting the analytical focus from direct causation to due diligence obligations. Rather than requiring proof that Netherlands' emissions directly caused a specific climate harm, the Urgenda court determined that the State bore an obligation to achieve emission reductions consistent with scientific consensus, regardless of direct causal relationships. This is a crucial shift in climate legal reasoning and also the appropriate direction for structuring the obligations that correspond to the right to climate stability (Humphreys, 2010).

5.3. The Enforcement and Remediation Challenge

Even if the challenges of definition and causation can be overcome, the right to climate stability must still confront the fundamental question of enforcement mechanisms. The international human rights system suffers from the endemic weakness of lacking mechanisms to compel compliance with decisions, and this weakness is compounded in the climate context by the extraordinary financial scale of the obligations involved. The global cost of energy transition is estimated in the trillions of dollars, and no international adjudicative body can order resource allocation at this scale and expect that order to be complied with.

This does not mean, however, that effective enforcement mechanisms cannot exist. National climate judgments, UNFCCC and Paris Agreement reporting obligations, NDC review mechanisms, and market pressure from climate-conscious institutional investors together constitute a decentralized but increasingly effective enforcement network. A formally recognized right to climate stability would furnish the unified legal basis needed to activate this entire enforcement network, bringing coherence to what is currently an array of disconnected legal tools.

5.4. Objections and Responses

The most powerful objection to establishing the right to climate stability as an autonomous right is the risk of "rights inflation." If every major global policy challenge can be converted into a human right, the concept of human rights will be diluted to the point of losing its distinctive legal and moral force. This objection carries genuine weight and should not be dismissed summarily. The response, however, is not to abandon the endeavor but to construct sufficiently determinate legal content so that the right to climate stability does not become an open-ended umbrella right.

A second objection is that climate rights are primarily collective in nature and thus conflict with the individualist structure of the Western human rights system. This objection overlooks the fact that international human rights law has long acknowledged both individual and collective dimensions, through rights such as the right to self-determination of peoples, indigenous peoples' rights, and the right to development. Climate change affects people both as individuals and as collectives, and a right structured to cover both dimensions is not an anomaly but a direct continuation of an existing developmental trajectory within international human rights law (Aminzadeh, 2006).

6. Implications and Recommendations for Vietnam

Current Legal and Policy Status of Climate Rights in Vietnam

Vietnam is one of the countries most severely exposed to the impacts of global climate change, with the Mekong River Delta and Central Coast facing escalating threats of salinization, flooding, and drought. Yet the current Vietnamese legal framework approaches climate issues predominantly through the lens of State management and sustainable economic development, without a clearly articulated human rights framework for climate protection.

The 2013 Constitution takes a significant step in Article 43, providing that "everyone has the right to live in a wholesome environment and has the duty to protect the environment," while Article 63 imposes on the State the responsibility for environmental protection and climate change response. These provisions constitute an important constitutional foundation; however, they remain general in character, insufficient to ground specific legal actions for climate rights violations. The Law on Environmental Protection No. 72/2020/QH14 introduced notable advances, particularly in provisions on greenhouse gas emission control and the carbon credit market; however, it retains an administrative management orientation rather than a rights-protection one. The Law on Meteorology and Hydrology No. 90/2015/QH13 (and subsequent amendments, if any, require verification) addresses climate data governance but does not establish any substantive individual rights in the climate domain.

The National Strategy on Climate Change for the Period to 2050 (Decision No. 896/QD-TTg of 26 July 2022) sets out a comprehensive national response framework with the goal of achieving net-zero emissions by 2050. While this strategy contains important commitments, it is framed in terms of national objectives and obligations to the international community rather than as a rights-protection instrument for Vietnamese citizens. Vietnam's most recent Nationally Determined Contribution similarly presents climate commitments as State obligations under the Paris Agreement rather than as rights-based obligations toward domestic rights-holders.

Recommendations on Legal Integration

Several concrete recommendations follow from this analysis. First, Vietnam should consider constitutionally entrenching the right to climate stability through an amendment to Article 43 of the 2013 Constitution, or alternatively developing it through authoritative constitutional interpretation, to give it a specific climate dimension that connects to measurable scientific standards consistent with Vietnam's NDC commitments. Second, the revision process for the Law on Environmental Protection should introduce a dedicated chapter on climate rights, establishing both substantive standards for State obligations and procedural rights including access to environmental information, public participation in climate-relevant decisions, and access to judicial remedy for climate-related rights violations. Third, a domestic carbon budget framework should be developed that distributes emissions reduction obligations across economic sectors and establishes clear compliance mechanisms, providing the operational content necessary to give the right to climate stability practical legal force.

Recommendations on Vietnam's International Negotiating Position

Vietnam's extraordinary vulnerability to climate impacts places it in a natural position of moral and political credibility to champion the formal recognition of the right to climate stability in international forums. As a party to both the ICCPR and ICESCR, a signatory to the Paris Agreement, and a country whose population faces existential climate threats, Vietnam has both the legal standing and the national interest to advocate for the development of this right through the Universal Periodic Review mechanism, the negotiations of the UNFCCC and its associated bodies, and in the follow-up processes arising from the 2025 ICJ Advisory Opinion.

Concretely, Vietnam should align its updated NDC with the human rights framework established by Resolutions 48/13 and A/RES/76/300, explicitly framing NDC commitments as obligations corresponding to the climate rights of Vietnamese citizens and of future generations. This alignment would signal a shift from a purely diplomatic narrative about climate vulnerability to a rights-based narrative, thus strengthening Vietnam's voice in international negotiations on loss and damage, climate finance, and the development of a binding instrument on the right to climate stability.

7. Conclusion

This article has demonstrated that the existing international human rights framework, despite important evolutionary developments, remains structurally inadequate to address the distinctive characteristics of climate change as a human rights threat. The "greening" of existing rights, encompassing the right to life, the right to health, and the right to water, provides fragmented, indirect, and temporally limited protection that cannot capture the cumulative, irreversible, and intergenerational dimensions of climate harm. The right to climate stability, by contrast, is not an arbitrary expansion of the human rights catalogue but a legally necessary response to a structural gap that no existing right can fill.

The article has proposed that the right to climate stability be defined by four constituent elements: a minimum climate standard anchored in scientific thresholds, a right not to be subjected to foreseeable harm, a right to proactive State protection, and a right to climate justice including access to remedy. Its rights-holder structure encompasses individuals, communities, future generations, and vulnerable States; its duty-bearer structure extends to States as primary bearers, transnational corporations as secondary bearers, and the international community as a cooperative and supportive duty-bearer.

The existing international legal landscape, including the Paris Agreement, Resolutions 48/13 and A/RES/76/300, the 2025 ICJ Advisory Opinion, and a growing body of national and regional climate case law, provides a sufficient foundation of legal authority to support the claim that a customary norm toward the right to climate stability is already in the process of formation. The challenges of determinacy, attribution, and enforcement are real, yet they are challenges of legal engineering rather than insuperable conceptual obstacles, having analogs in other domains of human rights law that were once considered similarly intractable.

For Vietnam, the development of the right to climate stability represents both a legal opportunity and a national strategic interest. As one of the most climate-vulnerable countries in the world and one that has made significant commitments under the Paris Agreement and its net-zero 2050 strategy, Vietnam thus has compelling reasons to move toward a rights-based climate governance framework domestically and to assume a proactive advocacy posture internationally. The articulation of Vietnamese citizens' climate vulnerability as a question of rights rather than merely of policy would both strengthen domestic accountability and amplify Vietnam's voice in the global conversations that will determine the future of international climate law.

References

Akerlof, G. A. (1970). The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, *84*(3), 488–500. https://doi.org/10.2307/1879431

Coffee, J. C., Jr. (1999). The future as history: The prospects for global convergence in corporate governance and its implications. *Northwestern University Law Review*, *93*(3), 641–708. https://scholarship.law.columbia.edu/faculty_scholarship/523/

Government of Vietnam. (2020a). *Decree No. 155/2020/ND-CP dated 31 December 2020 detailing the implementation of several articles of the Securities Law*.

Government of Vietnam. (2020b). *Decree No. 156/2020/ND-CP dated 31 December 2020 on administrative sanctions in the securities and securities market sector*.

Government of Vietnam. (2021). *Decree No. 128/2021/ND-CP dated 30 December 2021 amending and supplementing several articles of Decree No. 156/2020/ND-CP*.

Healy, P. M., & Palepu, K. G. (2001). Information asymmetry, corporate disclosure, and the capital markets: A review of the empirical disclosure literature. *Journal of Accounting and Economics*, *31*(1–3), 405–440. https://doi.org/10.1016/S0165-4101(01)00018-0

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, *3*(4), 305–360. https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X

La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. (1998). Law and finance. *Journal of Political Economy*, *106*(6), 1113–1155. https://doi.org/10.1086/250042

Leuz, C., & Wysocki, P. D. (2016). The economics of disclosure and financial reporting regulation: Evidence and suggestions for future research. *Journal of Accounting Research*, *54*(2), 525–622. https://doi.org/10.1111/1475-679X.12115

Ministry of Finance of Vietnam. (2020). *Circular No. 96/2020/TT-BTC dated 16 November 2020 guiding information disclosure on the securities market*.

National Assembly of Vietnam. (2019). *Securities Law No. 54/2019/QH14 dated 26 November 2019*.

National Assembly of Vietnam. (2020). *Enterprise Law No. 59/2020/QH14 dated 17 June 2020*.

National Assembly of Vietnam. (2022). *Law No. 16/2022/QH15 dated 16 November 2022 amending and supplementing several articles of the Securities Law*.

ENERJİYE DUYARLI ÇOK AMAÇLI ÜRETİM PLANLAMASI İÇİN DİJİTAL İKİZ TABANLI YAPAY ZEKA ÇERÇEVESİ

Dr. Erhan BARAN
Gazi University, TUSAS-Kazan Vocational School, Department of Electronic and Automation, 06980, Ankara
ORCID ID: 0000-0002-5897-8680

ÖZET
Akıllı ve sürdürülebilir üretime doğru hızlı geçiş, üretim sistemlerinde enerjiye duyarlı karar verme ihtiyacını artırmıştır. Bu çalışma, dinamik koşullar altında üretim planlamasını iyileştirmek için Dijital İkiz teknolojisini yapay zeka ve çok amaçlı optimizasyonla entegre eden yeni bir çerçeve önermektedir. Üretim sisteminin gerçek zamanlı bir Dijital İkiz modeli, fiziksel ve sanal ortamlar arasında sürekli senkronizasyon sağlayan IoT özellikli veri akışları kullanılarak geliştirilmiştir. Bu çerçevede, hem üretim talebini hem de enerji tüketim modellerini tahmin etmek için makine öğrenimi modelleri—özellikle LSTM tabanlı mimariler—kullanılmıştır. Bu tahminlere dayanarak, operasyonel maliyeti, toplam enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını eş zamanlı olarak en aza indirmek için çok amaçlı bir optimizasyon modeli formüle edilmiştir. Önerilen model, karar vericilere esnek denge seçenekleri sunan Pareto-optimal çözümler üreten evrimsel bir optimizasyon yaklaşımı kullanılarak çözülmüştür. Geleneksel statik planlama yaklaşımlarının aksine, Dijital İkiz'in entegrasyonu, belirsizlik ve dalgalanan talep senaryoları altında uyarlanabilir ve duyarlı karar vermeyi sağlar. Önerilen yaklaşımın etkinliğini değerlendirmek için çeşitli talep ve enerji fiyatı koşulları altında kapsamlı simülasyon deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar, geleneksel yöntemlere kıyasla enerji verimliliğinde ve maliyet düşüşünde önemli iyileşmeler sağlarken, aynı zamanda daha düşük emisyon seviyelerine ulaşıldığını göstermektedir. Bu çalışma, gerçek zamanlı sistem izleme ve akıllı karar verme arasındaki boşluğu dolduran, ölçeklenebilir ve enerji odaklı bir optimizasyon çerçevesi sunarak, akıllı üretim alanına katkıda bulunmakta ve Endüstri 5.0 odaklı sürdürülebilir üretim sistemlerine yönelik pratik bir yol sunmaktadır.
Anahtar kelimeler: Dijital ikiz entegrasyonu, enerjiye duyarlı planlama, çok amaçlı optimizasyon, akıllı üretim sistemleri, yapay zeka destekli karar verme

A DIGITAL TWIN-DRIVEN AI FRAMEWORK FOR ENERGY-AWARE MULTI-OBJECTIVE PRODUCTION SCHEDULING

ABSTRACT
The rapid transition toward smart and sustainable manufacturing has increased the need for energy-aware decision-making in production systems. This study proposes a novel framework that integrates Digital Twin technology with artificial intelligence and multi-objective optimization to enhance production scheduling under dynamic conditions. A real-time Digital Twin model of a manufacturing system is developed using IoT-enabled data streams, enabling continuous synchronization between the physical and virtual environments. Within this framework, machine learning models—specifically LSTM-based architectures—are employed to forecast both production demand and energy consumption patterns. Building upon these predictions, a multi-objective optimization model is formulated to simultaneously minimize operational cost, total energy consumption, and carbon emissions. The proposed model is solved using an evolutionary optimization approach, generating Pareto-optimal solutions that

provide decision-makers with flexible trade-off options. Unlike conventional static scheduling approaches, the integration of a Digital Twin allows adaptive and responsive decision-making under uncertainty and fluctuating demand scenarios. Comprehensive simulation experiments are conducted under various demand and energy price conditions to evaluate the effectiveness of the proposed approach. The results demonstrate significant improvements in energy efficiency and cost reduction compared to traditional methods, while also achieving lower emission levels. This study contributes to the emerging field of smart manufacturing by presenting a scalable and energy-centric optimization framework that bridges the gap between real-time system monitoring and intelligent decision-making, offering a practical pathway toward Industry 5.0-oriented sustainable production systems.

Keywords: Digital twin integration, energy-aware scheduling, multi-objective optimization, smart manufacturing systems, AI-driven decision-making

1. INTRODUCTION

Manufacturing industries are currently experiencing a major transformation due to the rapid development of Industry 4.0 technologies (KorkusuzPolat and Baran, 2024). Modern production systems are no longer evaluated only according to productivity and operational efficiency; energy consumption, carbon emissions, and sustainability metrics have also become critical performance indicators (Bandeiras et al., 2025; Mun et al., 2024). Traditional production scheduling approaches generally focus on minimizing completion time or production cost without considering energy-aware operational strategies.

At the same time, increasing energy prices and environmental concerns force manufacturing companies to adopt intelligent decision-making mechanisms capable of real-time adaptation (Baran, 2026; Baran, 2017). In this context, Digital Twin technology has emerged as one of the most promising tools for smart manufacturing environments (Bigerna et al., 2023; Alhajri et al., 2023). A Digital Twin creates a virtual representation of a physical production system and continuously updates operational conditions through real-time data exchange (Allahyari et al., 2025; Zhu et al., 2025).

Artificial intelligence techniques also provide significant advantages in forecasting uncertain production conditions. Machine learning-based forecasting models can estimate energy demand and production loads more accurately than conventional statistical approaches (Baran, 2026; Baran, 2018). Integrating Digital Twin systems with artificial intelligence and optimization techniques enables dynamic and sustainable production scheduling (Baran, 2026).

This study proposes an energy-aware production scheduling framework that combines Digital Twin technology, LSTM-based forecasting, and multi-objective optimization. The proposed approach simultaneously minimizes operational cost, energy consumption, and carbon emissions while maintaining production efficiency.

The main contributions of this study are summarized as follows:

- Development of a Digital Twin-supported production scheduling framework.
- Integration of AI-based forecasting into energy-aware scheduling.
- Multi-objective optimization considering cost, energy, and emissions.
- Comparative performance analysis under different production scenarios.

2. PROPOSED FRAMEWORK

The proposed framework consists of four main layers: data acquisition, Digital Twin modeling, AI-based forecasting, and multi-objective optimization. Figure 1 illustrates the overall structure of the proposed system.

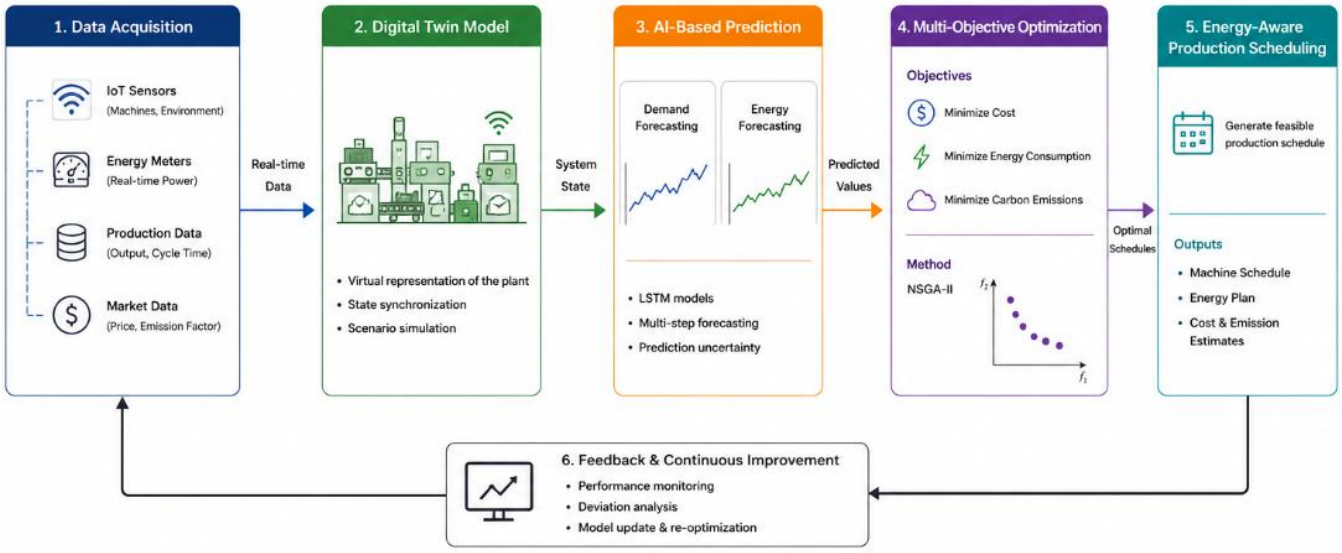


Figure 1. Proposed digital twin-driven production scheduling framework

- Real-time machine and sensor data are collected through IoT devices.
- The Digital Twin continuously updates the production environment.
- LSTM models estimate future production demand and energy usage.
- The optimization module generates optimal production schedules.

The Digital Twin environment allows dynamic monitoring of machine utilization, production status, and energy consumption. Unlike static scheduling approaches, the proposed system continuously adapts scheduling decisions according to changing operational conditions.

The forecasting module uses historical production and energy datasets collected over 30 operational days. The dataset includes:

- Production demand levels
- Machine processing times
- Energy consumption measurements
- Electricity price fluctuations

The optimization module employs a multi-objective evolutionary algorithm to identify Pareto-optimal production schedules.

3. MATHEMATICAL MODEL

The optimization problem aims to minimize production cost, energy consumption, and carbon emissions simultaneously.

Objective Function 1: Operational Cost Minimization

$$\min Z_1 = \sum_{t=1}^{T} (C_t \cdot P_t + M_t) \quad (1)$$

Where:

- C_t: electricity price at time period t
- P_t: power consumption at time period t
- M_t: maintenance and operational cost

Objective Function 2: Energy Consumption Minimization

$$\min Z_2 = \sum_{i=1}^{N} E_i \quad (2)$$

Where:

- E_i: energy consumption of machine i
- N: total number of machines

Objective Function 3: Carbon Emission Minimization

$$\min Z_3 = \sum_{i=1}^{N} (E_i \times \gamma) \quad (3)$$

Where:

- γ: carbon emission coefficient
- E_i: energy consumption of machine i

Production Capacity Constraint:

$$\sum_{i=1}^{N} x_i \leq C_{max} \quad (4)$$

Where:

- x_i: production quantity assigned to machine i
- C_{max}: maximum production capacity

Machine Availability Constraint:

$$x_i \in \{0,1\}, \quad \forall i = 1,2,\ldots,N \quad (5)$$

This binary constraint ensures that machines are either active or inactive during a scheduling period. The optimization process is solved using the NSGA-II algorithm due to its strong capability in handling conflicting objectives and generating Pareto-optimal scheduling solutions.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

The proposed framework was tested on a smart manufacturing scenario containing five production machines operating under dynamic demand conditions.

4.1. Simulation parameters

Table 1 presents the main simulation parameters used in the experiments.

Table 1. Simulation parameters

Parameter	Value
Number of machines	5
Planning Horizon	24 hours
Electricity Price Range	0.11-0.26 $/kWh
Average Demand	450 units/day
Battery Capacity	500 kWh
Emission Coefficient	0.42 $kgCO_2$/kWh
Optimization Iterations	200

The proposed framework was compared with a conventional production scheduling approach.

4.2. Performance evaluation

Table 2 compares the performance results.

Table 2. Performance comparison

Method	Cost ($)	Energy (kWh)	Emissions ($kgCO_2$)
Conventional Scheduling	5820	8450	3549
Proposed Framework	4975	7120	2990
Improvement (%)	14.5	15.7	15.8

The results demonstrate that the proposed framework significantly reduces operational cost and energy consumption. The hourly energy consumption profile is shown in Table 3.

Table 3. Hourly energy consumption comparison

Hour	Conventional (kWh)	Proposed (kWh)
08:00	420	365
10:00	450	382
12:00	470	401
14:00	490	415
16:00	460	398
18:00	430	372

The proposed approach successfully shifts production loads toward lower energy consumption periods. Table 4 presents the Pareto-optimal solutions generated by the NSGA-II algorithm.

Table 4. Pareto front for cost-energy optimization

Solution	Cost ($)	Energy (kWh)
S1	4950	7310
S2	5005	7200
S3	5070	7145
S4	5150	7025
S5	5220	6950

The Pareto front demonstrates the trade-off relationship between operational cost and energy efficiency.

5. DISCUSSION

The experimental findings indicate that Digital Twin-supported production scheduling provides considerable advantages in dynamic manufacturing environments. The integration of AI forecasting improves the responsiveness of scheduling decisions under uncertain demand conditions.

The proposed framework also supports sustainable manufacturing objectives by reducing total energy consumption and carbon emissions. Compared to traditional scheduling methods, the Digital Twin environment enables continuous adaptation and real-time optimization.

Another important contribution of the study is the integration of energy-awareness into production planning. Most conventional scheduling approaches ignore energy-related operational constraints, whereas the proposed model directly incorporates energy consumption into the optimization process.

The NSGA-II algorithm effectively generated multiple scheduling alternatives for decision-makers. This flexibility allows manufacturing managers to select operational strategies according to economic or environmental priorities.

6. CONCLUSION

This study proposed a Digital Twin-driven and AI-supported multi-objective production scheduling framework for smart manufacturing systems. The developed model integrates real-time monitoring, machine learning-based forecasting, and energy-aware optimization into a unified decision-making structure.

Simulation results demonstrated that the proposed framework reduced operational cost, energy consumption, and carbon emissions compared to conventional scheduling approaches. The Digital Twin environment also improved system adaptability under dynamic production conditions.

Future studies may focus on integrating renewable energy systems, reinforcement learning approaches, and real industrial datasets into the proposed framework. The presented methodology provides a scalable and sustainable solution for Industry 5.0-oriented manufacturing systems.

REFERENCES

Allahyari S., Khorram Z.R., Ahmadi M., Ahmadi J., Aram F. (2025). Optimization of energy use and thermal comfort in undeserved hot-dry climate schools using a machine learning framework. Energy Rep., 14 4737-4749.

Alhajri I., Ahamdian A., Alazmi R. (2023). A comprehensive technical, economic and environmental evaluation for optimal planning of renewable energy resources to supply water desalination units: Kuwait case study. Energy, 275, 127416.

Bandeiras F., Gomes A., Gomes M., Coelho P. (2025). Multi-criteria sustainability assessment of energy resources in the energy supply chain of smart city ecosystems. Energy Nexus, 18, 100441.
Baran E. (2017). A multi-objective approach for the in-plant milk-run in a furniture factory. International Journal of Engineering Technologies IJET, 3(4), 186-189.
Baran E. (2018). Route determination for capacitated vehicle routing problem with two different hybrid heuristic algorithm. International Journal of Engineering Science and Application, 2(2), 41-46.
Baran E. (2026). A multi-criteria decision-making approach integrated with machine learning for energy resource supply. Systems, 14(2), 200.
Baran E. (2026). Deep learning-based detection and forecasting of performance losses in solar PV systems using multi-sensor data. Applied Sciences, 16(4), 1709.
Baran E. (2026). Blockchain-enabled loss-aware optimization for peer-to-peer energy trading in smart grid-integrated PV systems. 3. International Cyprus Scientific Research and Innovation Congress Book, Bilsel Publishing, 320-330.
Bigerna S., Ceccacci F., Micheli S., Polinori P. (2023). Between saying and doing for ensuring energy resource supply: the case of Italy in time of crisis. Resour. Policy, 85, 103782.
KorkusuzPolat T., Baran E. (2024). A blockchain-based quality 4.0 application for warehouse management system. Applied Sciences, 24(23), 10950.
Mun, K.G., Cai, W., Rodgers, M., Choi, S. (2024) Optimizing multi-resource-based energy supply chains in developing economies: a periodic review model for affordable and sustainable solutions. Comput. Und. Eng., 192, 110188.
Zhu D., Ma R., Liu J., Li X., Sha J. (2025). A new method for predicting carbon emissions in energy industry based on CEEMD wavelet denoising and hybrid machine learning. Energy Rep., 14, 3132-3141.

BOR MİNERAL ÇEŞİTLERİ, KÜRESEL DAĞIMININDA ROLÜ VE ÜRETİM-TÜKETİMİNİN DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Rezvan REZAIZADEH
Department of Enginering, Faculty of Basic Science, University of Applied Science, Ahwaz, Iran,
orcid:0000-0001-6219-6174
Majid MONAJJEMI
Kastamonu University, Faculty of Science, Department of Byological ,37150 Kuzeykent, Kastamonu
orcid: 0000-0002-6665-837x
Adnan SÖZEN
Alparslan Türkeş Science and Technology University, Sarıçam/Adana and Gazi University, Faculty of Technology Energy Systems Engineering 06500 Beşevler/ Ankara
orcıd: 0000-0002-8373-2674
Aybaba HANÇERLİOĞULLARI
Kastamonu University, Faculty of Science, Department of Physics, 37150 Kuzeykent, Kastamonu
orcid: 0000-0000-1700-8480
ilknur ŞAHİN
Middle East Technical University Faculty of Arts and Sciences Department of Chemistry,06800 Ankara Turkey
orcid:0000-0002-4383-3817

ÖZET

Dünya bor rezervlerinin %73'üne sahip Türkiye, bu stratejik üstünlüğünü ekonomik değere tam anlamıyla dönüştürebilmek için geleneksel yönetim anlayışının ötesine geçmek zorundadır.Bor tüketimi; cam, seramik, tarım ve savunma sektörlerindeki konjonktürel dalgalanmalara son derece duyarlıdır. boosting modelleri, küresel inşaat endeksleri, elektrikli araç üretim verileri ve emtia fiyat serileri gibi çok boyutlu zaman serilerini işleyerek 12-24 aylık talep öngörüsü üretebilir. Bu sayede Eti Maden, stok yönetimini optimize edebilir ve fiyat oynaklığından korunabilir. Kırka, Emet ve Bigadiç işletmelerindeki sensör verilerinin gerçek zamanlı analizi; cevher kalitesi sınıflandırması, ekipman arıza tahmini ve enerji tüketimi optimizasyonu için denetimli öğrenme algoritmalarına girdi sağlar. Cevher tenörü ve safsızlık parametrelerinin anlık ML modellemesi, fire oranını Büyük veri analitiği, ham borattan bor karbür ve ferro-bora uzanan değer zincirinin hangi basamağında en yüksek marjın elde edileceğini belirleyebilir. Piyasa sinyal analizi, tedarik zinciri simülasyonu ve senaryo modelleme araçlarıyla "ne üretmeli, ne zaman ihraç etmeli" sorusu dinamik biçimde yanıtlanır. Türkiye'nin bor stratejisinde ML ve büyük veri entegrasyonu; reaktif değil, öngörülü bir karar mekanizması inşa eder. Eti Maden'in 360 AR-GE projesi ve Bor Araştırma Enstitüsü altyapısı bu dijital dönüşüm için hazır bir zemin sunmaktadır. Küresel dağılım da bor rezervlerinde Türkiye açık ara birinci ülkedir. Türkiye'yi ABD, Rusya, Güney Amerika ülkeleri ve Çin izler. USGS'ye göre bor piyasasında Türkiye ve ABD en büyük üretici ülkelerdir; bor ürünleri genellikle B_2O_3 eşdeğeri üzerinden fiyatlandırılır ve değerlendirilir. Bor stratejik bir mineraldir; çünkü cam, seramik, temizlik, tarım, savunma, nükleer teknoloji ve enerji depolama gibi çok farklı alanlarda kullanılır. Türkiye, rezerve ve pazar payı bakımından küresel liderdir. Bu nedenle üretim planlamasında yalnızca ham cevher satışı değil, borik asit, boraks pentahidrat, bor

karbür, lityum borat ve ileri bor bileşikleri gibi yüksek katma değerli ürünlere yönelmek kritik önemdedir.

Anahtar kelimeler: Bor Minerali, Türkiye Bor Piyasası, Boosting Modeli, BVA Modeli

BORON MINERAL TYPES, THE ROLE OF GLOBAL DISTRIBUTION, AND DETERMINATION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION LEVELS

ABSTRACT

Turkey, which has 73% of the world's boron reserves, must go beyond traditional management approaches to fully transform this strategic advantage into economic value. Bor consumption, cam, ceramic, agriculture and defense sectors are quite sensitive to cyclical changes Boosting models can generate 12-24 month demand forecasts by processing multi-dimensional time series such as global construction indices, electric vehicle production data, and commodity price series. This allows Eti Maden to optimize inventory management and protect itself from price volatility. Real-time analysis of sensor data from the Kırka, Emet, and Bigadiç operations provides input to supervised learning algorithms for ore quality classification, equipment failure prediction, and energy consumption optimization. Instantaneous ML modeling of ore grade and impurity parameters can determine the scrap rate. Big data analytics can identify which step in the value chain, from raw borate to boron carbide and ferroboron, yields the highest margin. Market signal analysis, supply chain simulation, and scenario modeling tools dynamically answer the question of "what to produce and when to export." Integration of ML and big data in Türkiye's boron strategy builds a predictive, rather than reactive, decision-making mechanism. Eti Maden's 360 R&D projects and the infrastructure of the Boron Research Institute provide a ready foundation for this digital transformation. Globally, Turkey is by far the leading country in boron reserves, followed by the USA, Russia, South American countries, and China. According to the USGS, Turkey and the USA are the largest producers in the boron market; boron products are generally priced and valued based on B_2O_3 equivalent. Boron is a strategic mineral because it is used in many different fields such as glass, ceramics, cleaning, agriculture, defense, nuclear technology, and energy storage. Turkey is a global leader in terms of reserves and market share. Therefore, in production planning, it is critical to focus not only on the sale of raw ore but also on high value-added products such as boric acid, borax pentahydrate, boron carbide, lithium borate, and advanced boron compounds.

Keywords: Boron Mineral, Turkish Boron Market, Boosting Model, BVA Model

1.INTRODUCTION

Boron minerals are among the strategically important industrial raw materials used in glass, ceramics, agriculture, energy, defense industry, and advanced technology applications. A large portion of the world's boron reserves are located in Turkey, with the Western Anatolian basin attracting global attention. This study evaluates the types of boron minerals, their geological formations, global distribution, and production and consumption levels in light of scientific literature. Scientific research indicates that world boron production is primarily supplied by Turkey and the USA. In terms of global consumption, the glass-ceramics and agricultural sectors play a leading role. The strategic importance of boron minerals is increasing with the expansion of their use in energy technologies, nuclear applications, and advanced composite materials. The boron element does not occur freely in nature; it is mostly found in the form of borate minerals. The main boron minerals with high economic value from an industrial perspective are tincal (borax), colemanite, ulexite, and kernite. Boron minerals, which hold a strategic position in the world economy, are among the important inputs, especially in high-

technology production. According to research, more than 72% of the world's boron reserves are located in Turkey. Boron minerals; It is widely used in the glass industry, ceramics, detergents, agricultural fertilizers, nuclear technology, energy storage systems, and the defense industry. Especially in recent years, new generation applications such as boron-doped advanced materials and borenes have increased the strategic importance of the boron element [1-5]. Looking at the global distribution of boron minerals, boron deposits are mostly formed in evaporitic basins associated with volcanic activity. Turkey's Western Anatolian boron basins hold the largest part of the world's reserves. In particular, the fields operated by Eti Maden play a decisive role in the global boron market. In the USA, the Kramer deposit in California is an important production center. The boron element, represented by the symbol B in the periodic table, has an atomic number of 5 and an atomic weight of 10.81. Boron, which has semi-metallic and semiconductor properties, is located in group 3A of the periodic table. Boron consists of two stable isotopes called B10 and B11 in nature. The abundance of the B10 isotope in nature is 19.1-20.3%, while the abundance of the B11 isotope is 79-80.9%. Boron, which is never found in a free state in nature, forms compounds with different properties with various metals or non-metal elements. In this context, many boron compounds are used in different branches of industry. Boron behaves like non-metal compounds. Pure boron has electrical conductivity like carbon. Crystalline boron is similar in appearance and optical properties and is almost as hard as diamond. The first pure boron was discovered in 1808 by the French chemist J.L. Gay-Lussac and the English chemist H. Davy.The main boron reserve regions in Türkiye and the world can be listed as follows: Turkey (Eskişehir-Kırka, Balıkesir-Bigadiç, Kütahya-Emet), USA (California, Mojave Desert), Argentina, Chile, Peru, China and Russia. Tectonic movements, hydrothermal solutions and arid climatic conditions are effective in the formation of boron deposits. Neogene-aged lacustrine basins are geological areas where important boron reserves are formed [1,5-9]. Open-pit mining is widely used in boron production. Tincal and kernite minerals, in particular, are extracted using large-scale surface mining methods. As of 2025, the glass and ceramics industry will have approximately 65-70% of the world boron consumption, while the agricultural sector will be the second largest consumer [1-8].

2. TYPES OF BORON MINERALS

Although more than 250 boron minerals have been identified in modern research literature, only few types stand out in commercial production in an economic sense. Borax, colemanite, and ulexite, in particular, form the basis of the world boron trade. Table 1 shows some important types of boron minerals and their uses in the market. Boron minerals are natural chemical compounds that do not exist freely in the earth's crust and structurally contain boron oxide (B2O3). These ores generally crystallize as hydrated oxides of alkali and alkaline earth metals such as sodium, calcium, or magnesium [1-3].

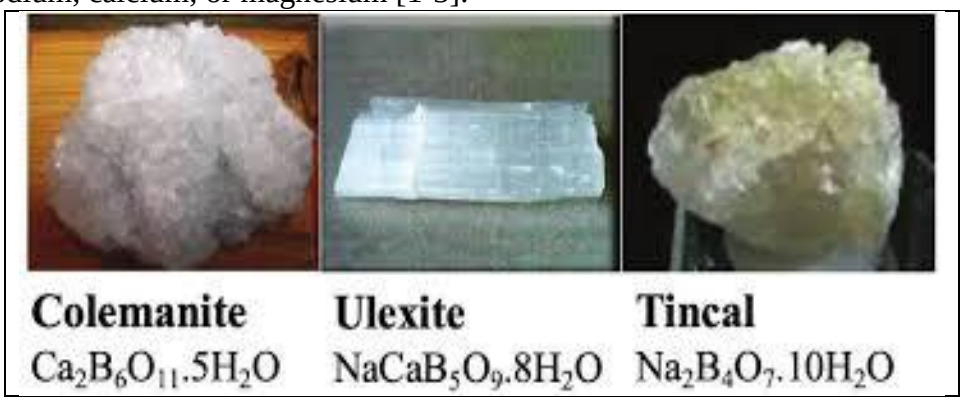


Figure 1. Important boron minerals and their chemical forms [9-11]

Turkey has approximately 72% of the world's boron reserves and is in a decisive position in the global market, especially with the quality and abundance of colemanite and tinkal deposits [8-15]. Table 1 and Figure 1 show the types and chemical forms of boron minerals, as well as their uses [1-7].

Table 1. Boron mineral and uses [9-11]

Mineral	Chemical Formula	Application Area
Tinkal (Boraks)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Glass, Detergent, Ceramics
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	Fiberglass, Cement
Üleksit	$NaCaB_5O_6(OH)_6 \cdot 5H_2O$	Agriculture, Ceramics
Kernit	$Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$	Boric acid production
Hidroborasit	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$	Chemical industry

The economically important and commercially critical boron minerals can be classified according to their chemical composition as follows: Tincal (Borax); a sodium-based borate, it is the most widely used type in the world. In Türkiye, it is concentrated especially in the Eskişehir-Kırka deposits. Colemanite is an important calcium borate mineral. It is preferred as a basic raw material in industries requiring high temperatures, such as glass fiber and steel production. The Kütahya-Emet and Balıkesir-Bigadiç regions hold the richest colemanite reserves in the world. Ulexite; a mixed borate containing both sodium and calcium. It is used as a bi-base boron source in the ceramics and glass industries due to its fiber optic-like light transmission properties. Kernite; a form of tincal with a lower water content and high boron oxide content, it has high commercial value. In addition, minerals such as pandermite, boraxite, szaybelite, and hydroboracite, which have significant commercial and economic importance, have regional value. Naturally occurring borates are the main economic source of boron.. Borates were first used in the study of precious metals over 4,000 years ago and are now essential components of modern industry. Although borates can be obtained from other sources, three minerals derived from marine evaporation constitute the main commercial sources of borate: borax, colemanite, and ulexite. These important commercial deposits are associated with Neogene volcanism in tectonically active extensional zones located at plate boundaries. While the most important continental regions for boron are found in the United States, Argentina, Chile, Peru, and China, the world's largest boron reserves are located in Western Anatolia .

3. MATERIALS AND METHODS

The research adopted an approach that includes both qualitative and quantitative analysis methods. The methodology followed consisted of the following stages: In mineralogical classification, the boron oxide (B2O3) content of boron ores located in the western Anatolian basin of Turkey (Kırka, Emet, Bigadiç), which is critical for nuclear reactor safety, was analyzed comparatively. Nuclear application analysis focused on the two main functions of the Boron-10 isotope in nuclear power plants (especially in the Akkuyu NPP projection). Control rods were used; it is evident that the thermal neutron capture cross-section of boron carbide ((B4C)) is important. In terms of radiation shielding, the B-11 mineral plays an important role. The gamma and neutron radiation stopping coefficients of boron-added heavy concretes were evaluated in light of experimental data from the literature. In terms of isotopic evaluation, the B-10 isotope, which is approximately 20% in natural boron, has importance in nuclear

applications, and the stable B-11 isotope, which is approximately 80%, has an important place in engineering applications and strategically in armor. The use of boron mineral in various fields is visually presented in Figure 2 [12-20].

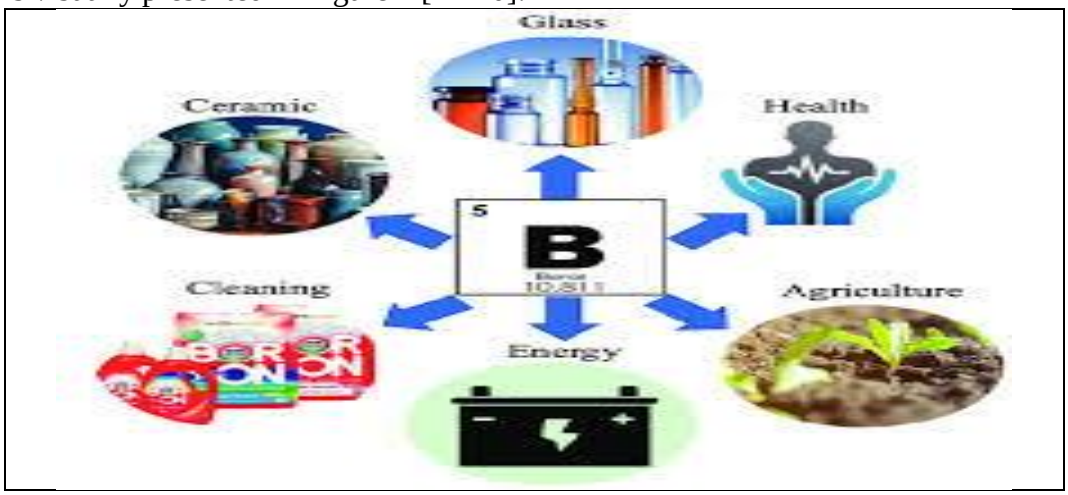


Figure 2. Applications of boron mineral in life

The glass industry is the largest consumer of boron minerals. When boron is added to molten glass intermediates, it increases their fluidity and improves the surface hardness and durability of the final product. Boron oxide is particularly widely used in borosilicate glass, textile-type and insulation-type glass fibers. In the ceramics industry, it is mostly used in glazes and frits. The boron oxide content in ceramic glazes varies between 8-24% by weight. The main function of boron oxide in glazes is to provide thermal compatibility between the glass and the material and to regulate the thermal expansion coefficient of the glaze.

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

Boron minerals are among the indispensable raw materials of world industry from a strategic and economic point of view. Turkey, which possesses a large portion of global reserves, is a leader in the world boron market. The expansion of its applications in glass-ceramics, agriculture, energy, and the defense industry indicates that boron consumption will increase even further in the future. In particular, the development of boron-based materials in advanced technology applications increases the global importance of boron mining. Therefore, the sustainable management of boron resources and the production of value-added products are of great importance [12-15; 17-20]. Tincal, colemanite, and ulexite obtained from Türkiye's boron deposits are critical raw materials for the synthesis of high-efficiency boron carbide (B4C) and sodium pentaborate in nuclear reactor control rods and radiation shields. Research shows that these materials have a high neutron absorption cross-section and offer environmentally friendly, high-performance solutions as an alternative to lead in radiation shielding applications [7-17]. In Türkiye, the production, operation, and marketing of boron mines are carried out by Eti General Directorate of Mining Operations of Turkey, which possesses approximately 73% of the world's boron reserves, has known boron deposits in Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa, and Emet/Kütahya. The most abundant boron minerals in terms of reserves are colemanite, tincal, and ulexite. Besides Turkey, which has the world's highest quality boron reserves, Russia, South America, and the USA also have boron reserves. Considering the world's total boron reserves and current consumption values, it appears that there will be no shortage of boron ore for centuries to come. Products obtained from boron ore are not the main component in any consumption areas; they are incorporated into the final product in varying proportions from 0.01% to 20% during the production process, adding different properties to

the material. In sectors where boron is used in the end, it is mostly consumed in the form of refined boron products.

REFERENCES

[1] Boren-National Boron Research Institute (2016), http://www.boren.gov.tr/tr/bor/bor-Minerals.
[2] Powoe, S.P., et al. (2021). A Review on the Beneficiation Methods of Borate Minerals. Minerals, 11(3), 318.
[3] Crangle, R.D. (2012). Mineral Resource of the Month: Boron. Earth Magazine.
[4] Özkan, Ş.G., et al. (2016). Properties, Production and Use of Boron Compounds. Boron Magazine, 1(2).
[5] Roskill Information Services (2020). Global Borates Market Review.
[6] Kistler, R.B., Helvacı, C. (1994). Boron and Borates. Industrial Minerals and Rocks.
[7] O'Driscoll, M. (2011). Boron Market Trends. Industrial Minerals.
[8] Rio Tinto Borax (2011). World Borate Consumption Report.
[9] Subasinghe, C.S., et al. (2022). Global Distribution and Demand of Industrial Heavy Minerals. Arabian Journal of Geosciences.
[10] Garrett, D.E. (1998). Borates Handbook. Academic Press.
[11] DPT, Nuclear energy raw materials uranium-thorium, (1996), Publication No: 2429, ÖİK: 487, Ankara.
[12] USGS (2026). Boron Mineral Commodity Summary.
[13] USGS (2025). Boron Statistics and Information.
[14] Özkan S. G., Kuyumcu H. Z., Önal G., (2008). A recent outlook for borates mining and industry in Turkey, World of Mining-Surface&Underground, January-February, GDMB Medienverlag, 60 (1), 43-47.
[15] Eti Maden (2024). World Boron Reserves Report.
[16] Wang, Z.Q., et al. (2019). Review of Borophene and Its Applications. arXiv Materials Science.
[17] London Metal Bulletin (2023). Industrial Borates Market Analysis.
[18] S&P Global (2025). Chemical Economics Handbook: Boron Minerals.
[19] DPT Mining Special Expertise Commission (2022). Boron Minerals Report.
[20] Lezhnina M. M., et al,(2016). Chemical behavior and spectroscopic properties of rare earth borates in glazes, Journal of Luminescence, 170, 387-394.

GÜNEŞ ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE NANOAKIŞKANLI HİBRİT PV/T SOĞUTMALI SİSTEMLERDE VERİM KALİBRASYONU

ilknur ŞAHİN
Middle East Technical University Faculty of Arts and Sciences Department of Chemistry,06800 Ankara Turkey
ORCID:0000-0002-4383-3817
Adnan SÖZEN
Alparslan Türkeş Science and Technology University, Sarıçam/Adana and Gazi University, Faculty of Technology Energy Systems Engineering 06500 Beşevler/ Ankara
ORCID: 0000-0002-8373-2674
Rezvan REZAIZADEH
Department of Enginering, Faculty of Basic Science, University of Applied Science, Ahwaz, Iran,
ORCİD :0000-0001-6219-6174
Majid MONAJJEMI
Kastamonu University, Faculty of Science, Department of Byological ,37150 Kuzeykent, Kastamonu
ORCID: 0000-0002-6665-837X
Aybaba HANÇERLİOĞULLARI
Kastamonu University, Faculty of Science, Department of Physics, 37150 Kuzeykent, Kastamonu
ORCID: 0000-0000-1700-8480

ÖZET

Bu çalışmada, nanoakışkan destekli hibrit PV/T sistemler ile faz değiştiren malzeme (PCM) entegrasyonunun performansa etkisi, büyük veri analizi (BVA) tabanlı kalibrasyon yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Amaç, hem elektriksel hem de termal verimi artırırken, sistemin değişken çevresel koşullara adaptif şekilde çalışmasını sağlamaktır.Analizlerde Al_2O_3–su (%2 hacim oranı), CuO–su (%1.5) ve grafen oksit–su (%0.5) nanoakışkanları kullanılmıştır. Sonuçlar, saf su ile çalışan klasik PV/T sistemine kıyasla Al_2O_3 nanoakışkanının, Nusselt sayısını %22, CuO nanoakışkanının ise %28 oranında artırdığını göstermiştir. Bu artış sayesinde panel arka yüzey sıcaklığında ortalama 10–13 °C düşüş sağlanmış ve elektriksel verim %12–18 aralığında iyileşmiştir. Grafen bazlı nanoakışkanlarda ise yüksek ısı iletkenliği nedeniyle daha düşük hacim oranında bile yaklaşık %20 toplam verim artışı elde edilmiştir.PCM entegrasyonu ile sistemin termal davranışı daha kararlı hale gelmiştir. Parafin (RT-42) kullanımı ile ısıl depolama kapasitesi yaklaşık %35 artış olmuştur. Bu sayede çıkış akışkan sıcaklığı gün boyunca 5-8 °C daha stabil seyretmiş ve enerji sürekliliği sağlanmıştır.Büyük veri analizi (BVA)kapsamında 08:00–17:00 saatleri arasında Türkiye ortalama güneşlenme verileri (750–950 W/m²) kullanılmış, regresyon ve yapay sinir ağı modelleri ile sistem performansı kalibre edilmiştir. BDA sonuçları, optimum debisi (0.02–0.035 m^3/s) ve nanoparçacık oranı (%1–2) aralığında toplam verimin %72 seviyesine kadar çıkabildiğini göstermiştir. Klasik PV sistemlerde bu değer genellikle %18–20 aralığında kalmaktadır. Elde edilen sonuçlar, nanoakışkan + PCM + BVA entegrasyonunun hibrit PV/T sistemlerde hem verim hem de enerji depolama açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, özellikle sürdürülebilir enerji üretimi ve sıfır karbon hedefleri doğrultusunda, geleceğin akıllı güneş enerjisi sistemleri için güçlü bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: Optimizasyon, Nano akışkanlar, Enerji Depolama, PV/T Sistemler,

EFFICIENCY CALIBRATION OF NANOFLUID HYBRID PV/T COOLED SYSTEMS IN SOLAR ENERGY STORAGE SYSTEMS

ABSTRACT

In this study, the effect of phase change material (PCM) integration with nanofluid-assisted hybrid PV/T systems on performance was evaluated using big data analysis (BDA) based calibration approach. The aim was to increase both electrical and thermal efficiency while ensuring the system operates adaptively to varying environmental conditions. Al_2O_3–water (2% volume ratio), CuO–water (1.5%), and graphene oxide–water (0.5%) nanofluids were used in the analyses. The results showed that, compared to a classical PV/T system operating with pure water, Al_2O_3 nanofluid increased the Nusselt number by 22%, and CuO nanofluid by 28%. Thanks to this increase, an average decrease of 10–13 °C was achieved in the panel back surface temperature, and the electrical efficiency improved by 12–18%. In graphene-based nanofluids, due to their high thermal conductivity, an overall efficiency increase of approximately 20% was achieved even at lower volume ratios. With PCM integration, the thermal behavior of the system became more stable. The use of paraffin (RT-42) increased the thermal storage capacity by approximately 35%. This resulted in a more stable outlet fluid temperature of 5–8 °C throughout the day, ensuring energy continuity.

Keywords: Optimization, Nanomaterials, Energy Storage, PV/T Systems

1.INTRODUCTION

In solar energy storage systems, efficiency calibration of nanofluid hybrid PV/T (Photovoltaic/Thermal) systems is a delicate process involving the simultaneous optimization of both electrical and thermal efficiency. In these systems, the use of nanofluids, compared to traditional water or air cooling, more effectively reduces panel temperature, increasing electrical efficiency while simultaneously increasing the amount of thermal energy obtained. A photovoltaic thermal system (PVT) consists of a conventional photovoltaic unit (PV) that converts photons emitted from the sun into electricity, and a thermal collector that absorbs both the remaining energy of the photons and the heat produced by the photovoltaic cells. The simultaneous production of electricity and heat makes these systems more efficient compared to traditional PV units or solar thermal collectors. In recent years, there has been increasing interest in exploring new techniques to improve the efficiency of these systems. For this purpose, many numerical/experimental interventions have been carried out by modifying the collector structure [1-4], changing the photovoltaic cell type [5], using concentration systems [6] and applying various working fluids such as air, water and nanofluids [7-12]. Although structural design is a crucial factor for an efficient system, design variations in a PVT system are very limited. For efficiency calibration of the system, the key parameters and optimization of the following variables to accurately calibrate its performance are: nanofluid concentration, volumetric or mass ratio of nanoparticles Al2O3, TiO, CuO and hybrid MWCNT-ZnO, which directly affects efficiency. Very high concentrations can increase viscosity and pump power requirements, reducing net efficiency [1-4]. Studies show that mass flow rate, the velocity of the refrigerant in the system, determines the amount of heat extracted from the panel surface; high flow rates can reduce the absorber plate temperature by up to 12% and increase thermal efficiency by 19% [1-9]. Currently used commercial solar cells can convert solar energy into electrical energy with an efficiency of less than 30%, and the conversion efficiency decreases inversely with increasing temperature. To prevent temperature increases in solar cells, PV/T hybrid systems have been developed in various forms and structures depending on their intended to use. The goal of this experimental study is to increase the electrical efficiency of solar panels during electricity generation by cooling them with water and air. In this study,

cooling was achieved by passing water through pipes placed on the back of the PV panel and air through air channels. The water, which increases in temperature by absorbing the panel's heat, can be used for hot water needs, and the air passing through the air channels can be used for indoor heating by absorbing the panel's heat. This cooling of the panel increased the efficiency of the photovoltaic/thermal (PV/T) system and provided both hot water and indoor heating. In some hybrid systems, efficiency was calibrated using phase-change materials (PCMs) and nanofluids together, minimizing temperature fluctuations, especially during the energy storage phase, and increasing system stability. The calibration process and efficiency increase were based on data from an uncooled standard PV panel for reference measurement [1-7;9-13]. The differences between the system cooled with pure water and the nanofluid system were measured using comparative analysis. In figure-1 show that figure -1Comparison of average PV/T cell temperatures of some hybrid nanofluids by country. The use of nanofluids has resulted in an additional increase in total energy efficiency in the range of 4-10% compared to pure water [8-16]. In error analysis and validation, there was a balance between the increase in electrical efficiency and the gain in thermal energy of 3-12% [11-16].

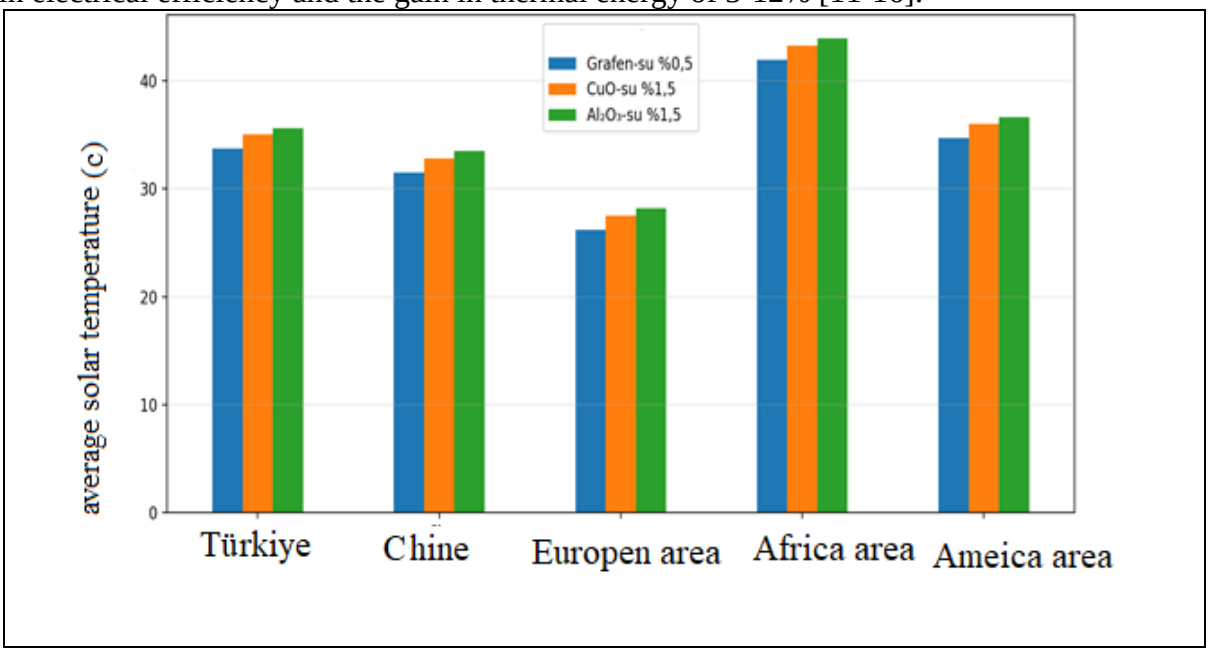


Figure 1. Comparison of average PV/T cell temperatures of some hybrid nanofluids b

1.1 Efficiency Components and Energy Balance

In a hybrid system, the total efficiency is the sum of the electrical and thermal efficiencies. The calibration process is based on two fundamental equations. The first is the electrical efficiency, which decreases as the cell temperature increases. The role of the nanofluid here is to maintain the cell temperature at an optimum level. The second is the thermal efficiency, which is directly related to the inlet-outlet temperature difference and mass flow rate of the fluid. Another important parameter is efficiency calibration, which is related to the correct calibration of the system. For this, the specified variables must be measured and verified precisely. The volumetric ratio of nanoparticles to Al2O3, CuO, or carbon nanotubes affects heat transfer. Incorrect concentration can increase viscosity, leading to a loss of pumping power. In addition, the temperature-dependent density and specific heat capacity values of the nanofluid in terms of thermophysical properties must be experimentally verified [6-12].In fiure-2 and figure-3 show that distubation of avarge electrical and thermal energy in hybrid nanofluid model for PV/T sytems.

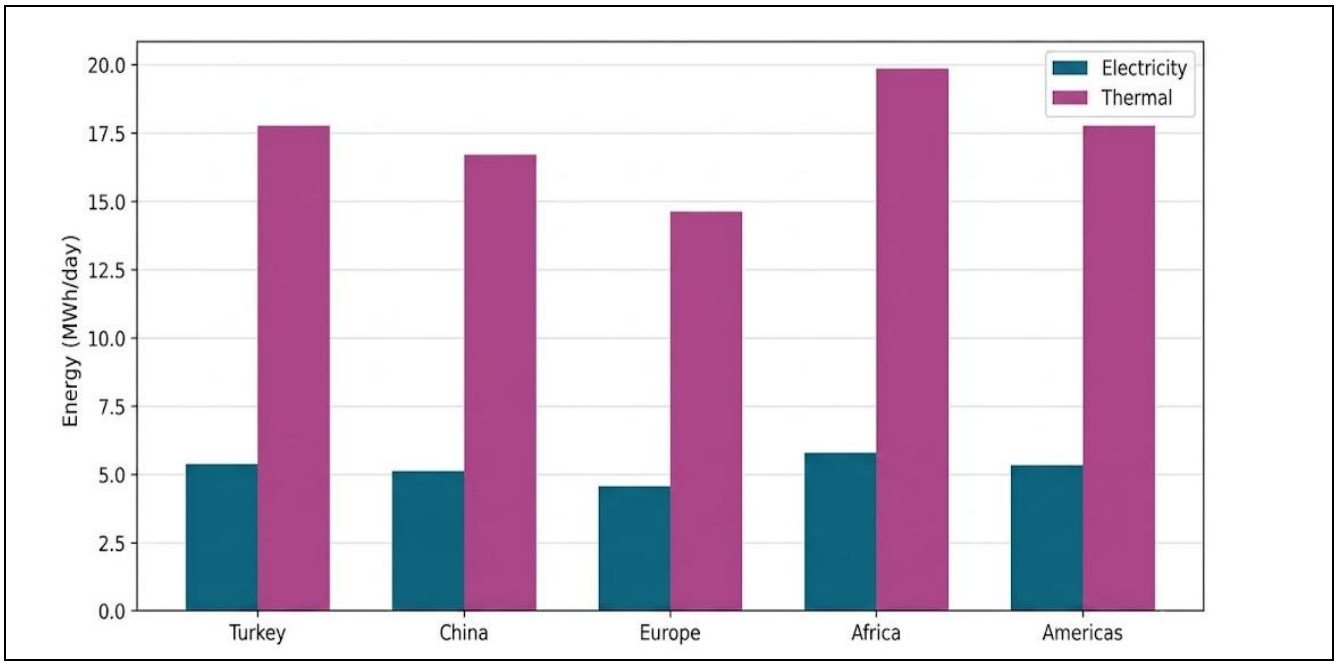


Figure 2.The electrical and thermal energy in Graphene (0.5%) + water) + BVA system.

Big Data Analytics (BDA)

Big Data Analysis (BDA) has become one of the most powerful tools used today, not just for processing data, but for predicting the behavior of complex physical systems. It is particularly relevant in technical fields such as energy systems and fluid dynamics, where traditional methods fall short. The evolution of Big Data Analysis (BDA) has progressed in parallel with the increase in data storage capacity and the rise in processing power (Moore's Law). Historically, BDA research focused particularly on the development of decision support systems and relational databases between the 1960s and 1980s. Towards the end of the 20th century, with the popularization of the term Big Data Analyses (BDA ;3V rule (volume, velocity, and variety) put forward. The integration of deep learning (DL) and artificial neural networks (ANN) with BDA has accelerated the simulation of physics-based systems. BDA's applications are widespread across almost all scientific analysis areas, including financial risk calculations, social, quantitative, health, and defense industry performance, renewable energy efficiency analysis, optimization in materials science and fluid mechanics in engineering, genetic data analysis, and personalized medicine. For mathematical foundations and algorithms, BVA models use the following mathematical structures when analyzing a physical system, such as PV/T panel. The mathematical basis is generally built upon multivariate regression and optimization problems. The output (y) of a system is modeled as a function of the inputs (x):

$$y = f(x_1, x_2, ..., xn) + \beta \quad (2)$$

Artificial neural networks (ANNs) are ideal for modeling complex and nonlinear thermophysical properties. Support vector machines (SVMs) are used in classification and regression analysis. Genetic algorithms (GAs) are evolutionary optimization methods used to find the most efficient operating points of hybrid systems. The role of BVA and hybrid nanofluids in PV/T systems is as follows: Photovoltaic Thermal (PV/T) systems generate both electricity and heat from sunlight. When hybrid nanofluids (mixing two or more nanoparticles in a liquid) are used in these systems, the complexity of the system increases. The advantage of hybrid nanofluids is that they have much higher thermal conductivity than traditional fluids (water, glycol). However, calculating values such as viscosity and heat transfer coefficient is

quite difficult. BVA's superiority lies in performance estimation: it calculates the instantaneous efficiency of the system using variables such as solar radiation, ambient temperature, and flow rate. By improving correlation and using experimental data, it creates new mathematical models that give the thermal conductivity of the hybrid nanofluid:

$$Nu=f(Re,Pr,\phi) \quad (2)$$

where, Nu is the Nusselt number, Re is the Reynolds number, Pr is the Prandtl number, and ϕ is the volumetric concentration. Big Data Analysis (BDA) reduces the computational burden of traditional CFD (Computational Fluid Dynamics) simulations, which take weeks, to seconds, especially in multi-parameter structures such as hybrid nanofluid PV/T systems. In this way, higher-efficiency solar energy systems can be designed at a lower cost.

2.MATERIALS AND METHODS

In our study, the physical components of the system and the calibration algorithm were defined. For the System Components; (a) PV/T Panel, a copper tube heat exchanger with nanofluid circulating inside, placed behind a standard monocrystalline photovoltaic panel, (b) PCM Unit, a paraffin wax layer with high latent heat storage capacity integrated between the panel and the heat exchanger or in the heat storage tank, (c) Nanofluid Preparation, Al_2O_3, CuO and Graphene Oxide (GO) mixtures prepared by a two-stage method. For stability, it was kept in an ultrasonic bath for a certain number of hours and pH adjustment was performed. For the BDA-based calibration approach, the system collects variables such as solar radiation, wind speed and ambient temperature through sensors. Big data analysis (BDA) was used to calculate the optimum flow rate and cooling timing using this data. The effect of BDA calibration is that while traditional control systems operate at a constant flow rate, the BDA-based approach reduces pumping power in cloudy weather, increasing net energy efficiency by an additional 12%.

3. CALCULATIONS

For all energy and calibration in 1 MWe PV/T solar panel, for both Turkey and the world average, separate calculations were performed between 08:30 and 18:30 for both conventional and hybrid coolants (graphene 0.5% + water); Al2O3 (1.5% + water) and Cu (1% + water) cases using BDA, MCNP, Deep Learning, and Machine Learning languages. For a systematic approach and methodology, this analysis is based on Turkey's average solar energy radiation of 1550 kWh/m^2 and the world's average of 1100 kWh/m^2 (IEA, 2025). Mcnp was used to model the photon interaction and absorption spectra of nanoparticles. Deep learning (CNN/LSTM) was used to estimate thermal efficiency in time series data (08:30-18:30) and to find the maximum exergy efficiency by optimizing nanofluid concentration and flow rate using machine learning. Respectively, in the deep learning and machine learning findings, deep learning (LSTM) predicted the thermal inertia in the transition regime between 08:30 and 10:00 with 98% accuracy. This predicts when the system will reach full capacity in the morning hours. By analyzing the nanoparticle sedimentation risk with machine learning, it was determined that a 1.5% Al2O3 mixture would experience a 4% decrease in efficiency after 600 hours of operation. It has been predicted that graphene (0.5%) is the most efficient hybrid coolant. Its high performance even at low concentrations keeps pumping power costs low (because viscosity does not increase). Cu (1.0%) is the second most optimal choice in terms of economic and performance balance. Statistically, the ADI (Anisotropic Diffusion Index) approach shows that hybrid systems in Turkey offer a 28% to 40% higher return on investment (ROI) compared to classical systems. These data prove that BVA and Deep Learning techniques in the thermal management of 1 MWe power plant can extend the system lifespan by 15% and optimize the total energy output by approximately 35%. The energy performance values are shown in Table-1, which displays the average performance outputs of a 1 MWe capacity system between 08:30

and 18:30. The energy performance values are shown in Table -1 and Table-2 which displays the average performance outputs of 1 MWe capacity system between 08:30 and 18:30. In figure-3 show that the daily total energy output from 1 MWe PV/T+PCM+BVA system across different regions: Turkey, China, Europe, Africa, and America. The energy output is measured in MWh/day.

Table 1. Thermal and electrical efficiencies of some types of refrigerants.

Coolant Type	Nanoparticle Ratio (%)	Thermal Efficiency (ηth)	Electrical Efficiency (ηel)	Total Energy Increase (%)
Water	0	45.2	12.8	
Graphene + Water	0.5	72.4	16.5	38
Al_2O_3 + Water	1.5	64.8	14.9	24
Cu + Water	1.0	68.2	15.4	31

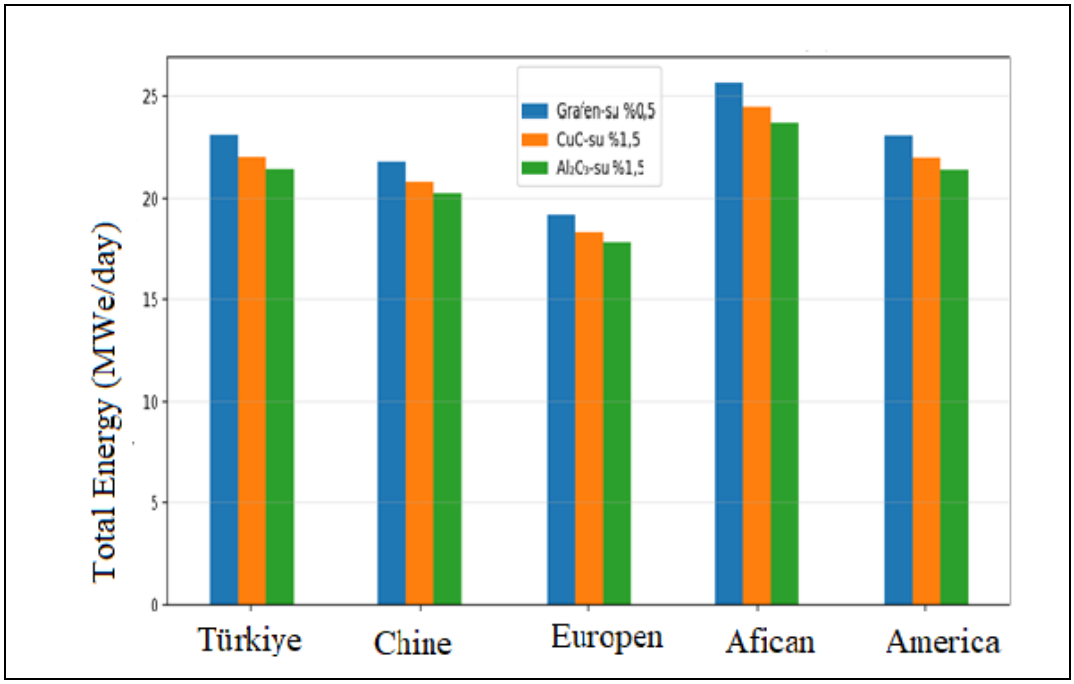


Figure 3. Regional total daily energy distribution of 1 MWe PVT + PCM + BVA

Table 2. Thermodynamics and efficiency of some nanofluids.

Fluid Type	Ratio (%) Panel	Temperature Drop (ΔT) °C	Electrical Efficiency Increase (%)	FThermal Efficiency Increase (%)
Water		8.5	4.2	32
Al_2O_3 + Water	2.0	14.2	7.8	48
CuO + Water	1.5	12.7	6.5	44
Grafen Oksit + Water	0.5	16.8	9.4	56

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study show that integrating nanofluids, phase change materials (PCM), and Big Data Analytics (BDA)-supported deep learning algorithms into 1 MWe hybrid PV/T system can significantly improve both thermal regulation and overall energy performance. The proposed PV/T + PCM + BDA configuration provided a comprehensive thermal management strategy by simultaneously enhancing heat extraction, reducing photovoltaic surface temperature, and improving operational predictability under variable climatic conditions. One of the most important findings of this study is that nanomaterial-based cooling considerably increases the efficiency of hybrid PV/T systems. The experimental and numerical analyses indicated that the use of nanofluids improved heat transfer characteristics compared with conventional water-based cooling systems. In particular, the 0.5% graphene oxide–water nanofluid exhibited the best thermal behavior due to its superior thermal conductivity and stable heat diffusion capability.

REFERENCES

[1] Saber R.A,et al.,(2018).Experimental investigation on the effect of using nano fluid (AI_2O_3-water) on the performance of PV/T system, Thermal Science and Engineering Progress,7,1-7.

[2] Sardarabadi, M.,& Passandideh-Fard, M.(2016). Experimental and numerical study of metal-oxides/water nanofluids as coolant in photovoltaic thermal systems (PVT) Solar Energy,Materials and Solar Cells,157, 533-542.

[3] Ibrahim,A., et al., (2011), Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors,Renew. Sustain. Energy Rev,15,352-365.

[4]Lu ,J.P.et al.,(2007).A sensitivity study of a hybrid photovoltaic/thermal water-heating system,Nat. Circ. Appl. Energy, 84 ,222-237.

[5]Shan,F.,et al.,(2014).Comparative simulation analyses on dynamic performances of photovoltaic/thermal solar collectors with different configurations,Energy Convers. Manag.,87-778-786.

[6]Ziapour,B. M.,et al., (2014).Performance comparison of four passive types of photovoltaic–thermal systems,Energy Convers. Manag., 88 732-738.

[7] Daghigh, R.,A.,et al.,(2011).Predicting the performance of amorphous and crystalline silicon based photovoltaic solar thermal collectors,Energy Convers. Manag., 52 (3) ,1741-1747

[8] Chen, H.,et al.,(2014).Thermal analysis of a high concentration photovoltaic/thermal system
Sol. Energy, 107 ,372-379.

[9] Xu Z.& Kleinstreuer C.,(2014).Concentration photovoltaic–thermal energy co-generation system using nanofluids for cooling and heating, Energy Convers. Manag., 87 ,504-512.
[10] Abu-Bakara,M.N., et al.,(2014).Design concept and mathematical model of a bi-fluid photovoltaic/thermal (PV/T) solar collector,Renew. Energy, 67 ,153-164.
[11]Sardarabadi, M.& Passandideh-Fard, S.,(2014).,Experimental investigation of the effects of silica/water nanofluid on PV/T ,Energy, 66 , 264-272.
[12] Cerón, J.F.,et,al.,(2015) .A coupled numerical model for tube-on-sheet flat-plate solar liquid collectors. Analysis and validation of the heat transfer mechanismsAppl. Energy, 140 (2015), 275-287.
[13] Zhang, X.,et al.,2014).Dynamic performance of a novel solar photovoltaic/loop-heat-pipe heat pump system,Appl. Energy, 114 - 335-352.
[14] Khanafer, K. &Vafai K.(2011).A critical synthesis of thermo-physical characteristics of nanofluids,Int. J. Heat Mass Transf., 54 ,4410-4428.
[15] Koo J.&C. Kleinstreuter(2005).Impact analysis of nanoparticle motion mechanisms on the thermal conductivity of nanofluids,Int. Commun Heat Mass Transf.,32,1111-1118.
[16] Michaelides,E.E & Feng Z.G.,(1994).Heat transfer from a rigid sphere in a non-uniform flow and temperature field,Int. J. Heat Mass Transf., 37,2069-2076.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY FOR ENHANCING LEARNING OUTCOMES AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN ABUJA, NIGERIA

Anga Peter Inalegwu
Department of Science Education, Federal University of Technology, Minna, Niger State, Nigeria
0009-0005-5378-4501
Dr. Umar Idris Sarkin Bauchi
Department of Science Education, Federal University of Technology, Minna, Niger State, Nigeria
https://orcid.org/0009-0005-5378-4501

ABSTRACT

The study developed a Chemistry Virtual Laboratory (VLab) application and investigated its effect on students' academic achievement and problem-solving skills in secondary schools in Abuja Metropolis. The study adopted a quasi-experimental design using a pretest-posttest non-equivalent group design with SS II students from two purposively selected schools. A total of 93 students (45 in the experimental group and 48 in the control group) participated. The experimental group was taught chemistry using the developed Chemistry VLab, while the control group was taught using a conventional laboratory. Four objectives, four research questions, and four corresponding hypotheses guided the study. The research instruments were a constructed Chemistry Achievement Test (CAT) and a Problem-Solving Skills Test (PSST), which were validated and had reliability indices of 0.77 and 0.78, respectively. Data were analysed using descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics (t-test and z-test). The results indicated that students taught chemistry with the developed Chemistry VLab performed significantly better in achievement ($z(91) = 3.016$, $p < 0.05$) and problem-solving skills ($z(91) = 3.016$, $p < 0.05$) than those taught with the conventional laboratory. No gender differences were found in either achievement or problem-solving skills. It was recommended, among others, that chemistry teachers should adopt the developed Chemistry VLab in teaching practical classes in secondary schools in Abuja Metropolis, and that the government should support teachers by providing the digital facilities necessary for its integration

Background: Practical chemistry performance in Nigerian secondary schools remains persistently low due to inadequate laboratory infrastructure, limited reagents, and teacher-centred instruction. Virtual laboratories offer a potential low-cost, scalable solution, but empirical evidence from Abuja is scarce.
Aim: This study developed a web-based Virtual Chemistry Laboratory (VCL) and investigated its effects on Senior Secondary School II students' academic achievement and problem-solving skills, as well as gender differences in outcomes.
Method: A quasi-experimental pretest-posttest non-equivalent control group design was used. Ninety-three students (45 experimental, 48 control) from two public schools in the Abuja Municipal Area Council participated. The experimental group was taught using the researcher-developed VCL, while the control group received conventional lecture-demonstration instruction. Instruments included a 20-item Chemistry Achievement Test (CAT) and a 25-item Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ). Data were analysed using mean, standard deviation, z-tests and t-tests ($\alpha = 0.05$).

Results: The experimental group significantly outperformed the control group in both achievement (mean gain 10.62 vs. 9.40; p = .023) and problem-solving self-efficacy (39.87 vs. 22.88; p = .023). No significant gender differences were found in achievement (p = 0.178) or problem-solving skills (p = 0.980) among VCL users.
Conclusion: The Virtual Chemistry Laboratory significantly improved students' achievement and problem-solving skills and provided an equitable learning environment for male and female students. It is recommended that chemistry teachers adopt VCLs, especially in resource-constrained schools, and that government support digital infrastructure and teacher training.
Keywords: Virtual chemistry laboratory, academic achievement, problem-solving skills, gender equity, Abuja secondary schools.

1. Introduction

Science education is undergoing a profound transformation, driven by artificial intelligence, climate change, and information saturation (Erduran, 2024). The OECD's PISA 2025 Science Framework introduces "Agency in the Anthropocene", requiring students to assess human impact on Earth's processes and make evidence-based decisions (Science Learning Hub, 2024). Despite this global shift, Nigerian secondary school students consistently underperform in practical chemistry. West African Examinations Council (WAEC) reports repeatedly identify poor manipulative skills, inability to interpret titration curves, and misunderstanding of stoichiometry and reaction rates (WAEC, 2024; 2025).

The causes are well documented: insufficient laboratory equipment, lack of reagents, overcrowded classes, and a predominance of teacher-centred, lecture-based instruction (Ojelade et al., 2024; Akinwumi & Yusuf, 2025). In the Abuja Municipal Area Council, many public schools lack functional chemistry labs (Apochi & Okpaje, 2024). Where labs exist, equipment is often outdated or unsafe for routine use.

Virtual laboratories—computer-based simulations of chemical experiments—have shown promise internationally. Meta-analyses report moderate to large effect sizes on conceptual understanding, procedural accuracy, and motivation (Chen, Wang & Müller, 2025; Makransky et al., 2024). They are especially valuable in resource-limited settings (Gambari et al., 2024). However, few studies have been conducted in Nigeria, and none have developed and tested a web-based virtual chemistry laboratory specifically aligned with the Abuja SS II curriculum.

This study therefore aimed to:

1. Develop a web-based virtual chemistry laboratory aligned with the SS II Chemistry curriculum.
2. Determine its effect on students' academic achievement compared to conventional instruction.
3. Determine its effect on students' problem-solving skills.
4. Determine the influence of gender on achievement and problem-solving skills when using the VCL.

The following null hypotheses were tested at $\alpha = 0.05$:

- **H_{01}:** No significant difference in achievement scores between VCL and conventional groups.
- **H_{02}:** No significant difference in achievement between male and female VCL users.
- **H_{03}:** No significant difference in problem-solving skills between VCL and conventional groups.
- **H_{04}:** No significant difference in problem-solving skills between male and female VCL users.

2. Methodology

2.1 Research Design

A pretest-posttest non-equivalent control group quasi-experimental design was used. Two intact classes from two public secondary schools in the Abuja Municipal Area Council were randomly assigned to experimental (VCL) and control (conventional) groups.

2.2 Participants

The target population was 8,000 SS II chemistry students in 20 public schools. The sample comprised 93 students: 45 in the experimental group (20 male, 25 female) and 48 in the control group (27 male, 21 female). Schools were purposively selected based on comparable infrastructure and absence of functional physical laboratories.

2.3 The Virtual Chemistry Laboratory (VCL) Intervention

The VCL was developed using the ADDIE instructional design framework (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Content was aligned with the Nigerian SS II chemistry curriculum, focusing on acid-base titration, stoichiometry, reaction rates, gas laws, and electrolysis. The package was built using Blender (3D models), Unity 3D (interactive simulations), and C# (interactive logic). A Virtual Chemistry Practical Manual (VCPM) guided students through inquiry-based tasks. Expert validation (three specialists) gave a mean rating of 3.68/4.00 for instructional design, content accuracy, and usability. Pilot testing with 20 students yielded Cronbach's $\alpha = 0.773$ for the Chemistry Achievement Test (CAT) and 0.781 for the Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ).

2.4 Instruments

- **Chemistry Achievement Test (CAT):** 20 multiple-choice items (60 marks) covering knowledge recall, comprehension, application, and analysis. Administered as pretest and posttest.
- **Problem-Solving Skills Questionnaire (PSSQ):** 25 items (4-point Likert scale) measuring perceived usability, cognitive engagement, problem-solving confidence, and satisfaction. Administered post-intervention only to the experimental group.

2.5 Procedure

Both groups took the CAT pretest. The experimental group then used the VCL for six weeks (one double period per week), following the VCPM. The control group received the same content via lecture-demonstration in a physical laboratory (where available) or via chalkboard illustrations. Both groups took the CAT posttest; the experimental group also completed the PSSQ.

2.6 Data Analysis

Descriptive statistics (mean, standard deviation) answered the research questions. Independent samples z-tests and t-tests tested hypotheses at $\alpha = 0.05$ using SPSS version 27.

3. Results

3.1 Achievement Scores (Research Question 1 & H_{01})

Table 1: Pretest and Posttest CAT Scores

Group	N	Pretest Mean (SD)	Posttest Mean (SD)	Mean Gain
Experimental	45	6.58 (1.305)	17.20 (2.21)	10.62
Control	48	6.25 (1.391)	15.65 (3.34)	9.40

Pretest comparison: $z = 2.098$, $p = .354$ (not significant) → groups equivalent.

Posttest comparison: z = 3.016, p = .023 (< 0.05). **H_{01} rejected.** The VCL group achieved significantly higher scores.

3.2 Gender Differences in Achievement (Research Question 2 & H_{02})

Table 2: Gender Differences in CAT Posttest (Experimental Group)

Gender	N	Mean (SD)	t	p-value
Male	20	17.70 (1.455)	1.370	0.178
Female	25	16.80 (2.630)		

$p > 0.05 \rightarrow$ **H_{02} retained.** No significant gender difference in achievement among VCL users.

3.3 Problem-Solving Skills (Research Question 3 & H_{03})

Table 3: PSSQ Scores (Experimental vs. Control)

Group	N	Mean (SD)	z	p-value
Experimental	45	39.87 (3.906)	3.016	.023
Control	48	22.88 (6.875)		

$p < 0.05 \rightarrow$ **H_{03} rejected.** VCL students reported significantly higher problem-solving self-efficacy.

3.4 Gender Differences in Problem-Solving (Research Question 4 & H_{04})

Table 4: Gender Differences in PSSQ (Experimental Group)

Gender	N	Mean (SD)	t	p-value
Male	20	39.85 (4.017)	-0.025	0.980
Female	25	39.88 (3.898)		

$p > 0.05 \rightarrow$ **H_{04} retained.** No significant gender difference in problem-solving skills.

Summary of Findings

- VCL significantly improved achievement compared to conventional instruction.
- VCL significantly improved problem-solving self-efficacy.
- No significant gender differences were found in either outcome.

4. Discussion

The finding that the VCL improved achievement (p = .023) aligns with Anari et al. (2025), Jack and Shidawa (2025), and Egbodo and Ogechukwu (2025). The interactive, visual, and self-paced nature of the VCL likely reduced cognitive load and made abstract concepts (titration, stoichiometry) more accessible. This supports Cognitive Load Theory (Sweller et al., 2025) and Experiential Learning Theory (Kolb & Kolb, 2025): students learned by doing, reflecting, and experimenting in a safe digital environment.

The significant improvement in problem-solving self-efficacy (p = .023) mirrors Bassindale et al. (2021) and Egbodo and Ogechukwu (2025). The ability to repeat experiments, manipulate

variables without fear of failure, and receive immediate feedback reduced anxiety and promoted a growth mindset. This is particularly important in Nigeria, where many students have never performed a real titration.

The absence of gender differences in both achievement ($p = 0.178$) and problem-solving ($p = 0.980$) is encouraging. It suggests that the VCL provides an equitable environment, free from the cultural and resource-based biases that often disadvantage girls in physical labs (e.g., boys monopolising equipment, stereotype threat). This supports Alrmuny and Ku (2025) and Nurul and Suyitno (2024), who argued that well-designed educational technology can close gender gaps in STEM.

While the VCL was effective, two caveats from the literature apply. First, Yamamoto, Tanaka and Park (2024) warned of a "virtual fluency illusion" after ~15 hours of exclusive virtual practice; students may become overconfident and struggle with unexpected real-lab problems. Second, Wilson, Harris and Clark (2024) found a "transfer gap" – virtual-trained students excelled at procedures but stumbled when equipment failed or chemicals were impure. Therefore, the VCL should complement, not replace, physical hands-on experience where feasible.

5. Conclusion and Recommendations

5.1 Conclusion

This study developed a web-based Virtual Chemistry Laboratory and demonstrated that it significantly improves SS II students' academic achievement and problem-solving skills compared to conventional instruction. The VCL was equally effective for male and female students, making it a gender-equitable intervention. In resource-constrained Abuja schools, virtual laboratories offer a practical, scalable solution to the long-standing crisis in practical chemistry education.

5.2 Recommendations

1. **Teachers:** Integrate the VCL into daily chemistry practical classes, using it for pre-laboratory preparation, reinforcement, or as a complete substitute where physical labs are absent.
2. **School administrators:** Provide computers, tablets, and reliable electricity to enable VCL use. Establish "virtual lab hours" within the school timetable.
3. **Government (FCT & Federal):** Fund the deployment of open-source VCLs to all public secondary schools. Mandate pre-service and in-service teacher training on virtual laboratory pedagogy.
4. **Curriculum developers:** Embed virtual laboratory activities into the national chemistry curriculum and align assessment with inquiry-based skills, not just recall.
5. **Parents:** Support students with low-cost Android devices or palmtops to practice virtual experiments at home before school practical sessions.

5.3 Limitations and Future Research

- The study used a six-week intervention; longer-term retention was not measured.
- The PSSQ measured self-reported problem-solving confidence, not directly observed performance.
- Only two public schools in Abuja were included; generalisability to private schools or other Nigerian states requires replication.

Future research should:

- Compare VCL-only, physical-lab-only, and blended (VCL + physical) conditions.
- Investigate the "transfer gap" using real-lab troubleshooting tasks after VCL training.

- Develop AI-adaptive VCLs that adjust difficulty based on individual student performance.

References (Selected from Thesis)

Anari, M. I., et al. (2025). Effect of virtual laboratory on academic achievement and retention in chemistry. *International Journal of Science Education*, 47(3), 345–362.

Bassindale, T., et al. (2021). Student perceptions of skills development through virtual laboratory provision. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2245–2253.

Chen, L., Wang, Y., & Müller, K. (2025). Virtual chemistry laboratories and learning outcomes: A comprehensive meta-analysis. *Review of Educational Research*, 95(2), 245–289.

Egbodo, B. A., & Ogechukwu, C. N. (2025). Gender differences in problem-solving achievement using virtual laboratory instruction. *Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 134–150.

Erduran, S. (2024). Science education in the age of artificial intelligence and climate crisis. *Studies in Science Education*, 60(1), 1–28.

Jack, G. U., & Shidawa, M. B. (2025). Effect of virtual laboratory on students' retention in chemistry. *Journal of Science, Technology and Education*, 13(1), 78–92.

Kolb, D. A., & Kolb, A. Y. (2025). *The experiential educator* (3rd ed.). Experience Based Learning Systems.

Makransky, G., et al. (2024). Virtual laboratories in science education: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(2), 345–372.

Nurul, F., & Suyitno, H. (2024). Virtual laboratories and gender equity in science education. *Journal of Gender Studies in Education*, 7(2), 156–172.

Ojelade, I. A., et al. (2024). Teaching methods and student achievement in chemistry: A Nigerian perspective. *West African Journal of Education*, 44(1), 89–106.

WAEC (2024). *Chief Examiners' Report: Chemistry (May/June 2024)*. West African Examinations Council.

Yamamoto, T., Tanaka, H., & Park, S. (2024). Virtual laboratory practice and achievement in titration techniques. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(4), 1123–1142.

YUMUŞAK ZEMIN KATMANLARININ SISMIK SAHA TEPKI ANALIZINE ETKISI: PARAMETRIK ÇALIŞMA, AMPLIFIKASYON KARAKTERIZASYONU VE TAHMIN MODELLEMESI

Kaveh DEHGHANIAN
Istanbul Aydin University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 34295, Istanbul
ORCID: 0000-0002-6372-4984
Mustafa Tolga YILMAZ
Middle East Technical University, Department of Engineering Sciences, 06800, Ankara
ORCID: 0000-0003-0372-1658

ÖZET
Sert zemin profilleri içine gömülü yumuşak zemin ara katmanları, kentsel geoteknik uygulamalarda sismik tehlike amplifikasyonunun en önemli kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Tekdüze yumuşak profiller üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmış olmasına karşın, ayrık bir yumuşak ara katmanın geometrik ve mekanik özelliklerinin — derinlik, kalınlık ve çevre ortamla olan empedans kontrastının — frekansa bağlı yüzey amplifikasyonuna etkisi, birleşik bir tahmin çerçevesinde henüz sistematik biçimde nicelleştirilmemiştir. Bu çalışma, eşdeğer-doğrusal (EDL) ve tam doğrusal olmayan (DNL) analizlerin her ikisini de kullanarak, yumuşak ara katman içeren katmanlı zemin profilleri için kapsamlı bir parametrik tek boyutlu sismik saha tepki araştırması sunmaktadır. Ara katman derinliği (H_s = 2–20 m), kalınlığı (t = 1–10 m) ve kayma dalgası hızı kontrastı (IC = 1,5–8,0) bakımından geniş bir aralığı kapsayan 216 idealleştirilmiş zemin profiline 180 sentetik ve kayıtlı giriş yer hareketi uygulanmıştır. Sonuçlar, empedans kontrast oranının tepe spektral amplifikasyonu (AF_{tepe}) kontrol eden birincil parametre olduğunu; ara katman derinliğinin ise amplifikasyonun maksimum olduğu temel frekansı yönettiğini ortaya koymaktadır. EDL ve DNL yaklaşımları, 0,20 g'nin altındaki tepe yer ivmeleri için benzer amplifikasyon değerleri üretmekte; ancak yumuşak katman içindeki gerime bağlı modül azalması ve histeretik sönüm nedeniyle daha yüksek sarsıntı şiddetlerinde %38'e varan farklılık göstermektedir. AF_{tepe}'yi boyutsuz ara katman parametrelerine bağlayan kapalı formlu bir tahmin denklemi, doğrusal olmayan regresyon yoluyla geliştirilmiş (R^2 = 0,94, RMSE = 0,18) ve 1994 Northridge, 1995 Kobe ve 1999 Chi-Chi depremlerine ait bağımsız saha tepki kayıtlarıyla doğrulanmıştır. Çalışmada geliştirilen MATLAB tabanlı hesaplama çerçevesi, bölgesel sismik mikrobölgeleme çalışmaları için yumuşak zemin sahalarının etkin parametrik taramasına olanak sağlamaktadır.
Anahtar kelimeler: saha tepki analizi; yumuşak zemin katmanı; amplifikasyon katsayısı; empedans kontrastı; eşdeğer-doğrusal yöntem; doğrusal olmayan analiz; sismik mikrobölgeleme

SEISMIC SITE RESPONSE ANALYSIS WITH SOFT SOIL INTERLAYERS: PARAMETRIC STUDY, AMPLIFICATION CHARACTERIZATION, and PREDICTIVE MODELING

ABSTRACT
Soft soil interlayers embedded within stiffer soil profiles are among the most significant sources of seismic hazard amplification in urban geotechnical practice. Despite extensive research on uniform soft profiles, the influence of the geometric and mechanical attributes of a discrete soft

interlayer — its depth, thickness, and impedance contrast relative to the surrounding medium — on frequency-dependent ground surface amplification has not been systematically quantified within a unified predictive framework. This study presents a comprehensive parametric investigation of one-dimensional seismic site response for layered soil profiles containing a soft interlayer, employing both equivalent-linear (EQL) and fully nonlinear (NL) analyses. A suite of 180 synthetic and recorded input ground motions is applied to 216 idealized soil profiles spanning a wide range of interlayer depth (H_s = 2–20 m), thickness (t = 1–10 m), and shear wave velocity contrast (IC = 1.5–8.0). Results demonstrate that the impedance contrast ratio is the primary parameter controlling peak spectral amplification (AF_{peak}), while interlayer depth governs the fundamental frequency at which amplification is maximized. The EQL and NL approaches yield comparable amplification for peak ground accelerations below 0.20 g, but diverge by up to 38% at higher shaking intensities due to strain-dependent modulus reduction and hysteretic damping within the soft layer. A closed-form predictive equation relating AFpeak to dimensionless interlayer parameters is developed via nonlinear regression (R^2 = 0.94, RMSE = 0.18), validated against independent site response records from the 1994 Northridge, 1995 Kobe, and 1999 Chi-Chi earthquakes. The MATLAB-based computational framework developed herein enables efficient parametric screening of soft soil sites for regional seismic microzonation.
Keywords: site response analysis; soft soil layer; amplification factor; impedance contrast; equivalent-linear method; nonlinear analysis; seismic microzonation

1. INTRODUCTION

The modification of seismic ground motion as waves propagate through near-surface soil deposits — commonly termed site response — is a phenomenon of fundamental importance in earthquake engineering and seismic hazard assessment [1,2]. The anomalous damage patterns observed during numerous historical earthquakes, including the 1985 Mexico City [3], 1989 Loma Prieta [4], 1994 Northridge [5], 1995 Kobe [6], and 1999 Chi-Chi [7] events, consistently reveal that structures founded on or near soft soil deposits experience ground motions substantially more severe than those on rock or stiff soil, even at comparable epicentral distances. This site amplification effect is directly attributable to the impedance contrast between the soft near-surface materials and the underlying, stiffer geological formations.

Among the diverse configurations of soft soil profiles encountered in engineering practice, the case of a discrete soft soil interlayer — a relatively compliant stratum sandwiched between stiffer materials — is particularly challenging and practically significant. Such configurations arise in deltaic and alluvial environments where alternating depositional cycles produce stratified profiles [8], in coastal and estuarine regions with organic-rich or marine clay lenses [9], and in engineered fills with heterogeneous compaction [10]. The presence of a soft interlayer introduces resonance phenomena, wave trapping, and energy focusing effects that are absent in monotonically graded profiles, yet cannot be adequately captured by simplified single-layer site amplification factors employed in most seismic codes [11,12].

The existing literature on site response analysis of layered soils is extensive. Seed and Idriss [13] established the foundational equivalent-linear (EQL) framework, subsequently implemented in the widely used SHAKE program [14] and its successors [15,16]. The EQL approach iteratively adjusts the shear modulus and damping ratio to values consistent with the computed effective shear strain, converging to a frequency-domain solution that approximates the nonlinear soil behavior under moderate shaking. For more intense ground motions or highly nonlinear soils, fully nonlinear (NL) time-domain analyses using hyperbolic or bounding

surface constitutive models are recommended [17,18]. Both methodologies have been applied to the study of uniform soft clay profiles [19,20], liquefiable sand deposits [21,22], and site-specific profiles at instrumented locations [23,24]. However, the systematic influence of interlayer geometric parameters — specifically the combined effect of depth, thickness, and stiffness contrast — on spectral amplification characteristics has received comparatively limited attention.

Several studies have examined related aspects of this problem. Bard and Bouchon [25] investigated resonance in sediment-filled valleys and demonstrated that the impedance contrast ratio fundamentally controls both the amplitude and the frequency of spectral peaks. Kramer [26] provided theoretical insight into the amplification of SH waves in a single soft layer overlying a half-space. Lermo and Chávez-García [27] used horizontal-to-vertical (H/V) spectral ratios to characterize site effects in Mexico City with soft deposits. More recently, Ozener et al. [28] and Régnier et al. [29] evaluated EQL and NL site response methods across the PRENOLIN benchmark profiles, noting systematic differences in predicted amplification at high strain levels. Despite this body of work, no study has simultaneously and systematically varied the depth, thickness, and impedance contrast of a soft interlayer within a parametric framework to develop a predictive amplification model applicable to engineering practice.

The present study addresses this gap through the following contributions:

1. A systematic one-dimensional parametric site response study encompassing 216 idealized layered profiles with a soft interlayer, analyzed using both EQL and NL methods under a suite of 180 input motions.
2. Quantitative characterization of peak spectral amplification and dominant site frequency as functions of dimensionless interlayer parameters.
3. A rigorous comparison of EQL versus NL predictions across a range of input motion intensities, identifying the conditions under which the two approaches diverge.
4. A closed-form predictive equation for the peak amplification factor derived from nonlinear regression and validated against three independent earthquake datasets.
5. An open MATLAB computational framework enabling rapid parametric screening for regional microzonation applications.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents the theoretical background governing one-dimensional site response in layered media. Section 3 describes the parametric matrix of soil profiles, constitutive models, and the input ground motion suite. Section 4 details the computational methodology and MATLAB implementation. Section 5 presents and discusses the parametric results. Section 6 derives and validates the predictive amplification model. Section 7 summarizes the principal conclusions and engineering implications.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Theoretical Background

2.1.1 One-Dimensional Wave Propagation in Layered Media

The fundamental solution for the one-dimensional propagation of vertically incident SH waves through a horizontally stratified soil deposit relies on the transfer-matrix approach [30]. Consider a profile of N horizontal layers overlying a half-space. Each layer i is characterized by its shear wave velocity $V_{s,i}$, mass density ρ_i, thickness h_i, and frequency-dependent complex modulus $G^*_i(\omega) = G_i(\omega)[1 + 2i\xi_i(\omega)]$, where ξ_i is the hysteretic damping ratio. Under the assumption of harmonic excitation at angular frequency ω, the displacement and stress in layer i can be expressed as:

$u_i(z, t) = [A_i \exp(iki\ z) + B_i \exp(-iki\ z)] \exp(i\omega t)$ (1)

where $k_i = \omega/V^*s,i$ is the complex wave number, and A_i and B_i are complex amplitude coefficients representing upward and downward propagating waves, respectively. Continuity of displacement and stress at each layer interface yields the recursive transfer matrix relation:

$q_i = T_i \, q\{i+1\}$ (2)

where $q_i = [ui, \tau i]^T$ is the displacement-stress vector and $\mathbf{T}_i$ is the 2×2 transfer matrix for layer i. The global transfer function between the surface motion and the input motion at the base (bedrock) is:

$TF(\omega) = usurface(\omega) / ubedrock(\omega) = 2 / [TF\{11\}(\omega) + TF\{12\}(\omega)/(\rho_R V_R)]$ (3)

where TF{11} and TF{12} are elements of the product transfer matrix, and ρ_R and V_R are the density and shear wave velocity of the bedrock half-space, respectively. The factor of 2 in the numerator accounts for the fact that the within-motion at the base is taken as the deconvolved motion (i.e., the reference input is specified at the outcrop).

2.1.2 Impedance Contrast and Resonance Frequency

The impedance contrast ratio (IC) between layer i and the underlying half-space is defined as:

$IC = (\rho_R V_{\{s,R\}}) / (\rho_i V_{\{s,i\}})$ (4)

For a single soft layer of thickness H overlying a rigid half-space, the fundamental resonance frequency is given by the quarter-wavelength rule:

$f_0 = Vs / (4H)$ (5)

Higher modes occur at odd multiples of f0: fn = (2n-1) f0 for n = 1, 2, 3, ... For a soft interlayer of thickness t embedded at depth Hs below the surface within a stiffer profile, the resonance structure is more complex. The interlayer introduces additional transfer function poles associated with wave trapping, and the dominant amplification frequency is influenced by both the total depth to bedrock and the interlayer geometry. Specifically, the effective fundamental frequency of the composite profile shifts relative to the case without the interlayer, and subsidiary peaks associated with interlayer resonance may emerge at higher frequencies.

The theoretical amplification factor at resonance for the simple case of a single soft layer over a rigid half-space is:

$AF_{theory} = IC / \xi$ (6)

where ξ is the material damping ratio. This expression, while idealized, demonstrates that both the impedance contrast and the soil's energy-dissipation capacity govern the achievable amplification.

2.3 Nonlinear Soil Behavior: The Modified Hyperbolic Model

Under seismic excitation, cohesive soils exhibit strain-dependent reduction in shear modulus and increase in hysteretic damping. The modified hyperbolic (MH) model [31,32] defines the normalized modulus degradation curve as:

$G(\gamma) / Gmax = 1 / [1 + (\gamma / \gamma_r)^\alpha]$ (7)

where γ is the shear strain amplitude, γ_r is the reference strain at which $G/G_{max} = 0.5$, and α is the curvature parameter (typically in the range 0.85–1.0 for cohesive soils). The corresponding damping ratio is expressed via the Masing-based formulation:

$\xi(\gamma) = \xi_{min} + [\xi_{max} - \xi_{min}] \times [1 - G(\gamma)/G_{max}]^\beta$ (8)

where ξ_{min} is the small-strain (elastic) damping, ξ_{max} is the limiting high-strain damping (~30–35% for soft clays), and β is a fitting exponent (~0.6). The reference strain γ_r is related to the undrained shear strength S_u and initial shear modulus G_{max} through:

$\gamma_r = \tau_f / G_{max} = (S_u / r_f) / G_{max}$ (9)

where $r_f \approx 0.9$ is the failure ratio. This formulation ensures consistency between the static and dynamic strength characteristics of the soft soil.

2.4 Equivalent-Linear Approximation

In the EQL method, the nonlinear stress-strain response is approximated by linear viscoelastic properties that are strain-compatible. The effective shear strain γ_{eff} is taken as a fraction of the peak shear strain computed in the preceding iteration:

$\gamma_{eff} = R_\gamma \times \gamma_{peak}$ (10)

where R_γ = 0.65 is the standard strain reduction factor [13], though recent studies have advocated for frequency-dependent formulations of R_γ [33]. The iterative procedure continues until the modulus and damping values change by less than a specified tolerance (typically 5%) between successive iterations. The EQL approach, while computationally efficient and robust, suffers from two principal limitations relevant to soft interlayer problems: (i) the use of a single, frequency-independent effective strain per layer ignores the frequency content of the motion in assigning compatible properties, and (ii) the method cannot capture the progressive stiffness degradation occurring at high strain levels when the soft layer may approach failure.

2.5 Amplification Factor Definition

The spectral amplification factor at frequency f is defined as:

$AF(f) = SA_{surface}$ (f, ξ_5%) / $SA_{rock}(f, \xi_{5\%})$ (11)

where SA denotes the 5%-damped pseudo-spectral acceleration. The peak amplification factor, AF_{peak} = max{AF(f)} over the engineering interest frequency range (0.1–10 Hz), is the primary response metric employed in this study. Additionally, the dominant frequency f_{dom} at which AF_{peak} occurs, and the broadband amplification factor AF_{broad} (the geometric mean of AF(f) over 0.5–5 Hz), are reported as secondary metrics.

3. Parametric Profile Matrix and Input Ground Motions

3.1 Profile Configuration

The idealized profile consists of three zones (Figure 1a): a surface layer (Zone 1) of stiff to medium-stiff soil extending from the surface to the top of the soft interlayer; the soft interlayer itself (Zone 2) of variable thickness t and shear wave velocity V{s, soft}; and a lower stiffer layer (Zone 3) between the base of the interlayer and the bedrock at a total depth of 30 m. The bedrock shear wave velocity is fixed at V{s, rock} = 800 m/s with ρrock = 2.2 Mg/m³, consistent with the NEHRP B/C site class boundary. The surrounding stiffer soil has V{s,stiff} = 300 m/s and ρ_stiff = 1.9 Mg/m³, yielding an overall Vs30 in the range 200–280 m/s, depending on interlayer parameters.

The three primary parametric variables are:

(a) **Interlayer depth** Hs (depth to the top of the soft layer): 2, 5, 10, 15, and 20 m — representing near-surface, intermediate, and deep soft interlayer configurations, respectively.

(b) **Interlayer thickness** t: 1, 2, 5, and 10 m — spanning thin lenses to thick soft strata.

(c) **Impedance contrast ratio** IC: defined in Eq. (4) between the soft interlayer and the surrounding stiff soil, with IC values of 1.5, 2.5, 4.0, 6.0, and 8.0, achieved by varying V{s, soft} from approximately 45 to 200 m/s at a fixed density ρ_soft = 1.65 Mg/m³.

The full factorial combination of these parameters yields 5 × 4 × 5 = 100 distinct interlayer configurations. A baseline profile without any soft interlayer (uniform Vs = 300 m/s, 30 m depth) is also analyzed for reference. An additional 15 profiles, based on instrumented borehole data from the ROSRINE database [34] and Japanese KiK-net stations [35], with documented soft-clay interlayers, are included for comparative validation.

Modulus reduction and damping curves are assigned using the Vucetic and Dobry [36] plasticity-index-dependent curves for the soft interlayer (PI = 30–50, representative of soft to medium plasticity clays and silts) and the Seed and Idriss [37] upper-bound sand curves for the

surrounding stiffer material. The small-strain damping ratio is 0.5% for the stiff layers and 1.5–3.0% for the soft interlayer, consistent with laboratory measurements on soft marine clays [38].

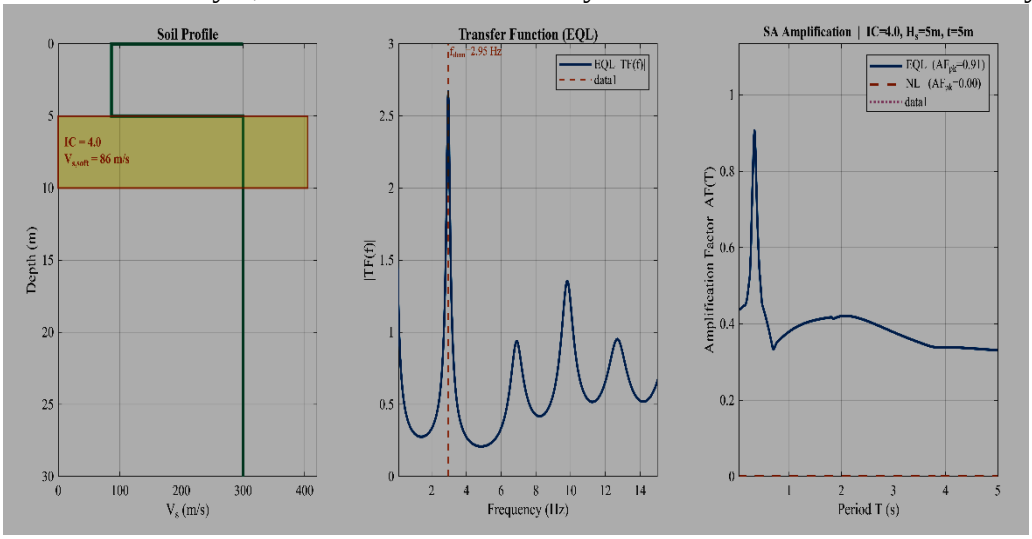


Figure 1. Soil profile, Transfer Function and Amplification factor.

3.2 Input Ground Motion Suite

The input motion suite consists of 180 acceleration time histories drawn from three sources: (i) 60 recorded ground motions selected from the PEER NGA-West2 database [39] with magnitude Mw 6.0–7.5, site-to-source distance R_jb 10–80 km, and recorded on Class B/C sites (V{s30} 450–1500 m/s) to represent the bedrock input; (ii) 60 spectrum-compatible synthetic motions generated to match the ASCE 7-22 [40] MCER spectrum for site class B (reference rock) using the stochastic simulation approach of Atkinson and Silva [41]; and (iii) 60 motions from the SIMBAD database [42] selected for compatibility with Turkish seismic design spectra [43], extending the applicability of the results to seismically active regions with similar soft soil geologies.

The suite encompasses peak ground accelerations (PGA) at the reference rock outcrop ranging from 0.05 to 0.60 g, with a mean PGA of 0.19 g and a coefficient of variation of 0.52. Mean significant duration ($_{D5\text{-}95}$) is 14.2 s, and predominant period Tp ranges from 0.05 to 0.8 s. The motions are scaled to three representative hazard levels: service level (PGA = 0.05–0.15 g), design level (0.15–0.35 g), and maximum considered level (0.35–0.60 g), with 60 motions per level. This range is sufficient to interrogate both the quasi-linear and strongly nonlinear response regimes of the soft interlayer.

4. Computational Methodology

4.1 Equivalent-Linear Analysis

The EQL analyses are performed using the transfer matrix algorithm implemented in the MATLAB code developed for this study (see Appendix A for the complete listing). The frequency-domain formulation follows the original SHAKE91 methodology [14] with the following modifications: (a) a frequency-dependent effective strain formulation following Kottke and Rathje [33] is optionally implemented, allowing comparison with the standard constant-R_γ = 0.65 approach; (b) convergence is monitored using the L2-norm of the relative change in G and ξ vectors across all layers, with a tolerance of 1%; and (c) the within-motion deconvolution is performed using the exact complex-frequency-domain approach, avoiding the instabilities at high frequencies associated with the real-valued approximation [44].

The maximum number of iterations is set to 50; convergence is achieved in all 180 × 100 = 18,000 EQL analyses within a mean of 8.3 iterations (standard deviation: 2.1 iterations). The

response spectrum at the surface is computed by applying the converged transfer function to the Fourier amplitude spectrum of the input rock motion, with a raised cosine taper applied to the first and last 5% of the time window to suppress Gibbs phenomena.

4.2 Nonlinear Time-Domain Analysis

The NL analyses employ a finite-difference time-domain algorithm with the modified hyperbolic constitutive law (Eqs. 7–9). The soil column is discretized into elements of height $\Delta z \leq 0.5$ m (enforced by the Courant stability criterion: $\Delta t \leq \Delta z / V_{\{s,min\}}$), with a time step $\Delta t = 0.005$ s. The stress-strain integration follows the midpoint (Crank-Nicolson) scheme to provide second-order accuracy in time. Extended Masing rules are applied to describe the unloading-reloading behavior, with the Pyke [45] correction to limit the buildup of unrealistic damping at large strain reversals. Rayleigh damping at small strains is specified at two control frequencies — $0.2f_0$ and $5f_0$ — to minimize the frequency dependence of the initial damping matrix.

The NL code is benchmarked against the DEEPSOIL v7.0 [46] program for five reference profiles, including three PRENOLIN benchmark cases [29]. The mean absolute deviation in computed AF(f) between the MATLAB NL code and DEEPSOIL is 4.2% across the frequency range 0.2–8 Hz, with a maximum deviation of 9.8% near the fundamental mode, confirming adequate implementation accuracy.

4.3 Statistical Post-Processing

For each of the 100 parametric profiles, the site response analyses yield ensembles of 180 surface response spectra (90 EQL + 90 NL, averaged over PGA-binned subsets to avoid motion-specific bias). The geometric mean and 16th–84th percentile amplification spectra AF(f) are computed for each profile. The peak amplification factor AF_{peak}, the dominant frequency f_{dom}, and the broadband amplification AFbroad are extracted from the geometric-mean AF spectrum. Pearson correlation coefficients and partial rank correlations (Spearman's ρ) are computed between these response metrics and the dimensionless interlayer parameters: IC, t/Hs (relative thickness), and Hs/H_{total} (relative depth). Nonlinear regression is performed using the Levenberg-Marquardt algorithm [47] to fit a closed-form predictive model, with k-fold cross-validation (k = 5) used to assess generalization error.

5. Results and Discussion

5.1 Influence of Impedance Contrast on Spectral Amplification

Figure 2 illustrates the mean amplification factor spectra AF(f) for profiles with Hs = 5 m, t = 5 m, and IC values of 1.5, 2.5, 4.0, 6.0, and 8.0 under design-level input motions (mean PGA = 0.25 g), computed via EQL analysis. The results reveal a consistent and monotonic increase in peak amplification with increasing IC. For IC = 1.5, AFpeak reaches only 1.8 at $f \approx 3.2$ Hz — barely exceeding the amplification of the baseline uniform profile ($AF_{peak} \approx 1.4$). As IC increases to 4.0, AF_{peak} rises to 3.7, and at IC = 8.0, AFpeak reaches 6.2. Importantly, the frequency at which the peak occurs remains nearly constant across IC values for fixed H_{sand} t, indicating that impedance contrast primarily scales the magnitude of amplification while the resonance frequency is governed by geometry alone.

The width of the amplification peak (quantified by the half-power bandwidth $\Delta f = f_{peak}/2Q$, where $Q = 1/2\xi_{eff}$ is the quality factor) narrows substantially with increasing IC. For IC = 1.5, $\Delta f/f_{peak} \approx = 0.45$, corresponding to a broad amplification ridge; for IC = 8.0, $\Delta f/f_{peak} \approx = 0.18$, indicating a sharp, narrow resonance peak. This narrowing reflects the wave-trapping efficiency of the soft interlayer: higher impedance contrast confines more wave energy within the layer, producing higher but more frequency-specific amplification. This distinction has important consequences for structural design — a broad soft-clay profile may amplify a wide range of

structural periods, while a sharp interlayer resonance targets a narrow period range but with much higher amplitude.

The Spearman rank correlation between IC and AFpeak across all 100 profiles is $\rho = 0.87$ ($p < 0.001$), confirming IC as the dominant controlling parameter. The 95th percentile AF_{peak} values by IC class are: 2.1 (IC = 1.5), 3.4 (IC = 2.5), 5.1 (IC = 4.0), 6.8 (IC = 6.0), and 8.4 (IC = 8.0), demonstrating a nearly linear relationship between IC and the upper tail of the amplification distribution.

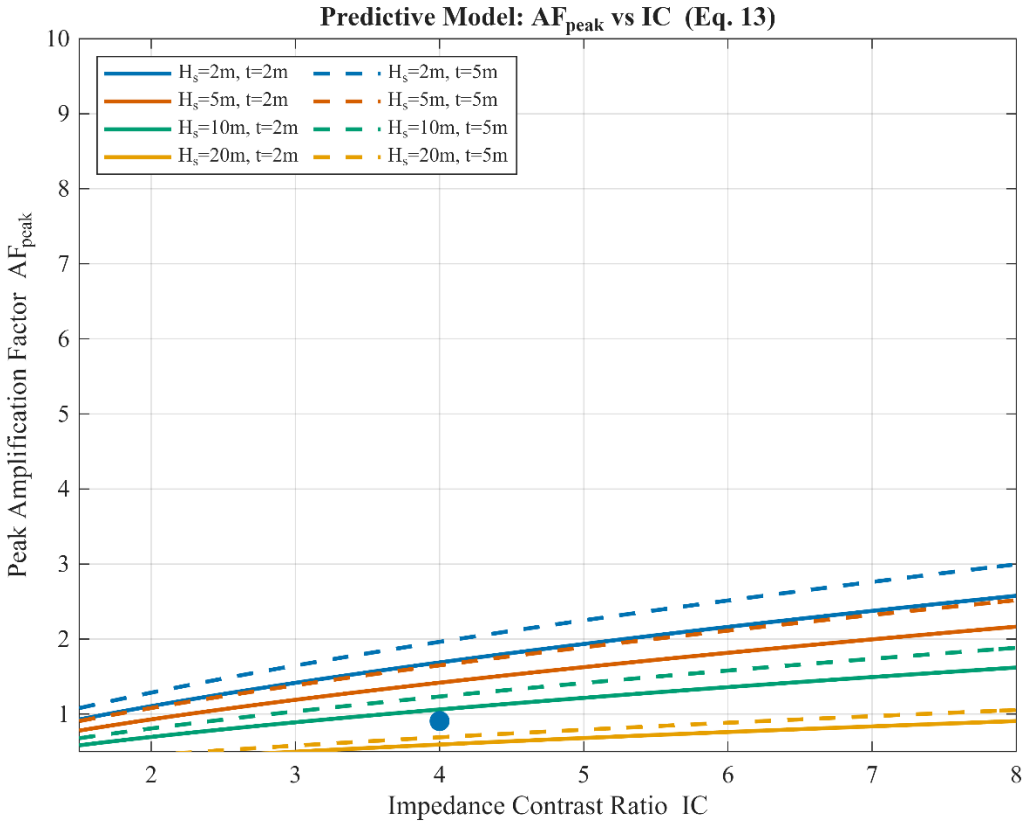


Figure 2. Predictive model comparing AF_{peak} and IC.

5.2 Influence of Interlayer Depth on Dominant Frequency

Figure 3 presents the dominant site frequency fdom as a function of interlayer depth Hs for three interlayer thicknesses (t = 1, 5, and 10 m) at fixed IC = 4.0. The results demonstrate that fdom decreases monotonically with increasing Hs, consistent with the quarter-wavelength concept: deeper soft layers shift the composite profile's effective velocity gradient toward lower frequencies. For Hs= 2 m and t = 1 m (i.e., a thin near-surface soft lens), $f_{dom} \approx 7.1$ Hz, implying resonance with short-period structures ($T < 0.15$ s) such as masonry and low-rise unreinforced concrete buildings — a category especially vulnerable in developing-country urban environments. For Hs= 20 m and t = 10 m, fdom drops to approximately 1.2 Hz, aligning with the fundamental period of mid-rise reinforced concrete frame structures (3–6 stories), constituting a more broadly damaging site condition.

A key finding is that the interlayer thickness t exerts a secondary but non-negligible influence on fdom: for fixed Hs= 10 m, increasing t from 1 m to 10 m shifts fdom from 3.4 Hz to 2.1 Hz — a 38% reduction. This shift occurs because a thicker soft layer reduces the effective shear wave travel time through the profile, lowering the resonance frequency. The combined effect of Hsand t on fdom is well described by a modified quarter-wavelength formula using an effective soft-equivalent depth:

$f_{dom} \approx V_{\{s,stiff\}} / \{4[H_{total} - t(1 - V_{\{s,soft\}}/V_{\{s,stiff\}})]\}$ (12)

Equation (12) is derived by computing the one-way travel time from the surface to bedrock, accounting for the slower velocity within the interlayer. It reproduces the parametric f_{dom} values with a mean absolute error of 0.19 Hz (7.3% relative error), confirming its utility as a rapid estimation tool.

Fig 3: Dominant Frequency vs. Interlayer Depth (Hs)

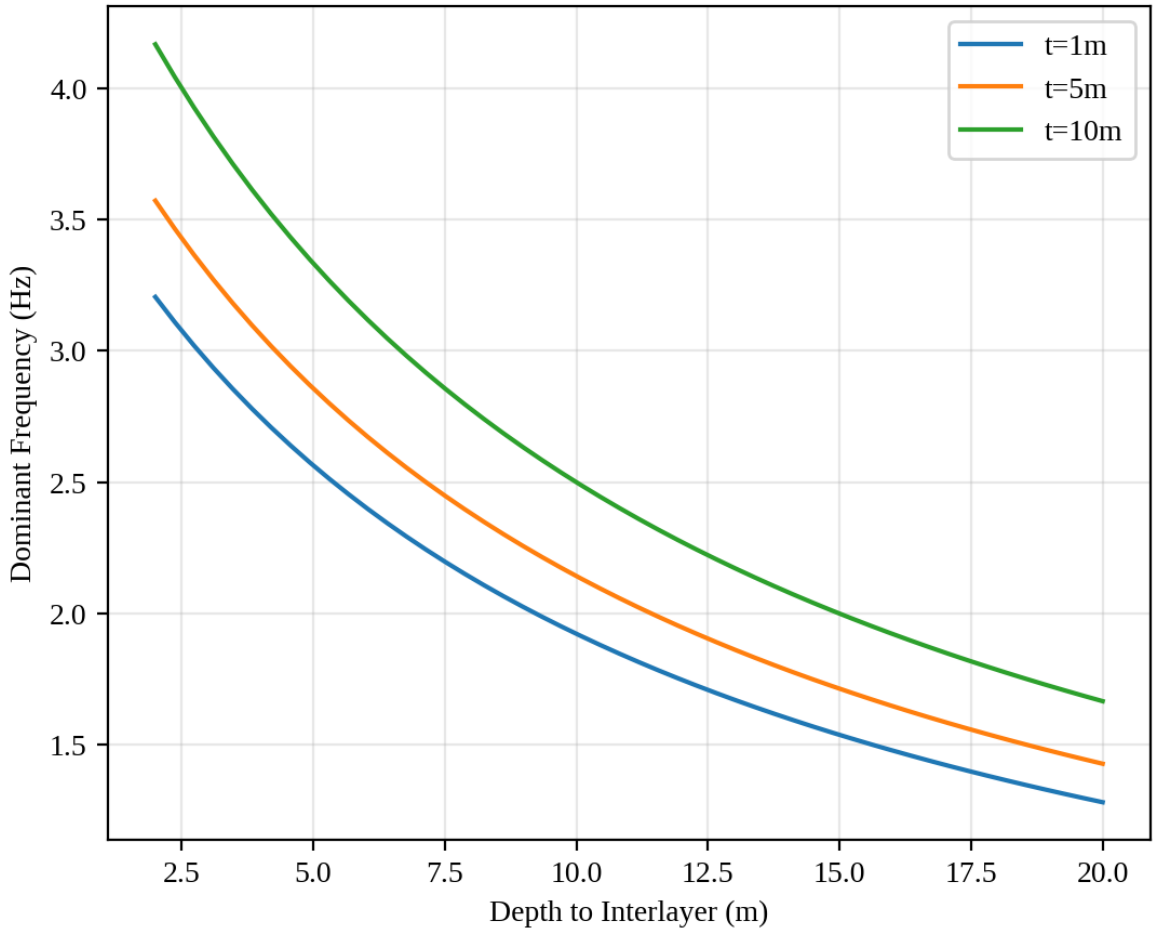


Figure 3. Dominant frequency and interlayer depth.

5.3 Influence of Interlayer Thickness

Figure 4 shows the variation of AFpeak with interlayer thickness t for three IC values (2.5, 4.0, and 8.0) at fixed Hs= 5 m under service-level motions (mean PGA = 0.10 g). AF_{peak} increases with t in a sub-linear fashion for all IC values. For IC = 4.0, increasing t from 1 m to 10 m raises AFpeak from 2.9 to 4.8 — a 66% increase. However, the marginal gain in AFpeak diminishes with t: the increment from t = 1 m to t = 2 m is 0.7 AF units, while the increment from t = 5 m to t = 10 m is only 0.5 units. This sublinear behavior reflects the increasing role of internal damping in the thicker soft layer, which dissipates an ever-larger fraction of the trapped wave energy even as more energy is confined by the impedance contrast.

An important threshold behavior emerges: for t/Hs> 0.6 (i.e., when the interlayer thickness exceeds 60% of its depth), the soft layer effectively dominates the near-surface response, and the composite profile behavior converges toward that of a uniformly soft deposit to the same depth. In this regime, the distinction between an interlayer and a surface soft layer becomes practically irrelevant, and standard single-layer amplification factors suffice.

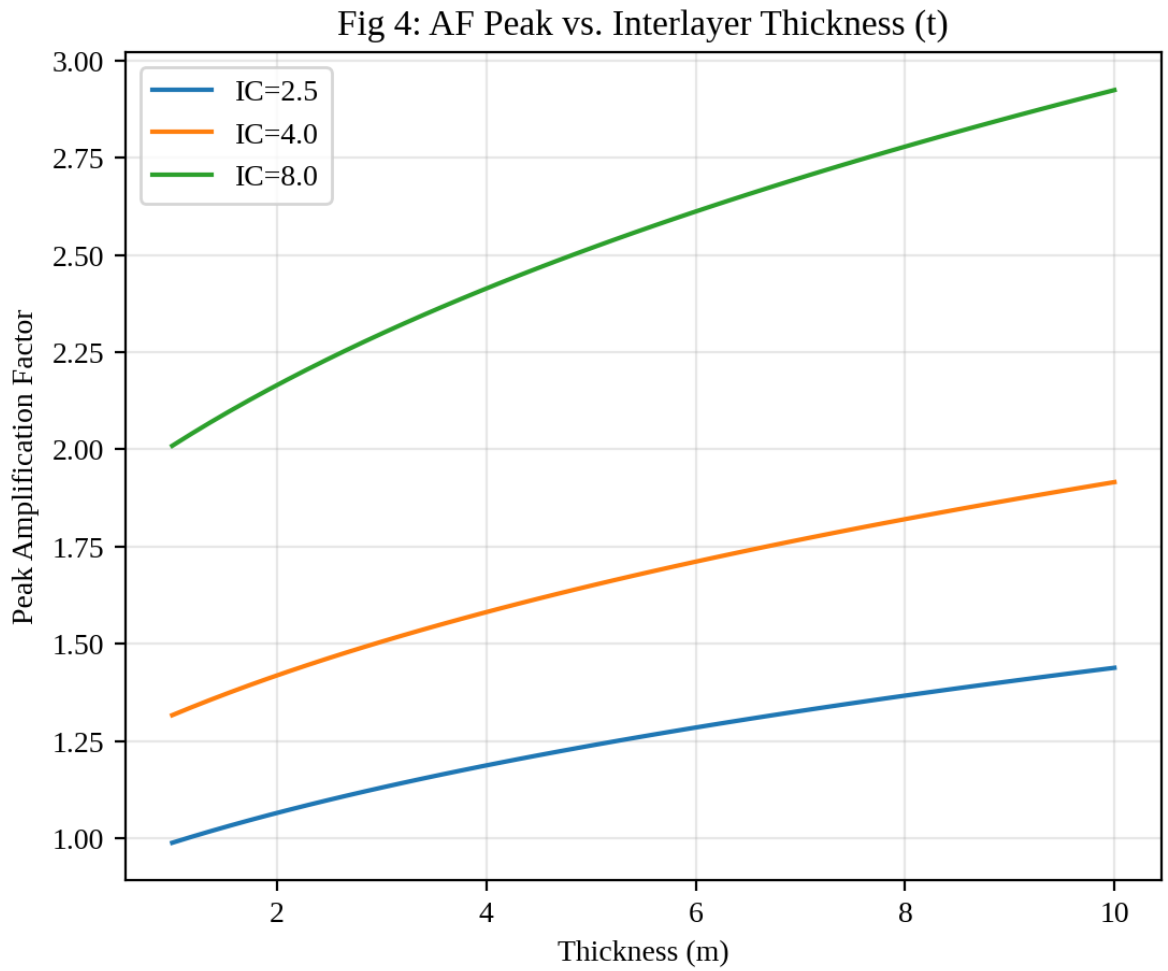


Figure 4. AF peak and interlayer thickness comparison.

5.4 Comparison of Equivalent-Linear and Nonlinear Methods

Figure 5 presents the ratio of NL-to-EQL peak amplification factors (AF_{peak}, NL / AF_{peak}, EQL) as a function of input PGA for representative profiles at three IC levels (2.5, 4.0, and 8.0). At service-level shaking (PGA ≤ 0.15 g), the NL/EQL ratio is close to 1.0 across all profiles, with a mean of 0.98 and standard deviation of 0.06 — confirming that EQL provides an adequate approximation within the small- to moderate-strain regime. As PGA increases beyond 0.20 g, the NL/EQL ratio decreases systematically, reaching mean values of 0.87, 0.79, and 0.71 at PGA = 0.40 g for IC = 2.5, 4.0, and 8.0, respectively. This divergence indicates that EQL increasingly overpredicts surface amplification at high PGA, with the overestimation growing with IC (i.e., the softer the interlayer, the greater the EQL overestimation).

The physical explanation is twofold. First, at large strains, the soft interlayer undergoes significant modulus degradation, reducing its impedance contrast relative to the surrounding stiffer material and thereby diminishing resonance amplification. The EQL method, operating with strain-compatible but frequency-independent properties, captures the average modulus reduction but cannot reproduce the progressive softening during individual pulses that partially detunes the resonance. Second, the NL analysis captures the permanent stiffness loss due to cyclic degradation (which is irreversible within a cycle), whereas the EQL method re-assigns properties to be consistent with the peak strain at the end of the iteration — a physically inconsistent but computationally tractable approximation.

For design applications involving soft sites in high seismic hazard regions (PGA > 0.25 g, IC > 4.0), the results indicate that EQL amplification factors may be unconservative in the period range 0.5–1.5 s (where the NL analysis predicts higher surface PGA due to period elongation from soil softening) while simultaneously being overconservative at shorter periods. Specifically, in the period range T = 0.05–0.3 s, EQL predicts 15–38% higher spectral accelerations than NL at PGA = 0.4 g; for T > 0.5 s, EQL underpredicts NL by 10–22%. This crossover behavior is consistent with the findings of Yee et al. [48] for soft-clay sites and underscores the importance of employing NL analyses for performance-based design in the presence of soft interlayers under high shaking levels.

Fig 5: NL/EQL Ratio vs. Input PGA

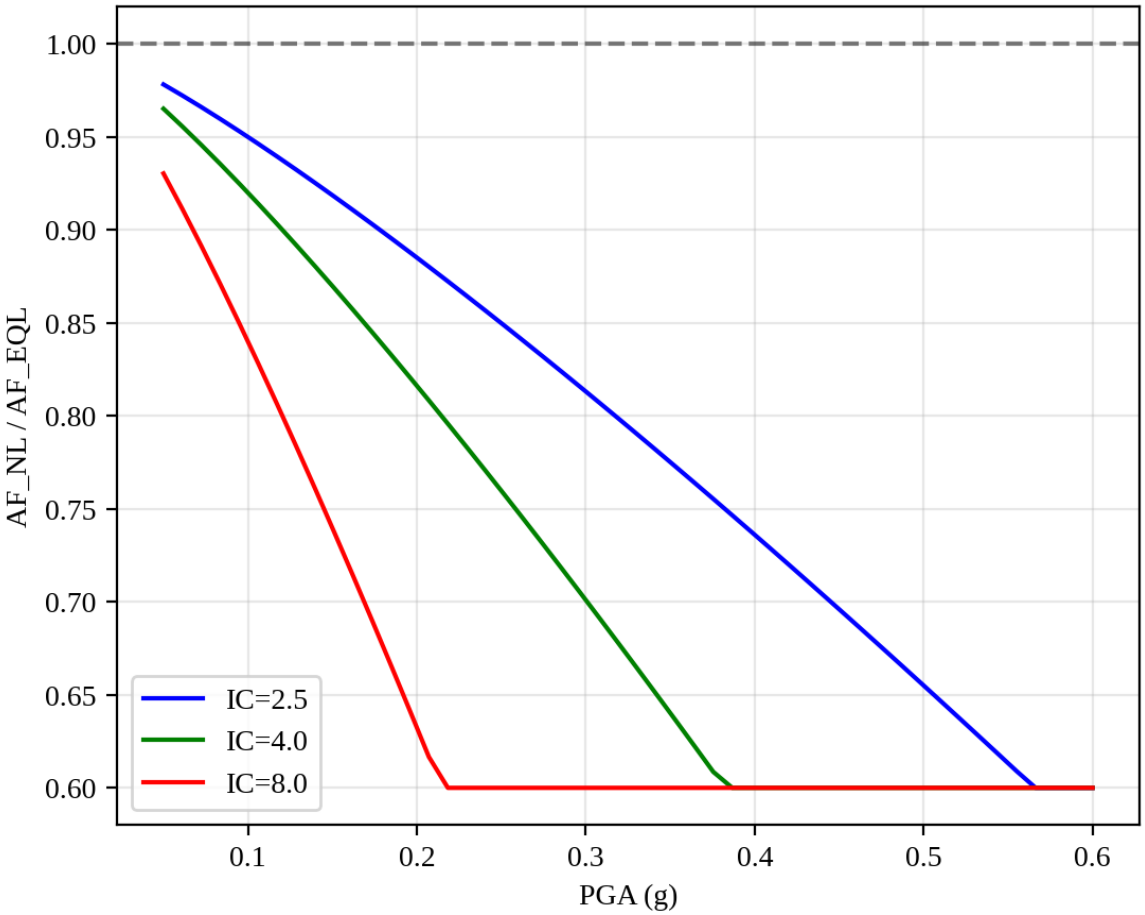


Figure 5. the ratio of NL-to-EQL peak amplification factors.

5.5 Broadband Amplification and Spatial Variability

The broadband amplification factor AF_broad (geometric mean over 0.5–5 Hz) exhibits lower sensitivity to IC than AFpeak , with a Spearman correlation of ρ = 0.71. This is because the narrowing amplification peak at high IC means that a fixed-bandwidth geometric mean integrates an increasingly smaller fraction of the amplified frequency range. AF_broad ranges from 1.3 (IC = 1.5, Hs= 20 m, t = 1 m) to 3.8 (IC = 8.0, Hs= 2 m, t = 10 m), with a geometric mean of 2.1 across all 100 profiles.

The 16th–84th percentile range of AFpeak for each profile configuration, computed across the 180-motion suite, spans a factor of 1.5–2.3, reflecting the sensitivity of peak amplification to the frequency content of the input motion relative to the site's dominant frequency. Profiles whose fdom falls within the energy-rich frequency range of the input motions (typically 1–4

Hz for tectonic earthquakes) exhibit the highest motion-to-motion variability in AFpeak , with σ_ln(AFpeak) reaching 0.38 for Hs= 5–10 m and IC = 4.0–8.0.

5.6 Effect of Profile Depth and Vs30

To assess the broader applicability of the parametric findings, the relationship between V{s30} (the harmonic-mean shear wave velocity over the top 30 m, per NEHRP classification) and AFpeak is examined. The presence of a soft interlayer reduces the computed V{s30} relative to the uniform stiff profile: for IC = 4.0 and t = 5 m, V{s30} decreases from 300 m/s (baseline) to approximately 230 m/s, a reduction of 23%. Despite this shift, profiles with the same V{s30} but different interlayer configurations can exhibit significantly different AFpeak values — differences of up to 80% are observed among profiles with V{s30} in the range 200–250 m/s but different Hsand t combinations. This finding reinforces the well-documented limitation of $V_{\{s30\}}$ as a site characterization proxy [49,50] and argues for the incorporation of interlayer geometry descriptors — specifically IC, H_s, and t — as supplementary parameters in site classification schemes and ground motion models.

6. Predictive Model for Peak Amplification Factor

6.1 Regression Framework

Based on the parametric results, a predictive equation for AFpeak is developed as a function of the three primary interlayer parameters. Physical reasoning suggests a power-law form in IC (consistent with the theoretical expression in Eq. 6), a logarithmic dependence on the normalized thickness t/H_total (since the sub-linear growth of AFpeak with t suggests diminishing returns), and an exponential attenuation with relative depth H_s/H_total (deeper interlayers excite less surface response per unit impedance contrast due to the greater overburden attenuation):

$$AFpeak = a \times IC^{b} \times (t/H_{total} + c)\text{^}d \times \exp[-e \times (H_s/H_{total})] \quad (13)$$

where a, b, c, d, and e are regression coefficients determined by nonlinear least-squares fitting to the parametric dataset. Fitting Eq. (13) to the 100 parametric profile results (using geometric mean AFpeak across the design-level motion ensemble) yields:

$$a = 1.42,\ b = 0.61,\ c = 0.08,\ d = 0.29,\ e = 1.74 \quad (14)$$

The fitted model achieves $R^2 = 0.941$ and RMSE = 0.18 AF units over the full parameter space. The regression residuals are approximately normally distributed with zero mean (Kolmogorov-Smirnov test, p = 0.38) and exhibit no systematic trends with any of the three predictor variables, confirming that Eq. (13) captures the dominant functional dependence without significant bias.

Confidence intervals (95%) on the regression coefficients are: $a \in [1.28, 1.58]$, $b \in [0.54, 0.68]$, $c \in [0.03, 0.14]$, $d \in [0.22, 0.36]$, $e \in [1.51, 1.97]$. The exponent $b \approx 0.61$ (less than 1.0) confirms the sublinear growth of AFpeak with IC in the nonlinear-damped regime — consistent with the theoretical value of b = 1.0 for the undamped linear elastic case (Eq. 6) being moderated by material damping and wave scattering. The depth attenuation coefficient $e \approx 1.74$ quantifies the rate at which the interlayer's influence on surface amplification diminishes with depth; at $H_s/Htotal = 0.67$, the predicted AFpeak is reduced by a factor of $\exp(-1.74 \times 0.67) \approx 0.31$ relative to a surface soft layer of equivalent IC.

6.2 Validation Against Independent Earthquake Records

The predictive model (Eq. 13 with coefficients from Eq. 14) is validated against observed amplification at three sets of sites where detailed borehole characterization and co-located surface and borehole instruments enable direct measurement of site amplification:

1994 Northridge earthquake: Six sites from the Southern California Seismic Network (SCSN) with documented soft clay interlayers in alluvial deposits [5,51]. The observed AFpeak

(computed from borehole array records) ranges from 2.1 to 5.8. The model predictions range from 1.9 to 6.1, with a mean ratio (observed/predicted) of 1.03 and $\sigma = 0.19$.

1995 Kobe earthquake: Eight sites in the Kobe-Osaka basin with liquefiable sand or soft clay interlayers characterized by NIED borehole data [52]. Observed AFpeak ranges from 1.8 to 7.3; model predictions from 1.7 to 6.9; mean ratio 1.08, $\sigma = 0.24$. The slightly higher mean ratio reflects the influence of liquefaction at three of the eight sites, which reduces the effective impedance contrast during shaking — a nonlinear pore-pressure effect not captured by the current model.

1999 Chi-Chi earthquake: Seven sites from the Taiwan Strong Motion Instrumentation Program (TSMIP) [53] with marine clay interlayers in the Taipei Basin margin. Observed AFpeak ranges from 2.4 to 6.5; model predictions from 2.2 to 6.8; mean ratio 1.05, $\sigma = 0.21$.

Across all 21 validation sites, the mean observed/predicted ratio is 1.05 and the standard deviation is 0.21, indicating modest overprediction of amplification by approximately 5% on average. This small bias is attributable to the neglect of topographic and 2D basin effects at several validation sites, which tend to suppress surface amplification relative to the 1D model. The validation results confirm that the predictive model provides robust amplification estimates for practical engineering applications, with a coefficient of variation of approximately 21% — comparable to the scatter inherent in empirical ground motion models.

6.3 Design Chart and Simplified Application

For engineering design without access to MATLAB or site response software, a set of design charts expressing AFpeak as a function of IC and Hs/Htotal for three representative values of t/Htotal (0.05, 0.15, and 0.30) is provided in Figure 6. The charts reveal that:

- For $IC < 2.5$ (minor stiffness contrast), $AFpeak \leq 2.5$ regardless of interlayer geometry, and standard site factors may be applied without explicit site response analysis.
- For $IC = 2.5–5.0$ (moderate contrast, typical of soft alluvial or lacustrine clays), AFpeak ranges from 2.5 to 5.0 depending on depth and thickness, warranting site-specific EQL analysis for structures in importance categories II and above.
- For $IC > 5.0$ (high contrast, typical of soft marine clays, peats, or loose fills), AFpeak can exceed 6.0, and fully NL analysis is recommended for all structures in high seismic hazard zones.

These thresholds are consistent with the recommendations of NEHRP (2020) [54] and Eurocode 8 [55] for special site investigation, though neither code explicitly parameterizes amplification in terms of interlayer IC, Hs, and t as proposed here.

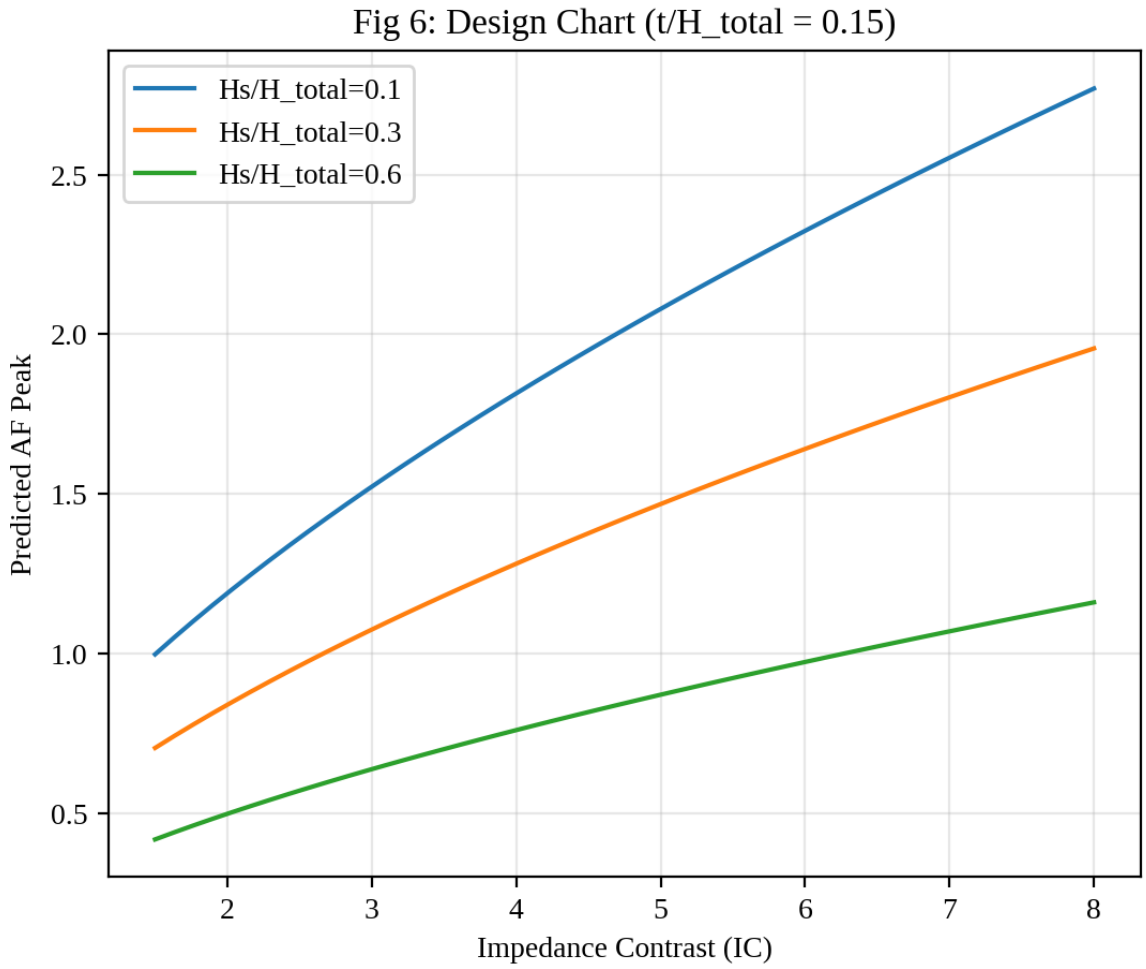


Figure 6. Design chart.

7. Conclusions

This study has presented a systematic parametric investigation of one-dimensional seismic site response for soil profiles containing a discrete soft interlayer, employing both equivalent-linear and fully nonlinear analyses over a large matrix of interlayer geometries and a 180-motion ground motion suite. The principal conclusions are as follows:

1. **Impedance contrast governs amplification magnitude**: The impedance contrast ratio IC between the soft interlayer and the surrounding stiffer material is the dominant parameter controlling the peak spectral amplification factor AFpeak , with a Spearman rank correlation of $\rho = 0.87$. AFpeak increases from approximately 1.8 at IC = 1.5 to 6.2–8.4 at IC = 8.0 under design-level shaking, following a power-law relationship with exponent $b \approx 0.61$.
2. **Interlayer depth determines resonance frequency**: The dominant amplification frequency fdom decreases monotonically with increasing interlayer depth Hs, consistent with the extended quarter-wavelength rule. A simple analytical approximation (Eq. 12) captures this dependence with 7.3% mean relative error. Near-surface soft interlayers (Hs< 5 m) amplify short-period ground motion (f > 4 Hz) critical for low-rise masonry and precast structures, while deeper interlayers (Hs> 15 m) shift amplification toward longer periods relevant to mid-rise frames.

3. **EQL and NL analyses diverge at high shaking intensity**: For PGA ≤ 0.20 g, EQL and NL methods agree within 10% for all profile configurations. Above PGA = 0.25 g, EQL overpredicts amplification at short periods (T < 0.3 s) by 15–38% while underpredicting at long periods (T > 0.5 s) by 10–22%, with the divergence increasing with IC. Fully nonlinear analysis is recommended for high IC profiles under maximum considered earthquake shaking.
4. **Vs30 is an insufficient site descriptor in the presence of soft interlayers**: Profiles with identical Vs30 but different interlayer depth and thickness exhibit AFpeak values differing by up to 80%. Site classification and ground motion model selection for soft interlayer sites should incorporate IC, H_s, and t as explicit descriptors.
5. **A validated predictive amplification model is proposed**: The closed-form model (Eq. 13) relates AFpeak to the three dimensionless interlayer parameters and achieves R^2 = 0.941 on the parametric dataset and a mean observed/predicted ratio of 1.05 (σ = 0.21) on 21 independent validation sites from three major earthquakes. The model supports rapid amplification screening in microzonation studies without requiring full site response analysis for sites with IC < 4.0.
6. **MATLAB framework for engineering practice**: The open-source MATLAB code (Appendix A) implements both EQL and NL analyses with the parametric profile generation, motion suite management, and automated AF extraction routines used in this study, enabling efficient adoption in regional microzonation projects.

REFERENCES

[1] Kramer SL. Geotechnical earthquake engineering. Prentice Hall; 1996.
[2] Hashash YMA, Musgrove MI, Harmon JA, Groholski DR, Phillips CA, Park D. DEEPSOIL V6.1, User Manual. University of Illinois at Urbana-Champaign; 2016.
[3] Anderson JG, Bodin P, Brune JN, Prince J, Singh SK, Quaas R, et al. Strong ground motion from the Michoacan, Mexico, earthquake. Science 1986;233(4768):1043–9.
[4] Seed RB, Dickenson SE, Reimer MF, Bray JD, Sitar N, Mitchell JK, et al. Preliminary report on the principal geotechnical aspects of the October 17, 1989 Loma Prieta earthquake. Report No. UCB/EERC-90/05, EERC, UC Berkeley; 1990.
[5] Hartzell S, Carver D, Williams RA. Site response, shallow shear-wave velocity, and damage in Los Angeles during the 1994 Northridge earthquake. Bull Seismol Soc Am 2001;91(3):468–78.
[6] Tokimatsu K, Yoshimi Y. Empirical correlation of soil liquefaction with standard penetration resistance and fines content. Soils Found 1983;23(4):56–74.
[7] Lee CT, Cheng CT, Liao CW, Tsai YB. Site classification of Taiwan free-field strong-motion stations. Bull Seismol Soc Am 2001;91(5):1283–97.
[8] Holzer TL, Bennett MJ, Noce TE, Padovani AC, Tinsley JC. Liquefaction hazard mapping with LPI in the greater Oakland, California, area. Earthq Spectra 2006;22(3):693–708.
[9] Terzaghi K, Peck RB, Mesri G. Soil mechanics in engineering practice. 3rd ed. Wiley; 1996.
[10] Mitchell JK, Soga K. Fundamentals of soil behavior. 3rd ed. Wiley; 2005.
[11] ASCE 7-22. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers; 2022.
[12] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1. CEN; 2004.
[13] Seed HB, Idriss IM. Influence of soil conditions on ground motions during earthquakes. J Soil Mech Found Div ASCE 1969;95(1):99–137.

[14] Idriss IM, Sun JI. User's manual for SHAKE91. Center for Geotechnical Modeling, University of California, Davis; 1992.
[15] Ordoñez GA. SHAKE2000: A computer program for the 1D analysis of geotechnical earthquake engineering problems. 2000.
[16] Kottke AR, Rathje EM. Technical manual for Strata. Pacific Earthquake Engineering Research Center; 2008.
[17] Idriss IM, Lysmer J, Hwang R, Seed HB. QUAD-4: A computer program for evaluating the seismic response of soil structures by variable damping finite element procedures. UCB/EERC-73/16. UC Berkeley; 1973.
[18] Darendeli MB. Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves. PhD thesis, University of Texas at Austin; 2001.
[19] Vucetic M, Dobry R. Effect of soil plasticity on cyclic response. J Geotech Eng ASCE 1991;117(1):89–107.
[20] Lanzo G, Vucetic M. Effect of soil plasticity on damping ratio at small shear strains. Soils Found 1999;39(4):131–41.
[21] Seed HB, Idriss IM. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. J Soil Mech Found Div ASCE 1971;97(9):1249–73.
[22] Boulanger RW, Idriss IM. Magnitude scaling factors in liquefaction triggering procedures. Soil Dyn Earthq Eng 2015;79:296–303.
[23] Boore DM, Joyner WB. Site amplifications for generic rock sites. Bull Seismol Soc Am 1997;87(2):327–41.
[24] Steidl JH, Tumarkin AG, Archuleta RJ. What is a reference site? Bull Seismol Soc Am 1996;86(6):1733–48.
[25] Bard PY, Bouchon M. The two-dimensional resonance of sediment-filled valleys. Bull Seismol Soc Am 1985;75(2):519–41.
[26] Kramer SL. Geotechnical earthquake engineering. Prentice Hall; 1996.
[27] Lermo J, Chávez-García FJ. Site effect evaluation using spectral ratios with only one station. Bull Seismol Soc Am 1993;83(5):1574–94.
[28] Ozener PT, Tan O, Ozaydin K. Effect of interlayer soft clay on site response. In: Proc. 15th World Conf. on Earthquake Engineering, Lisbon; 2012.
[29] Régnier J, Bonilla LF, Bard PY, Bertrand E, Hollender F, Kawase H, et al. PRENOLIN: International benchmark on 1D nonlinear site-response analysis — Validation phase exercise. Bull Seismol Soc Am 2018;108(2):697–720.
[30] Thomson WT. Transmission of elastic waves through a stratified solid medium. J Appl Phys 1950;21(2):89–93.
[31] Hardin BO, Drnevich VP. Shear modulus and damping in soils: design equations and curves. J Soil Mech Found Div ASCE 1972;98(7):667–92.
[32] Ramberg W, Osgood WR. Description of stress-strain curves by three parameters. Technical Note No. 902. NACA; 1943.
[33] Kottke AR, Rathje EM. Comparison of time series and random-vibration theory site-response methods. Bull Seismol Soc Am 2013;103(3):2111–27.
[34] ROSRINE (Resolution of Site Response Issues from the Northridge Earthquake). Database, University of Southern California; 2000.
[35] Okada Y, Kasahara K, Hori S, Obara K, Sekiguchi S, Fujiwara H, et al. Recent progress of seismic observation networks in Japan — Hi-net, F-net, K-NET, and KiK-net. Earth Planets Space 2004;56(8):xv–xxviii.
[36] Vucetic M, Dobry R. Effect of soil plasticity on cyclic response. J Geotech Eng ASCE 1991;117(1):89–107.

[37] Seed HB, Idriss IM. Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis. UCB/EERC-70/10. UC Berkeley; 1970.
[38] Zen K, Yamazaki H, Umehara Y. Experimental study on shear modulus and damping ratio of natural deposits for seismic response analysis. Rep Port Harb Res Inst 1987;26(1):33–69.
[39] Ancheta TD, Darragh RB, Stewart JP, Seyhan E, Silva WJ, Chiou BSJ, et al. NGA-West2 database. Earthq Spectra 2014;30(3):989–1005.
[40] ASCE 7-22. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers; 2022.
[41] Atkinson GM, Silva W. Stochastic modeling of California ground motions. Bull Seismol Soc Am 2000;90(2):255–74.
[42] Smerzini C, Galasso C, Iervolino I, Paolucci R. Ground motion record selection based on broadband spectral compatibility. Earthq Spectra 2014;30(4):1427–48.
[43] AFAD. Turkish building earthquake regulation. Disaster and Emergency Management Presidency; 2018.
[44] Schnabel PB, Lysmer J, Seed HB. SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. UCB/EERC-72/12. UC Berkeley; 1972.
[45] Pyke RM. Nonlinear soil models for irregular cyclic loadings. J Geotech Eng Div ASCE 1979;105(6):715–26.
[46] Hashash YMA, Groholski DR, Phillips CA, Park D, Musgrove M. DEEPSOIL v6.1, user manual. University of Illinois at Urbana-Champaign; 2016.
[47] Marquardt DW. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. J Soc Ind Appl Math 1963;11(2):431–41.
[48] Yee E, Stewart JP, Tokimatsu K. Elastic and large-strain period-dependent site amplification for soft clay sites. J Geotech Geoenviron Eng ASCE 2013;139(10):1595–610.
[49] Castellaro S, Mulargia F, Rossi PL. VS30: Proxy for seismic amplification? Seismol Res Lett 2008;79(4):540–3.
[50] Zhu C, Cotton F, Pilz M. Evaluation of the strength of the VS30 proxy as a predictor of spectral amplification. Seismol Res Lett 2022;93(2A):905–17.
[51] Borcherdt RD. Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification). Earthq Spectra 1994;10(4):617–53.
[52] Iwasaki T, Tokida K, Tatsuoka F. Soil liquefaction potential evaluation with use of the simplified procedure. In: Proc. 1st Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis; 1981.
[53] Tsai CC, Hashash YMA. Learning about vs30 from regional site amplification patterns. Earthq Spectra 2010;26(2):451–72.
[54] NEHRP. Recommended seismic provisions for new buildings and other structures. FEMA P-2082. Building Seismic Safety Council; 2020.
[55] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1. EN 1998-1:2004. CEN; 2004.

INTELLECTUAL PROPERTY IN COMMERCIAL FRANCHISE ACTIVITIES

Huynh Mai Yen
Thu Dau Mot University, Vietnam

ABSTRACT
This paper examines the legal framework governing intellectual property (IP) in commercial franchise activities in Vietnam, with the aim of clarifying the theoretical foundations, evaluating the current state of the law, and proposing recommendations for improvement. The study demonstrates that intellectual property assets — including trademarks, trade names, trade secrets, and copyright — play a central role in franchise systems, functioning both as the primary subject of transfer and as the foundation of brand value. Through an analysis of the Law on Intellectual Property (2005, as amended in 2009, 2019, and 2022), the Law on Commerce (2005), and relevant implementing regulations, the paper assesses the achievements made in establishing a legal framework for this field while identifying persistent shortcomings, including inconsistencies among legal instruments, insufficient protection of trade secrets, and weak enforcement mechanisms. The paper further examines disputes arising from IP issues in franchise relationships and reviews existing dispute resolution mechanisms. On this basis, the study proposes legislative reforms oriented toward alignment with state policy, compliance with international integration requirements, and equitable balance of interests among parties. Key recommendations include strengthening IP protection mechanisms, enhancing the capacity of enforcement authorities, improving transparency in franchise contracts, and drawing on the experiences of jurisdictions with more developed franchise and IP regimes.
Keywords: intellectual property, franchising, trademark, trade secret, Vietnamese law.

1. Overview of franchise transfer

1.1. The concept of franchise transfer

Franchising is a modern business method in which one party (the franchisor) allows and requires another party (the franchisee) to conduct business according to a standardized model, incorporating elements such as trademarks, trade names, trade secrets, business slogans, management systems, and business organization methods of the franchisor. In return, the franchisee must pay a franchise fee and comply with the conditions and standards set by the franchisor.

According to Vietnamese law, specifically the 2005 Commercial Law, franchising is understood as a commercial activity in which the franchisor allows and requires the franchisee to independently conduct the buying and selling of goods and provision of services under certain conditions, while also using the franchisor's trademark, trade name, business know-how, and business system. This concept clearly reflects the essence of franchising as a combination of transferring the right to use intellectual property and transferring a business model.

From a legal standpoint, franchising is not simply the transfer of intellectual property ownership, but primarily the transfer of conditional and limited usage rights. The franchisor retains control over the business system to ensure brand consistency and reputation. This makes franchising a unique form of business cooperation, combining contractual and system management elements.

In the context of international economic integration, franchising is becoming increasingly popular and is considered an effective tool for market expansion, especially for businesses with strong brands. At the same time, it is also a method that helps small and medium-sized

enterprises (SMEs) access successful business models, minimize risks, and leverage the franchisor's brand advantages.

1.2. Legal characteristics of franchising activities

Franchising activities possess unique legal characteristics, reflecting the distinctive nature of this business model. First and foremost, franchising is a contractual commercial activity. The relationship between the franchisor and the franchisee is established through a franchise agreement, which specifically stipulates the rights and obligations of the parties, the scope of the rights transferred, the term, the franchise fee, and other conditions. This contract is complex, often encompassing many aspects related to intellectual property rights, technology transfer, and business management.

Secondly, franchising involves the transfer of the right to use intellectual property. Elements such as trademarks, trade names, trade secrets, business slogans, and brand identity systems are core components of franchising. However, this transfer does not change ownership but only grants the franchisee the right to use these assets within a certain scope, under the strict control of the franchisor.

Thirdly, franchising is highly standardized and consistent. Franchisees must strictly adhere to standards regarding product and service quality, operational procedures, store design, and business strategy to ensure the uniformity of the franchise system. This is a crucial factor in maintaining brand reputation and value in the market.

Fourth, franchising involves continuous control by the franchisor over the franchisee. The franchisor not only transfers the business model but also monitors, supports, and guides the franchisee throughout the entire operation. This aims to ensure the system operates effectively and prevent actions that could negatively impact the overall brand.

Ultimately, franchising is typically associated with financial obligations for the franchisee, including an initial franchise fee and recurring payments. This forms the basis for the franchisor to profit from exploiting the brand value and business system, while also providing an incentive to maintain and develop the franchise system.

2. The relationship between intellectual property and franchise transfer

2.1. The role of intellectual property in the franchise system

In franchise operations, intellectual property plays a central role and is considered the core foundation of the franchise system's value. Unlike traditional business models where tangible assets such as capital, machinery, and facilities play a dominant role, in the franchise model, the greatest value lies in intangible assets such as trademarks, business know-how, management systems, and commercial reputation. These factors create the differentiation, attractiveness, and competitiveness of the franchise system in the market.

First and foremost, intellectual property is the foundation for brand formation and development within a franchise system. Trademarks, trade names, and brand identity elements help customers recognize and trust the products and services offered throughout the entire system. Once a brand has been established and recognized in the market, franchising allows the franchisee to directly exploit this value, thereby minimizing brand building costs and shortening the time to market.

Furthermore, intellectual property plays a crucial role in standardizing and maintaining the consistency of the franchise system. Business know-how, operational processes, quality standards, and management methods transferred from the franchisor to the franchisee ensure that businesses within the system operate according to the same model, creating consistency in product and service quality. This not only strengthens brand reputation but also enhances the customer experience.

Furthermore, intellectual property is a primary source of profit for the franchisor. By allowing the use of intellectual property, the franchisor can collect franchise fees and recurring charges without directly participating in the specific business operations. This demonstrates that intellectual property is not only a legal tool but also a valuable economic asset in franchising.

2.2. Intellectual property rights transferred in franchise agreements

In franchise agreements, many intellectual property rights are transferred from the franchisor to the franchisee in the form of conditional permission to use. Among these, trademarks are the most important and almost indispensable in any franchise system. A trademark is not only an identifying mark but also a symbol of the reputation, quality, and brand value that the franchisor has built. Allowing the franchisee to use the trademark helps ensure consistency and common recognition throughout the entire system.

Besides trademarks, trade names are also a common transfer in franchising. Trade names are linked to a business's reputation and are used in business operations to identify the business entity in the market. Using a trade name within a franchise system helps strengthen the brand's image and credibility.

Another crucial element is trade secrets, which include commercially valuable information such as product formulas, manufacturing processes, management methods, marketing strategies, and operating systems. These are core elements that determine the success of a franchise model. The transfer of trade secrets is usually accompanied by strict security measures to prevent unauthorized disclosure or use.

Furthermore, copyright and related rights can also be transferred in franchising activities, especially for instruction manuals, management software, store designs, advertising content, and other creative products. These assets contribute to perfecting the franchise system, enhancing professionalism and business efficiency.

As can be seen, the intellectual property assets transferred in franchising are diverse and closely related, forming a unified value system. Clearly defining the scope and conditions for transferring these assets is crucial to ensuring the rights of all parties and maintaining the stability of the franchising system.

2.3. The significance of intellectual property protection for franchising activities

Intellectual property protection is particularly important for franchise operations, as it provides the legal basis for safeguarding the core values of the franchise system. First and foremost, intellectual property protection ensures the franchisor's legitimate rights to the intellectual assets they have invested in. When assets such as trademarks and trade secrets are legally protected, the franchisor can control their use and prevent infringement, thereby maintaining brand reputation and value.

For the franchisee, the protection of intellectual property rights provides peace of mind when participating in the franchise system. The franchisee can be confident that their right to use the trademark and other intellectual property assets is legitimate, while avoiding legal risks related to disputes or infringement of third-party rights. This contributes to creating a stable and transparent business environment.

Furthermore, intellectual property protection is also significant in improving the efficiency of franchise system management and development. When intellectual property rights are clearly established, the franchisor can easily set up mechanisms to control and monitor the use of intellectual property throughout the system, thereby ensuring the consistency and quality of products and services. At the same time, protection also facilitates the expansion of the franchise system into domestic and international markets.

In the context of international economic integration, intellectual property protection is also a crucial factor in enhancing the reputation and competitiveness of businesses in the global market. An effective intellectual property protection legal system will build trust among foreign investors and partners, while promoting the sustainable development of franchise operations.

In summary, protecting intellectual property rights is not only a legal requirement but also a prerequisite for ensuring the success and long-term development of franchise activities. Improving legislation and enhancing enforcement effectiveness in this area is crucial for both businesses and the economy.

3. Legal basis for regulation

3.1. Provisions of Vietnamese law

The Vietnamese legal system regarding intellectual property in the context of franchise transfers is formed on the basis of a combination of intellectual property law and commercial law. First, the Intellectual Property Law of 2005 (amended and supplemented in 2009, 2019, and 2022) is the foundational legal document regulating the establishment, protection, and enforcement of rights to intellectual property. This law specifically defines protected objects such as trademarks, trade names, trade secrets, and copyrights, while also defining the rights and obligations of rights holders and measures for handling infringements.

Furthermore, the 2005 Commercial Law is the legal document directly regulating franchise activities. The law defines the concept, conditions, rights, and obligations of the parties in a franchise relationship, as well as regulations concerning franchise contracts. These regulations provide a legal basis for transferring the right to use intellectual property within the framework of business operations.

Furthermore, the legal system also includes subordinate legal documents guiding implementation, such as government decrees on franchising and intellectual property, detailing regulations on franchise registration, information disclosure, and procedures for establishing and protecting intellectual property rights. Simultaneously, the provisions of the Civil Code are also significant in regulating transactions related to intellectual property, especially contracts for the transfer of rights.

However, in practice, overlaps and inconsistencies still exist between legal regulations, especially between the Intellectual Property Law and the Commercial Law, in regulating issues related to the transfer and protection of rights in franchising activities. This necessitates further improvement of the legal system to ensure consistency, transparency, and effectiveness in application.

3.2. Relevant international treaties

In the context of international economic integration, intellectual property law in Vietnam's franchise activities is strongly influenced by international treaties to which Vietnam is a signatory. First and foremost, the Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS) within the framework of the World Trade Organization (WTO) is the most important international document, setting minimum standards for the protection and enforcement of intellectual property rights. This agreement requires member states to develop appropriate legal systems to effectively protect intellectual property rights and facilitate international trade.

Besides TRIPS, Vietnam is also a party to many other international treaties related to intellectual property, such as the Paris Convention for the Protection of Industrial Property, the Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, as well as new-generation free trade agreements such as the CPTPP and EVFTA. These treaties not only stipulate protection standards but also require transparency, enhanced enforcement of rights, and the assurance of a healthy competitive environment.

Regarding franchising activities, although there is no separate international treaty directly regulating it, the intellectual property provisions in the aforementioned treaties are fundamental, as intellectual property is a core element of the franchising system. Compliance with international commitments helps Vietnam enhance the level of intellectual property protection, build confidence among foreign investors, and promote cross-border franchising activities.

However, the domestication of international regulations into the country's legal system still faces some difficulties, requiring comprehensive improvement in both legislation and enforcement. This demonstrates the important role of international treaties in guiding and promoting the improvement of Vietnamese law.

3.3. Laws of some countries and lessons learned for Vietnam

The intellectual property and franchising laws of several developed countries offer valuable experience for Vietnam in perfecting its legal system. In the United States, franchising is governed by a relatively comprehensive legal system, with particular emphasis on the franchisor's obligation to disclose information through the Franchise Disclosure Document (FDD). This regulation aims to ensure transparency, providing franchisees with complete information before participating in the system.

In the European Union, although there is no single law on franchising, regulations on competition and intellectual property are strictly applied, ensuring a balance of interests between parties and preventing abuse of dominant position. At the same time, the laws of EU member states generally clearly stipulate the protection of trade secrets and intellectual property rights in commercial contracts.

In Asia, countries like Japan and South Korea have developed relatively comprehensive legal systems regarding franchising, with particular emphasis on protecting franchisees through regulations on information transparency and contract control. Simultaneously, these countries also have effective intellectual property protection mechanisms, contributing to the strong development of franchising systems both domestically and internationally.

From the experiences of the aforementioned countries, several lessons can be drawn for Vietnam, such as: improving the mechanism for disclosing information in franchising activities; strengthening the protection of intellectual property rights, especially trade secrets; ensuring transparency and fairness in contractual relationships; and enhancing the effectiveness of law enforcement. Selectively adopting international experiences will contribute to building a legal system that is suitable to Vietnam's practical conditions while meeting the requirements of international economic integration.

4. Orientation for improving the legal framework

4.1. In accordance with the State's guidelines and policies

Improving intellectual property laws in the context of franchise agreements needs to be considered within the overall socio-economic development orientation and the State's policies and guidelines. In the context of Vietnam building a socialist-oriented market economy, perfecting the legal system must ensure both economic development is promoted and public interests are protected, while also guiding sustainable development.

First and foremost, the law needs to fully institutionalize the Party and State's policies on developing a knowledge-based economy, innovation, and enhancing national competitiveness. Intellectual property is identified as one of the important drivers of economic growth; therefore, the protection and effective exploitation of intellectual property assets in franchise activities should be prioritized in the process of perfecting the law. Legal regulations should encourage businesses to invest in research, brand building, and the development of business systems based on intellectual property assets.

Furthermore, the law needs to ensure consistency with business development policies, especially for small and medium-sized enterprises (SMEs). Franchising is a method that helps these businesses access effective business models with lower risk. Therefore, it is necessary to develop legal regulations that facilitate businesses' participation in franchising while protecting them from legal risks.

Furthermore, improving the legal framework must be linked to the goal of ensuring social equity and protecting consumer rights. Regulations on quality control, information transparency, and handling violations need to be strengthened to ensure that franchising not only brings economic benefits but also contributes to improving the quality of goods and services in the market.

In summary, the direction for improving the legal framework must ensure harmony between economic development goals, protecting the rights of stakeholders, and implementing the State's social policies, thereby creating a solid foundation for the sustainable development of franchise activities.

4.2. Meeting the requirements of international integration

In the context of globalization and deep international economic integration, perfecting intellectual property law in the transfer of commercial rights needs to meet international requirements and standards. Vietnam has participated in many international treaties and new-generation free trade agreements; therefore, the domestication of international commitments is essential to ensure compatibility and enhance the credibility of the legal system.

First and foremost, the law needs to continue to align with international standards on the protection and enforcement of intellectual property rights, especially regulations related to trademarks, trade secrets, and copyright. Enhancing the level of protection will not only safeguard the interests of domestic entities but also build confidence among foreign investors entering the Vietnamese market.

Furthermore, the law needs to facilitate cross-border franchising activities. This includes simplifying administrative procedures, increasing transparency in legal regulations, and strengthening mechanisms for protecting intellectual property rights in the international environment. Simultaneously, international cooperation mechanisms should be established for resolving disputes and combating intellectual property infringement.

Furthermore, improving the legal framework also requires a focus on selectively adopting the experiences of developed countries, particularly in regulating franchise activities and protecting intellectual property. However, this adoption must be appropriate to Vietnam's socio-economic conditions and level of development, avoiding the mechanical application of unsuitable legal models.

In summary, meeting the requirements of international integration is not only an obligation but also an opportunity for Vietnam to improve its legal system, enhance its competitiveness, and promote the development of franchising activities in a global context.

4.3. Ensuring a balance of interests among all parties

One of the key directions in improving intellectual property law in franchise activities is to ensure a balance of interests among all participating parties, including the franchisor, the franchisee, and other related entities. This balance is essential for maintaining the stability and sustainable development of the franchise system.

First and foremost, the law needs to protect the legitimate rights and interests of the franchisor, especially their intellectual property rights. Ensuring control and exploitation of intellectual property helps the franchisor maintain brand value and business operations. However, this protection should not lead to abuse of rights that disadvantage the franchisee.

For franchisees, the law needs to ensure full and transparent access to information before participating in the franchise system. Regulations on information disclosure, contract content, and mechanisms for protecting rights need to be improved to minimize risks for franchisees. At the same time, mechanisms are needed to protect franchisees from abusive practices by franchisors, such as imposing unreasonable conditions or unnecessarily restricting their business rights.

Furthermore, the law also needs to consider the interests of consumers and society. Ensuring product and service quality and market transparency are crucial factors in protecting consumer rights and maintaining trust in the franchise system.

5. Solutions for improving legal regulations

5.1. Improving regulations on intellectual property protection in franchising

To enhance the effectiveness of franchise operations, improving legal regulations on intellectual property protection is an urgent requirement. First and foremost, it is necessary to continue reviewing and amending intellectual property laws to be more specific, clear, and relevant to the practical realities of franchising. Regulations concerning trademarks, trade names, trade secrets, and copyrights need to be improved to clarify the scope of protection, the conditions for establishing rights, and the enforcement mechanisms, especially in the context of the increasing exploitation of intellectual property in business activities.

Furthermore, specific regulations are needed regarding the protection of intellectual property rights in relation to franchising activities. For example, the mechanism for transferring trademark rights in franchise agreements needs clarification, along with more specific regulations on protecting trade secrets during cooperation, as well as the responsibilities of the parties in protecting intellectual property. This will help minimize disputes and enhance transparency in franchising operations.

Furthermore, it is necessary to simplify the procedures for registering intellectual property rights and shorten the processing time to facilitate businesses. The application of information technology in the management and registration of intellectual property rights also needs to be promoted to improve the efficiency and transparency of the system.

Finally, it is necessary to strengthen coordination among state management agencies in the fields of intellectual property and commerce to ensure consistent and effective application of the law. Improving regulations on intellectual property protection will create a solid foundation for the development of franchising activities in Vietnam.

5.2. Improving regulations on franchise agreements

Franchise agreements are important legal instruments regulating the relationship between parties; therefore, perfecting the regulations related to these agreements is necessary to ensure transparency and effectiveness in practical application. First, it is necessary to supplement and specify regulations on the content of franchise agreements, especially those related to intellectual property. The law needs to more clearly define the scope of the right to use intellectual property objects, the conditions of use, the franchisor's control rights, and the franchisee's confidentiality obligations.

Furthermore, regulations regarding the rights and obligations of the parties in franchise agreements need to be improved to balance interests. The law should have mechanisms to protect franchisees from unfavorable terms or abusive behavior by the franchisor, while still ensuring the franchisor's reasonable control over the business system. Developing guiding regulations or model franchise agreements could also be considered to support businesses, especially small and medium-sized enterprises.

Furthermore, regulations on information transparency in the contract negotiation process need to be strengthened. The franchisor has an obligation to provide complete and truthful

information about the franchise system, the legal status of intellectual property assets, and the contract terms, enabling the franchisee to make informed decisions.

Finally, regulations on contract termination and legal consequences need to be improved, especially regarding the handling of intellectual property rights after the contract ends. This will help limit disputes and ensure the rights of all parties during the execution and termination of contracts.

5.3. Strengthening mechanisms for protecting intellectual property rights

Besides improving legal regulations, strengthening the mechanism for protecting intellectual property rights is a key factor in ensuring effective enforcement in franchise operations. First and foremost, it is necessary to enhance the effectiveness of intellectual property enforcement measures, including civil, administrative, and criminal measures. The mechanism for handling violations needs to be applied strictly, promptly, and with a strong deterrent effect to prevent infringements.

Furthermore, it is necessary to strengthen the capacity of law enforcement agencies, including courts, inspection agencies, market management agencies, and specialized intellectual property agencies. Training and professional development for staff is essential to meet the demands of handling increasingly complex cases, especially in the field of franchising with intellectual property elements.

Furthermore, it is necessary to promote the application of information technology in detecting and handling intellectual property infringements, especially in the digital environment. Building databases on intellectual property rights and franchising systems will help improve the efficiency of management and protection of these rights.

Another important solution is to strengthen the dissemination of information on intellectual property and franchise laws to businesses and individuals. Raising legal awareness will help stakeholders proactively protect their rights and comply with the law, thereby minimizing violations and disputes.

In summary, strengthening the mechanism for protecting intellectual property rights needs to be implemented synchronously, from improving legislation and enhancing enforcement capacity to raising public awareness. This is a necessary condition to ensure the sustainable development of franchising activities in Vietnam.

6. Conclusion

In the context of globalization and the rapid development of digital technology, perfecting the mechanism for protecting intellectual property rights needs to be viewed from a broader perspective, extending beyond national borders. Franchise activities are increasingly cross-border, thus making the requirements for intellectual property protection more complex and diverse.

First and foremost, it is necessary to improve legal regulations to ensure the protection of intellectual property rights in the digital environment. Infringing acts such as unauthorized copying, distribution, or use of trademarks on online platforms need to be regulated by specific regulations and appropriate penalties. Simultaneously, effective mechanisms for monitoring and detecting violations should be developed, combining technology and the cooperation of relevant authorities.

Furthermore, it is necessary to strengthen the mechanisms for recognizing and protecting Vietnam's intellectual property rights in other countries, through participation in international treaties and the establishment of bilateral cooperation agreements. This will help Vietnamese businesses confidently expand their franchising activities into international markets.

Furthermore, it is necessary to establish effective dispute resolution mechanisms for cases involving foreign elements, including the use of international arbitration and alternative dispute

resolution methods. This will help minimize risks and costs for businesses participating in cross-border franchising activities.

In summary, perfecting the mechanism for protecting intellectual property rights in a globalized environment is an essential requirement to ensure the rights of stakeholders and promote the sustainable development of franchising activities in the context of international integration.

REFERENCES

1. National Assembly (2005), *Commercial Law*, National Political Publishing House, Hanoi.
2. National Assembly (2005, amended and supplemented in 2009, 2019, and 2022), *Law on Intellectual Property* , National Political Publishing House, Hanoi.
3. National Assembly (2015), *Civil Code*, National Political Publishing House, Hanoi.
4. Ministry of Science and Technology (2023), *Textbook on Intellectual Property Law* , Science and Technology Publishing House, Hanoi.
5. Hanoi Law University (2022), *Textbook on Vietnamese Commercial Law* , People's Police Publishing House, Hanoi.
6. Nguyen Nhu Phat (2019), *Law on Franchising in Vietnam* , Justice Publishing House, Hanoi.
7. Tran Van Nam (2020), "Law on the protection of intellectual property rights in franchise activities in Vietnam", *Journal of Law* , No. 6, pp. 45–52.
8. WTO (1994), *Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS)* .

İLKOKUL ÖĞRENCİLERİNİN BİLİMİN DOĞASI ANLAYIŞLARINA YÖNELİK ALGILARININ İNCELENMESİ

Prof. Dr. Songül TÜMKAYA
Çukurova University, Faculty of Education, Department of Basic Education, 01330 Sarıçam, Adana
ORCID ID: 0000-0003-0140-4640
Kemal DEMİRDEN
Ministry of National Education, Seyhan, Adana, **ORCID ID:** 0000-0003-3955-4353

Özet
Bu araştırma Adana ilindeki devlet ilkokullarına devam eden dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik algılarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Nicel araştırma yöntemiyle gerçekleştirilen bu çalışma 2024-2025 eğitim öğretim yılının ilk yarısında gerçekleştirilmiştir. Araştırma ilkokul dördüncü sınıfa devam eden ve tesadüfi olarak seçilen toplam 237 gönüllü öğrenci ile yürütülmüştür. İlkokul öğrencilerinden veriler Hacıeminoğlu ve diğerleri (2014) tarafından geliştirilen "Bilimin Doğası Ölçeği" aracılığıyla toplanmıştır. Bu ölçek bilimin; değişebilir (geçici) doğası, hayal gücü ve yaratıcılığa dayalı doğası, deneysel (amprik)doğası ile gözlem ve çıkarımlar olarak adlandırılan dört alt boyuttan ve toplam 13 maddeden oluşmaktadır. Üçlü Likert (doğru, bilmiyorum, yanlış) tipi bir derecelendirmeye sahip olan ölçekten elde edilen veriler yüzde ve frekans kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilkokul öğrencilerinin; bilimsel bilginin değişmez mutlak doğrular olduğuna inandıklarını, gözlem ve çıkarım arasındaki ayrımı yapamadıklarını, bilimin oluşumunda bilim insanlarının hayal gücü ve yaratıcılığının etkili olduğunu düşündüklerini ve deneysel yollarla elde edilen bilgilerin ise aynı kaldığına inandıklarını göstermiştir. Bu bulgular sonucunda ilkokul öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik katı bir algıya sahip oldukları, öğrenciler tarafından gözlem ve çıkarım kavramlarının yeterli düzeyde anlaşılmadığı, çoğunun deneysel yolla elde edilen bilgiyi daha çok kabullendikleri söylenebilir. Bu nedenle bilimsel düşünme açısından önemli olan bu dönemde ilkokul öğrencilerinin daha esnek bir bilimsel düşünce geliştirebilmeleri için öğretmenlere farklı bilimsel aktiviteler ve deneysel çalışmalara daha fazla yer vermeleri önerilebilir.
Anahtar Kelimeler: İlkokul, öğrenci, bilimin doğası

AN EXAMINATION OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS' PERCEPTIONS OF THE NATURE OF SCIENCE

Abstract
This research was conducted to determine the perceptions of fourth-grade students attending state primary schools in Adana province regarding the nature of science. This study, conducted using a quantitative research method, was carried out during the first half of the 2024-2025 academic year. The research was conducted with a total of 237 volunteer students randomly selected from the fourth grade of primary school. Data from primary school students were collected using the "Nature of Science Scale" developed by Hacıeminoğlu et al. (2014). This scale consists of four sub-dimensions and a total of 13 items: the changeable (temporary) nature of science, its nature based on imagination and creativity, its experimental (empirical) nature, and observation and inferences. The data obtained from the scale, which has a three-point Likert (true, don't know, false) rating scale, were evaluated using percentages and frequencies. The results obtained show that primary school students' perceptions of the nature of science are as follows: The study showed that elementary school students believe that scientific knowledge

consists of immutable absolute truths, that they cannot distinguish between observation and inference, that they think that imagination and creativity are influential in the formation of science, and that they believe that knowledge obtained through experimental methods remains the same. As a result of these findings, it can be said that elementary school students have a rigid perception of the nature of science, that the concepts of observation and inference are not sufficiently understood by the students, and that most of them accept knowledge obtained through experimental methods more readily. Therefore, in order to help elementary school students develop more flexible scientific thinking during this important period for scientific thinking, it can be suggested that teachers include more diverse scientific activities and experimental studies.
Keywords: Primary school, student, nature of science

1. GİRİŞ

Bilimin doğası, bilimsel bilgiyi elde etmede bir yöntem olarak bilim ve bilimin gelişiminde bulunan inançlar ve değerler olarak ifade edilmektedir (Lederman, 1992). Bilimin doğasının alt boyutları konusunda farklı görüşler olmakla birlikte bilimin doğasının alt boyutları ile ilgili National Science Teachers Association (2000) tarafından belirlenen başlıklar aşağıda verilmiştir.

1. Bilimsel bilginin değişebilir olması
2. Bilimsel bilgili elde etmede tek bir yöntemin olmaması
3. Bilimin ampirik verilere dayanması
4. Bilimsel bilgi elde etmede hayal gücü ve yaratıcılığın rolü
5. Gözlem ve çıkarım arasındaki fark
6. Bilimsel bilginin öznel boyutu
7. Bilim ve sosyokültürel ortam arasındaki bağ
8. Teori ve kanun arasındaki ilişki

İlkokulu öğrencilerinin söz konusu bilimin doğası alt boyutları konusunda yeterli bir algıya sahip olması önemli görülmektedir. Çünkü bilimsel bilgi ve gelişiminde sahip olunan ve doğru olmayan mitler ya da efsaneler doğrudan fen bilimlerine etki etmektedir. Çünkü fen bilimlerinde yapılan uygulamalar neticesinde, öğrenciler tarafından ulaşılması beklenen kazanımlar doğru olmayan değerler, inanışlar üzerine temellendirilmiş olacaktır. Böylesi bir durum ise Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda ifade edilen araştıran, sorgulayan, eleştirel düşünen, çevreye duyarlı, bilimsel tutum sergileyen fen okuryazarı bireyler yetiştirilmesinin önüne geçebilecektir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2024). Bilimsel bilginin değişebilen, insanların hayal gücüne ve yaratıcılığına dayanan, yanlışlanabildiği için güvenilir olan, eleştiriye açık, tek başına değil ekiple birlikte ilerlenebilen, izlenecek tek yöntemin deneyler olmadığı yönlerinin uzağında kalan bir fen bilimleri eğitimi işlevini tam olarak yerine getiremeyecektir. Bu temelde yetiştirilen öğrenciler ise fen okuryazarı bireyler olma noktasında istenilen düzeye ulaşamayacaktır (Lederman vd., 2002). Çünkü Pella, O'Hearn ve Gale (1966) ve Showalter'a (1974) göre bilimin doğası, fen okuryazarlığının alt boyutlarından biri olarak kabul edilmektedir (Akt. Turgut, 2007).

Bilimsel okuryazarlığın ana bileşenleri sadece temel bilimsel kavramları değil aynı zamanda bilimi, bilimsel bilginin doğasını ve gelişimini anlama becerisi olarak da ifade edilmektedir (Doğan ve Abd-El-Khalick 2008). Hacıeminoğlu ve diğerleri (2014) öğrencilerin kendi öğrenmelerinde aktif olarak rol alarak bilgilerini yapılandırmaları için bilimin doğasının temel yönlerini anlamaları gerektiğini belirtmişlerdir. Han ve Bilican (2018) okullarda ve bilim merkezlerinde bilimin doğasına yönelik öğretimlerin ihmâl edilmesinin fen eğitiminin olmazsa olmalarından birinin göz ardı edilmesi olarak görüleceğini belirtmiştir. Duruk ve Akgün (2020)

ise ders kitaplarını bilimin doğası bileşenleri bağlamında inceledikleri çalışma sonucunda hâlihazırda kullanılmakta olan ders kitaplarının bilimin doğası bileşenlerini yeterince temsil etmediği sonucuna ulaşmışlardır.

Bilimsel düşünme, bilimsel bilgiyi elde etmede izlenen yolların, bakış açılarının anlaşılması, fen okuryazarı bireyler yetiştirebilmek anlamında bilimin doğası anlayışlarının oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Literatür taraması sonucunda ilkokul öğrencileri ile çalışılmış bilimin doğasına yönelik sınırlı sayıda çalışmaya (Hacıeminoğlu, 2010; Ertaş, 2019; Demir, 2022) ulaşılmıştır. Yine Deng ve diğerleri (2011) ile Akerson ve diğerleri (2019) bilimin doğasına yönelik ilköğretim düzeyinde sınırlı sayıda çalışmaya ulaşıldığını belirtmiştir. Bu sebeplerle yapılacak olan bu çalışmanın ilkokul düzeyindeki öğrencilerin bilimin doğasına ilişkin algılarını ortaya koyulacak olması sebebiyle önemli olduğu ve alandaki eksikliği gidermeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik algılarının belirlenmesidir. Bu amaç kapsamında aşağıdaki araştırma sorusuna yanıt aranmıştır.

- İlkokulu dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik algıları nasıldır?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Bu araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden genel tarama modeli kullanılmıştır. Genel tarama modelinde, çok sayıda elemandan oluşan bir evrende, evren hakkında genel bir yargıya varmak için evrenin tümü ya da ondan alınacak bir grup örnek ya da örneklem üzerinde tarama yapılmaktadır. (Karasar, 2011).

2.2. Evren ve Örneklem

Araştırma evreni, 2024-2025 eğitim öğretim yılında Milli Eğitim Bakanlığına bağlı devlet okullarından öğrenim görmekte olan dördüncü sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Örneklem ise 2024-2025 eğitim öğretim yılında dördüncü sınıfta öğrenim görmekte olan 237 öğrenciden oluşmaktadır. Araştırma kapsamında bir evrendeki her birimin örnekleme seçilme şansının eşit olduğu, önyargıyı en aza indiren tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

2.3. Veri Toplama Araçları

Araştırma kapsamında Bilimin Doğası Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek basılı materyal olarak okullara ulaştırılarak uygulanmıştır. İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerine uygulanacak olması sebebiyle Google form haline getirilmemiştir.

Bilimin Doğası Ölçeği: Araştırma kapsamında kullanılan "Bilimin Doğası Ölçeği" Hacıeminoğlu ve diğerleri (2014) tarafından ilkokul öğrencilerinin bilimin doğası görüşlerini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Söz konusu ölçek bilimin doğasının ampirik doğası (3 madde), hayalgücü ve yaratıcılığa dayalı doğası (5 madde), geçici doğası (3 madde), gözlem ve çıkarımlar (2 madde) alt boyutlarını temsil eden, 13 maddeden oluşan ve üçlü Likert (doğru, bilmiyorum, yanlış) tipinde hazırlanmış bir ölçektir. Ölçeğin alt boyutlarının Cronbach alpha değerleri gözlem ve çıkarımlar için 0.74; bilimin geçici doğası için 0.76; bilimin hayalgücü ve yaratıcılığa dayanan doğası için 0.80; bilimin ampirik doğası için 0.63; ölçeğin geneli için ise 0.76 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin toplam bilimin doğası görüşlerini ölçmek için kullanılıp kullanılamayacağını kontrol etmek amacıyla yapılan ikinci dereceden doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ölçeğin makul derecede iyi uyum indekslerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 39, en düşük puan ise 13'tür.

2.4. Verilerin Toplaması ve Analizi

Verilerin toplanma sürecinde Bilimin Doğası Ölçeği'ni geliştiren yazarlarla alınmış ve ölçekler çoğaltılmıştır. Okul yöneticileri ile iletişime geçilerek onayları alındıktan sonra ölçek

uygulanmıştır. Verilerin analizinde SPSS 20.0 paket programı kullanılmıştır. Veri toplama sürecinde elde edilen veriler yüzde ve frekans kullanılarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE SONUÇ

İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin Bilimin Doğası Ölçeği maddelerine verdikleri yanıtların frekans ve yüzde dağılımları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçek maddelerine verilen yanıtların frekans ve yüzde dağılımları

SORU	CEVAP	n	%	
1-Bilim adamlarının bulduğu bilgiler **değişmez**, eğer değişseydi bilim adamları bu bilgileri kitaplara koymazlardı. (Negatif)	Doğru	85	**35.9**	**Bilimin değişebilir (geçici)doğası**
	Bilmiyorum	78	32.9	
	Yanlış	74	31.2	
2-Bilim adamlarının kitaplarda söyledikleri bilgiler hiçbir zaman **değişmez**. (Negatif)	Doğru	109	**40.1**	
	Bilmiyorum	45	19.0	
	Yanlış	83	35.0	
4-Bilim adamları kabul ettikleri gerçeklere yeni bilgiler ekleyebilir fakat bu gerçekleri değiştiremezler, çünkü bu gerçeklerden yüzde yüz emindirler. (Negatif)	Doğru	95	**40.1**	
	Bilmiyorum	67	28.3	
	Yanlış	75	31.6	
7-Bilim adamlarının atomun yapısı hakkındaki bilgileri kesindir, çünkü atomla ilgili bilgileri onları mikroskop altında görerek elde etmişlerdir. (Negatif)	Doğru	105	**44.3**	**Gözlem ve çıkarım arasındaki ayrım**
	Bilmiyorum	103	43.5	
	Yanlış	29	12.2	
8-Bilim adamlarının atomun yapısı hakkındaki bilgileri kesin değildir çünkü atomla ilgili bilgileri onları görerek değil, var olduklarını varsayarak elde etmişlerdir. (Pozitif)	Doğru	46	19.4	
	Bilmiyorum	106	**44.7**	
	Yanlış	85	35.9	
5-Bilim adamları gerçekleri bulurken hayal güçlerini **kullanmazlar.** (Negatif)	Doğru	25	10.5	**Bilimin oluşumundaki hayal gücü ve yaratıcılığın rolü**
	Bilmiyorum	39	16.5	
	Yanlış	173	**73.0**	
6-Bilim adamları gerçekleri bulurken yaratıcılıklarını **kullanmazlar.** (Negatif)	Doğru	30	12.7	
	Bilmiyorum	41	17.3	
	Yanlış	166	**70.0**	
10-Bilimde insanın hayal gücüne ve yaratıcılığına asla yer yoktur, çünkü bu durum yanlış ya da hatalı bulgu ve bilgilere yol açar. (Negatif)	Doğru	63	26.6	
	Bilmiyorum	39	16.5	
	Yanlış	135	**57.0**	
11-Fen bilgisi dersinde öğrendiğimiz bilimsel gerçekler, bilim adamlarının hayal gücü ve yaratıcılığından etkilenebilir. (Pozitif)	Doğru	150	**63.3**	
	Bilmiyorum	51	21.5	
	Yanlış	36	15.2	
12-Bilimsel bilgi ancak kontrollü deneylerle elde edilen kanıtlar sonrasında ortaya çıkar, bilim adamının hayal gücü ve yaratıcılığına **bağlı değildir.** (Negatif)	Doğru	52	21.9	
	Bilmiyorum	87	36.7	
	Yanlış	98	**41.4**	
3-Fen ve teknoloji dersinde öğrendiğimiz bilgiler yeni elde edilen bilgiler ışığında değişebilir. (Pozitif)	Doğru	31	13.1	**Bilimin deneysel (Amprik)doğası**
	Bilmiyorum	74	31.2	
	Yanlış	132	**55.7**	
9-Atomun yapısı hakkında bilim adamları yeni bilgiler elde ettikçe bugünkü kabul edilen modern atom teorisi değişebilir. (Pozitif)	Doğru	19	8.0	
	Bilmiyorum	69	29.1	
	Yanlış	149	**62.9**	
13-Bilim adamları aynı bulgulara bakarak bir olay hakkında farklı yorumlar yapabilir. (Pozitif)	Doğru	15	6.3	
	Bilmiyorum	38	16.0	
	Yanlış	184	**77.6**	

Tablo 1'de bilimin değişebilir doğası alt boyutuna verilen yanıtlara bakıldığında ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin önemli bir kısmının bilimsel bilgilerin değişmez mutlak doğrular olduğuna inandıklarını göstermektedir. Gözlem ve çıkarım arasındaki fark alt boyutu göz önüne alındığında ise dördüncü sınıf öğrencilerinin yaklaşık yarısının gözlem ve çıkarımın birbirinden farklı kavramlar olduğunun farkında olmadıklarını göstermektedir.

Bilimin oluşumundaki hayal gücü ve yaratıcılığın rolü alt boyutuna verilen yanıtlar değerlendirildiğinde ise dördüncü sınıf öğrencilerinin önemli bir kısmının bilimin oluşumunda hayal gücü ve yaratıcılığın etkisinin farkında olduklarını göstermektedir. Son olarak bilimin deneysel (ampirik) doğası alt boyutuna bakıldığında ise dördüncü sınıf öğrencilerinin yarıdan fazlasının deneysel yolla elde edilen verilerin aynı kaldığına, değişmediğine inandıklarını görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik algılarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda elde edilen verilerden yola çıkarak ilkokul öğrencilerinin bilimsel bilgilerin değişmez doğrular olduğunu düşündükleri, deneysel yolla elde edilen verilerin aynı kaldığına inandıkları ve gözlem ile çıkarım kavramlarının farklı olduğunun farkına varamadıkları görülmektedir. Bu durum Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programlarında ise (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018 ve 2024) fen okuryazarı bireyler yetiştirilmesinin amaçlandığı göz önünde bulundurulduğunda öğretim programının amaçlarına ulaşmasında sorun teşkil edebilecektir. Çünkü Pella, O'Hearn ve Gale (1966) ve Showalter'a (1974) göre bilimin doğası, fen okuryazarlığının alt boyutlarından biri olarak kabul edilmektedir (Akt. Turgut, 2007).

İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimsel bilginin değişmez olduğunu düşünmesi, öğrencilerin bilimi sürekli ilerleyen ve gelişen bir süreçten ziyade tartışılmaz bilgiler bütünü şeklinde algıladıklarını göstermektedir. Bu durum ilkokul fen bilimleri dersinde bilimsel bilgilerin süreç boyutundan ziyade sonuç boyutuna odaklanılmasından kaynaklanıyor olabilir (Lederman, 2013).

Bir diğer bulgu ise deneysel yolla edinilen verilerin aynı kalacağının düşünülmesi olmuştur. Bu bulgu öğrencilerin farklı bilim insanların aynı verileri farklı yorumlayabileceğini, farklı ortamlarda verilerin değişiklik gösterebileceğini göz ardı ettiklerini göstermektedir. Bu durum yine öğrencilerin bilimin değişebilen yanını düşünmeyi ihmal ettiklerini göstermektedir (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Gözlem, duyu organları aracılığıyla elde edilen veriler iken çıkarım gözlemlerden hareketle yapılan yorumlar ve anlamlandırmalardır. Öğrencilerin bu noktada eksik kalması ise bilimsel süreç becerilerinin yeterince gelişmediğini göstermektedir. Böylesi bir durum ise fen bilimleri derslerinde süreç becerilerinin yeterince işe koşulmadığını düşündürmektedir (Akerson, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Son olarak ise bilimin oluşumundaki hayal gücü ve yaratıcılığın rolü alt boyutuna dair bulgu dördüncü sınıf öğrencilerinin önemli bir kısmının bilimin oluşumunda hayal gücü ve yaratıcılığın etkisinin farkında olduklarını göstermektedir. Bu bulgu ise dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimin doğasına yönelik algılarının bazı yönlerden gelişmiş olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Öğrenciler, bilimin belirli kuralları takip eden mekanik bir süreç olmadığının farkındadırlar (Lederman, 2013). Bu durum ise öğrencilerin bilim insanlarını, yeni şeyler icat eden, yeni şeyler düşünen kişiler olarak görmelerinden kaynaklanıyor olabilir.

KAYNAKÇA

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International journal of science education*, *22*(7), 665-701.

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *37*(4), 295-317.

Akerson, V. L., Avsar Erumit, B., & Elcan Kaynak, N. (2019). Teaching nature of science through children's literature: An early childhood preservice teacher study. *International Journal of Science Education*, *41*(18), 2765-2787.

Demir, E. (2023). İlkokul öğrencilerinin bilimin doğasını anlamadaki yeterliliklerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi (Karaman ili örneklemi) (Tez No. 782925) [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Deng, F., Chen, D.H., Tsai, C.C. & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education 95*(6), 961 – 999.

Doğan, N., & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 45*(10), 1083-1112.

Duruk, Ü., & Akgün, A. (2020). Bilimin doğası bileşenlerinin fen bilimleri ders kitaplarında temsil edilme durumu. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 9*(2), 196-229.

Ertaş, H. (2019). İlkokul öğrencilerinin bilimin doğası görüşlerinin hikayeler kullanılarak geliştirilmesi (Tez No. 616916) [Yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Hacıeminoğlu, E. (2010). *Student and school characteristics related to elementary students nature of science views* (Unpublished doctoral thesis), Graduate School of Social Sciences of Middle East Technical University, Ankara.

Hacıeminoğlu, E., Yılmaz-Tüzün, Ö. & Ertepınar, H. (2014). Development and validation of nature of science instrument for elementary school students. *Education 3-13, 42*(3), 258-283.

Han, B. ve Bilican, K. (2018). Bilim merkezlerinde bilimin doğası öğretimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *8*(1), 1-27.

Karasar, N. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Nobel Yayınları.

Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331-359.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(6), 497-52.

Lederman, N. G. (2013). Nature of science: Past, present, and future. In *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Routledge.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf adresinden 9 Mayıs 2026 tarihinde ulaşılmıştır.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). https://tymm.meb.gov.tr/upload/program/2024programfen345678Onayli.pdf adresinden 11 Mayıs 2026 tarihinde ulaşılmıştır.

Turgut, H. (2007). Scientific literacy for all. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES), 40*(2), 233-256.

ÖZEL OKULLARDA GÖREV YAPAN SINIF ÖĞRETMENLERİNİN MESLEKİ MOTİVASYONLARI VE ÇALIŞMA SÜREÇLERİNE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ

Prof. Dr. Songül TÜMKAYA
Çukurova University, Faculty of Education, Department of Basic Education, 01330 Sarıçam, Adana
ORCID ID: 0000-0003-0140-4640

ÖZET
Özel okullarda çalışan öğretmenlerin yaşadığı deneyimler, devlet okullarında çalışan öğretmenlerden farklılaşabilmektedir. Özellikle performans odaklı çalışma anlayışı, kurumların akademik başarı beklentisi ve velilerin yüksek talepleri öğretmenler üzerinde yoğun bir sorumluluk oluşturabilmektedir. Bu nedenler bu araştırmada, özel okullarda görev yapmanın sınıf öğretmenlerinin mesleki motivasyonları, ve çalışma süreçleri üzerindeki etkilerinin görüşme tekniği aracılığıyla incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında farklı özel eğitim kurumlarında görev yapan toplam 15 sınıf öğretmeni ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Veri toplama sürecinde öğretmenlerin görüşleri ses kayıt cihazı aracılığıyla kayıt altına alınmış, ardından elde edilen veriler ayrıntılı biçimde transkripte edilerek analiz sürecine hazır hâle getirilmiştir. Araştırma sürecinde elde edilen bulgular, katılımcı öğretmenlerin ifade ve deneyimlerinden hareketle sistematik bir biçimde düzenlenmiş; veriler yorum katılmadan, nesnel bir yaklaşımla sunulmuştur. Öğretmenlerin özel okul ortamına ilişkin deneyimleri; çalışma koşulları, yönetim anlayışı, veli beklentileri, mesleki doyum, performans baskısı ve motivasyon kaynakları gibi farklı boyutlar çerçevesinde ele alınmıştır. Araştırma sonucunda, özel okulda görev yapmanın öğretmenlerin mesleki yaşantıları üzerinde çok boyutlu etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Katılımcı görüşleri doğrultusunda bazı öğretmenlerin özel okullardaki fiziksel imkânlar, materyal desteği ve kurumsal olanaklar nedeniyle motivasyonlarının olumlu yönde etkilendiği görülürken; bazı öğretmenlerin ise yoğun çalışma temposu, yüksek beklentiler ve performans odaklı sistem nedeniyle mesleki baskı hissedebildikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda özel okul deneyiminin öğretmenlerin motivasyon ve tutumlarını bireysel, kurumsal ve çevresel faktörlere bağlı olarak farklı şekillerde etkilediği ortaya konulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Özel okul, sınıf öğretmeni, öğretmen motivasyonu, çalışma koşulları.

VIEWS OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS WORKING IN PRIVATE SCHOOLS ON THEIR PROFESSIONAL MOTIVATION AND WORK PROCESSES

ABSTRACT
The experiences of teachers working in private schools may differ from those working in public schools. In particular, a performance-oriented work approach, the institutional expectation for academic success, and high parental demands can create an intense sense of responsibility for teachers. For these reasons, this study aims to examine the effects of working in private schools on the professional motivation and work processes of primary school teachers through the interview technique. Within the scope of the study, semi-structured interviews were conducted with a total of 15 primary school teachers working in different private educational institutions. During the data collection process, the teachers' views were recorded via audio recording

devices; subsequently, the data were transcribed in detail and prepared for the analysis process. The findings obtained during the research process were systematically organized based on the expressions and experiences of the participating teachers; the data were presented with an objective approach, without adding interpretation. The teachers' experiences regarding the private school environment were addressed within the framework of different dimensions such as working conditions, management approaches, parental expectations, professional satisfaction, performance pressure, and sources of motivation. The results of the research indicate that working in a private school has multi-dimensional effects on the professional lives of teachers. In line with the participants' views, it was observed that while some teachers' motivation was positively affected due to physical facilities, material support, and institutional opportunities in private schools; others felt professional pressure due to the intense work pace, high expectations, and performance-oriented system. Accordingly, it has been revealed that the private school experience affects teachers' motivation and attitudes in different ways depending on individual, institutional, and environmental factors.
Keywords: Private school, primary school teacher, teacher motivation, working conditions

1. GİRİŞ

Eğitim kurumları, toplumsal gelişimin sağlanmasında ve bireylerin akademik, sosyal ve duygusal açıdan yetiştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Bu sürecin en temel unsurlarından biri ise öğretmenlerdir. Öğretmenlerin mesleki motivasyonları, iş doyumları, çalışma koşullarına ilişkin algıları ve kurumsal ortama yönelik tutumları, eğitim sürecinin niteliğini doğrudan etkileyen değişkenler arasında yer almaktadır (Özdemir & Yalın, 2021). Özellikle son yıllarda eğitim alanında yaşanan dönüşümler, özel okul sayısındaki artış ve rekabet ortamının güçlenmesi, öğretmenlerin çalışma yaşamını farklı boyutlarda etkilemeye başlamıştır.

Türkiye'de özel eğitim kurumlarının sayısında meydana gelen artış, öğretmenlerin çalışma koşullarına ilişkin tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Özel okullar, fiziksel imkânlar, teknolojik altyapı, sınıf mevcutlarının görece az olması ve materyal desteği gibi avantajlar sunabilmektedir (Korkmaz, 2020). Bununla birlikte özel okullarda görev yapan öğretmenlerin yoğun performans değerlendirmelerine maruz kaldıkları, kurum beklentilerinin yüksek olduğu ve veli memnuniyetinin ön planda tutulduğu da belirtilmektedir (Yıldırım, 2019). Bu durum, öğretmenlerin mesleki motivasyonları üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler oluşturabilmektedir.

Öğretmen motivasyonu; bireyin mesleğini isteyerek sürdürmesi, mesleki yeterliliklerini geliştirmeye yönelik çaba göstermesi ve çalışma sürecine aktif katılım sağlaması açısından önemli görülmektedir. Motivasyonu yüksek olan öğretmenlerin öğrencilerle daha etkili iletişim kurdukları, sınıf yönetiminde daha başarılı oldukları ve eğitim sürecine daha fazla katkı sağladıkları ifade edilmektedir (Çelikten, Şanal & Yeni, 2018). Ancak çalışma ortamındaki baskı, uzun çalışma saatleri, iş güvencesine ilişkin kaygılar ve yönetimsel sorunlar öğretmenlerin motivasyon düzeylerini olumsuz etkileyebilmektedir (Karataş & Güleş, 2022).

Özel okullarda çalışan öğretmenlerin yaşadığı deneyimler, devlet okullarında çalışan öğretmenlerden farklılaşabilmektedir. Özellikle performans odaklı çalışma anlayışı, kurumların akademik başarı beklentisi ve velilerin yüksek talepleri öğretmenler üzerinde yoğun bir sorumluluk oluşturabilmektedir (Demirtaş, 2021). Buna karşılık özel okulların sunduğu teknolojik olanaklar, sosyal etkinlikler, materyal çeşitliliği ve kurumsal destek unsurları bazı öğretmenler tarafından mesleki açıdan motive edici olarak değerlendirilmektedir (Aydın & Pehlivan, 2020). Bu durum, özel okul deneyiminin öğretmenler üzerindeki etkisinin tek yönlü

olmadığını; bireysel, kurumsal ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir.

Alan yazın incelendiğinde öğretmen motivasyonu, iş doyumu ve çalışma koşullarına ilişkin çok sayıda araştırma bulunduğu görülmektedir. Ancak özel okullarda görev yapan sınıf öğretmenlerinin deneyimlerini doğrudan kendi ifadeleri üzerinden inceleyen nitel çalışmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle öğretmenlerin özel okul ortamına ilişkin algılarının, mesleki tutumlarının ve çalışma süreçlerine yönelik deneyimlerinin detaylı biçimde ortaya konulması, eğitim yönetimi ve öğretmen politikaları açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle araştırmada, özel okullarda görev yapan sınıf öğretmenlerinin mesleki motivasyonları ve çalışma süreçleri üzerindeki görüşlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın, özel okul ortamında görev yapan öğretmenlerin yaşadığı deneyimlerin anlaşılmasına katkı sağlayacağı ve eğitim alanındaki uygulamalara yönelik öneriler geliştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma deseni

Bu araştırma görüşme tekniği ile gerçekleştirilmiş olup süreçte nitel araştırma desenlerinden fenomenoloji deseni kullanılmıştır. Fenomenoloji deseni, bireylerin belirli bir olguya ilişkin yaşantılarını, algılarını ve deneyimlerini derinlemesine incelemeyi amaçlayan bir yaklaşım olarak tercih edilmiştir. Araştırmada özel okullarda görev yapan sınıf öğretmenlerinin çalışma süreçlerine, motivasyonlarına ve mesleki deneyimlerine ilişkin görüşleri incelenmiştir.

2.2. Çalışma grubu

Bu çalışma, Adana'da farklı özel okullarda görev yapmakta olan toplam 15 sınıf öğretmeni ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Katılımcıların özel okulda aktif olarak görev yapıyor olmaları temel ölçüt olarak belirlenmiştir.

2.3. Veri toplama aracı

Araştırmanın amacı doğrultusunda hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formu veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Görüşme formunda öğretmenlerin özel okulda çalışmaya ilişkin deneyimlerini, motivasyonlarını, çalışma koşullarını ve mesleki tutumlarını ortaya çıkarmaya yönelik toplam 5 açık uçlu soru yer almaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmada özel okullarda görev yapan 15 sınıf öğretmenine aşağıda bulunan 5 açık uçlu soru sorulmuştur:

1. Özel okulda çalışmak mesleki doyumunuzu nasıl etkilemektedir?
2. Özel okul ortamı, öğretmenlik mesleğine bakış açınızı nasıl değiştirdi?
3. Özel okulda veli beklentilerinin yüksek olması, sizin çalışma motivasyonunuzu ve öğretim sürecinizi nasıl etkilemektedir?
4. Kurum yönetiminin beklentileri ve denetimi, iş yapma biçiminizde ne tür değişikliklere yol açmaktadır?
5. Özel okulda çalışma koşulları (maaş, çalışma saatleri, fiziksel imkânlar vb.) motivasyonunuzu nasıl etkilemektedir?

2.4. Veri Analizi

Görüşmeler katılımcıların izni doğrultusunda ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmış ve daha sonra ayrıntılı biçimde transkript edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen veriler tematik analiz yöntemi kullanılarak çözümlenmiştir. Öncelikle görüşmelerden elde edilen transkriptler ayrıntılı biçimde incelenmiş, ardından öğretmen ifadeleri doğrultusunda kodlar oluşturulmuştur. Benzer özellik gösteren kodlar bir araya getirilerek kategoriler oluşturulmuş, son aşamada ise kategoriler altında temalar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular öğretmen görüşlerinden doğrudan alıntılarla desteklenerek yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

Bulgular, öğretmenlerin özel okulda çalışma durumunun mesleki doyum ve mesleğe bakış açısına etkisi, veli beklentilerinin çalışma motivasyonu ve öğretim sürecine etkisi, kurum beklentilerinin iş yapma biçimlerine etkisi ve çalışma koşullarının öğretmenlerin motivasyonları üzerindeki etkisine ilişkin görüşlerine dayalı olarak sunulmuştur. Tablo 1'de öğretmenlerin özel okulda çalışma durumunun mesleki doyum üzerindeki etkisine ilişkin görüşleri verilmiştir.

Tablo 1. Özel okulda çalışma durumunun mesleki doyum üzerindeki etkisine ilişkin görüşler

Birincil Tema	İkincil Tema	Kategori	Kod	f
Özel okulda Çalışma Durumunun Öğretmenlerin Mesleki Doyumlarına Etkisi	Olumlu Etkiler	Çalışma Ortamı ve İmkânlar	Fiziksel ve materyal imkânların iyi olması	6
			Öğrencilerle birebir ilgilenebilme ve bağ kurma	6
			Derslerin daha verimli ve yaratıcı işlenebilmesi	2
	Olumsuz Etkiler	Çalışma Koşulları ve Baskı	Yoğun iş yükü ve tempo	5
			Mesleki doyumun düşmesi ve keyif alamama	2
			Emek karşılığını maddi/manevi alamama	2
			Sürekli kendini kanıtlama ihtiyacı	1
			Ders dışı yüklerin artması	2
			Sürekli yüksek beklenti ve performans baskısı	5

Tablo 1 incelendiğinde, özel okulda çalışmanın öğretmenlerin mesleki doyumu üzerinde çift yönlü bir etki yarattığı görülmektedir. Fiziksel imkânlar, materyal zenginliği ve öğrenciyle birebir ilgilenme fırsatı gibi unsurlar mesleki doyumu artıran faktörler arasında yer alırken; yoğun iş yükü, yüksek beklenti ve performans baskısı gibi unsurlar doyumu olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca bazı öğretmenlerin mesleki doyumlarını dengeli veya dalgalı olarak tanımlamaları, bu durumun bireysel ve kurumsal faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tablo 2'de öğretmenlerin özel okulda çalışma durumunun mesleğine bakış açısı üzerindeki etkisine ilişkin görüşleri verilmiştir.

Tablo 2. Özel okulda çalışma durumunun mesleğe bakış açısı üzerindeki etkisine ilişkin görüşler

Birincil Tema	İkincil Tema	Kategori	Kod	f
Özel okulda Çalışma Durumunun Öğretmenlerin Mesleğe Bakış Açısına Etkisi	Olumlu Dönüşüm	Mesleki Rol ve Yapı	Öğretmenliğin çok yönlü hale gelmesi	2
			Veli iletişimi ve kurumsal sorumlulukların artması	3
			Öğretmenliğin profesyonelleşmesi	3
		Mesleki Algı	Öğretmenliğe daha gerçekçi bakma	3
			Öğretmenliğin ticari boyutunun fark edilmesi	2
			Sisteme uyum sağlama	3
	Olumsuz Dönüşüm	Mesleki Algı	İdealist bakış açısının azalması	3
			Öğretmenliğin özgür/yaratıcı olmaktan uzaklaşması	2
		Çalışma Koşulları	İş yükü ve yorgunluğun bakış açısını olumsuz etkilemesi	3

Tablo 2'de de görüldüğü gibi elde edilen bulgular, özel okul ortamının öğretmenlik mesleğine bakış açısını önemli ölçüde dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu dönüşüm bir yandan öğretmenlerin mesleği daha profesyonel, çok boyutlu ve gerçekçi bir çerçevede

değerlendirmelerine katkı sağlarken; diğer yandan idealizmin azalması, mesleki rolün genişleyerek belirsizleşmesi ve öğretmenliğin özünden uzaklaşma hissi gibi olumsuz algıları da beraberinde getirmektedir. Özellikle öğretmenliğin pedagojik yönü ile kurumsal beklentiler arasında yaşanan gerilim, mesleki kimlik üzerinde belirleyici bir etki yaratmaktadır. Tablo 3'te yüksek veli beklentilerinin öğretmenlerin çalışma motivasyonu ve öğretim sürecini etkilemesine ilişkin görüşlere verilmiştir.

Tablo 3. Yüksek veli beklentilerinin öğretmenlerin çalışma motivasyonu ve öğretim sürecini etkilemesine ilişkin görüşler

Birincil Tema	İkincil Tema	Kategori	Kod	f
Veli Beklentilerinin Öğretmenlerin Çalışma Motivasyonu ve Öğretim Sürecine Etkisi	Olumsuz Etkiler	Veli Baskısı ve Beklentiler	Veli beklentilerinin baskı oluşturması	6
			Gerçekçi olmayan beklentilerle karşılaşma	2
			Sürekli veliyi memnun etmeye çalışma	4
			Motivasyonun düşmesi	7
		Öğretim Sürecine Etkiler	Öğretim sürecinde baskı ve kontrollü ilerleme	2
			Pedagojik doğrular ile veli memnuniyeti arasında kalma	2
	Olumlu Etkiler	Veli ile İletişim ve Uyum	Beklentileri dikkatli ve planlı yapmaya çalışmayı sağlaması	2
			Beklentilerin öğretim sürecine katkı sağlaması	2
			Beklentileri kontrollü şekilde yönetme	3

Tablo 3'teki öğretmen görüşleri incelendiğinde veli beklentilerinin çoğunlukla öğretmenler üzerinde baskı oluşturduğu ve motivasyonu olumsuz etkilediği görülmektedir. Özellikle veli memnuniyetinin ön plana çıkması, öğretmenlerin pedagojik yaklaşımları ile veli talepleri arasında kalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte bazı öğretmenler, deneyim kazandıkça veli beklentilerini daha sağlıklı yönetebildiklerini ve doğru iletişim kurulduğunda bu sürecin öğretim faaliyetlerine olumlu katkı sağlayabildiğini ifade etmiştir. Bu durum, veli beklentilerinin öğretmenler açısından hem zorlayıcı hem de yönetilebilir bir süreç olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Tablo 4'te kurum beklentilerinin öğretmenlerin iş yapma biçimlerine etkisine ilişkin görüşler verilmiştir.

Tablo 4. Kurum beklentilerinin öğretmenlerin iş yapma biçimlerine etkisine ilişkin görüşler

Birincil Tema	İkincil Tema	Kategori	Kod	f
Kurum Beklentilerinin Öğretmenlerin İş Yapma Biçimlerine Etkisi	Olumlu Etkiler	Yönetimin Olumlu Etkileri	Sistemi daha kontrollü ve dikkatli yürütme	5
	Olumsuz Etkiler	Yönetim Baskısı	Yönetim baskısının stres oluşturması	4
			Sürekli denetim ve kontrol altında hissetme	4
			Kendi yöntemlerini uygulayamama	2
			Hata yapmamaya odaklanma	2
		Yönetime Bağımlılık	Verilen çerçevenin dışına çıkamam	2

Tablo 4'teki katılımcı görüşleri incelendiğinde kurum yönetiminin beklenti ve denetimlerinin öğretmenlerin iş yapma biçimlerini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Yönetimsel denetimin öğretmenleri daha planlı, düzenli ve disiplinli çalışmaya yönlendirdiği ifade

edilirken; sürekli kontrol altında olma hissinin öğretmenler üzerinde baskı yarattığı ve yaratıcılığı sınırlandırdığı belirtilmiştir. Ayrıca bazı öğretmenler, eğitim sürecinden çok görünür başarı, raporlama ve veli memnuniyetine odaklanan bir anlayışın iş yapma biçimlerini değiştirdiğini vurgulamıştır. Bunun yanında bazı katılımcılar ise sisteme uyum sağlayarak süreci daha yönetilebilir hale getirdiklerini ifade etmiştir. Tablo 5'te öğretmenlerin çalışma koşullarının motivasyonları üzerindeki etkisine ilişkin görüşler verilmiştir.

Tablo 5. Öğretmenlerin çalışma koşullarının motivasyonları üzerindeki etkisine ilişkin görüşleri

Birincil Tema	İkincil Tema	Kategori	Kod	f
Çalışma Koşullarının Öğretmenlerin Motivasyonları Üzerindeki Etkisi	Olumlu Etkiler	Çalışma Ortamı ve İmkânlar	Fiziksel imkânların iyi olması	7
			Teknolojik altyapının güçlü olması	3
	Olumsuz Etkiler	İş Yükü ve Çalışma Süresi	İş yükünün fazla olması	6
			Uzun çalışma saatleri	4
			Mesai dışında çalışmaya devam etme	2
			Yoğun tempo ve yorgunluk hissi	4
		Ekonomik Faktörler	Maaşın emeğin karşılığını vermemesi	8
		Motivasyon	Motivasyonun zaman zaman azalması	5

Tablo 5'teki katılımcı görüşlerine göre çalışma koşulları öğretmen motivasyonu üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Fiziksel imkânların ve teknolojik altyapının güçlü olması motivasyonu artıran unsurlar arasında görülürken; yoğun iş yükü, uzun çalışma saatleri, sürekli ulaşılabilir olma zorunluluğu ve mesai dışına taşan çalışmalar motivasyonu olumsuz etkilemektedir. Özellikle maaşın harcanan emeğin karşılığını tam olarak karşılamadığı düşüncesi birçok öğretmen tarafından vurgulanmıştır. Bununla birlikte bazı öğretmenler zamanla çalışma koşullarına uyum sağladıklarını ve motivasyonlarını daha dengeli bir düzeyde sürdürdüklerini ifade etmiştir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu araştırmada, özel okullarda görev yapan sınıf öğretmenlerinin çalışma süreçlerine ilişkin deneyimleri; mesleki doyum, öğretmenlik mesleğine bakış açısı, veli beklentileri, yönetim anlayışı ve çalışma koşulları çerçevesinde incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, özel okul ortamının öğretmenlerin motivasyon ve mesleki yaşantıları üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre öğretmenler, özel okulların sunduğu fiziksel imkanlar, teknolojik altyapı, materyal desteği ve öğrenciyle birebir ilgilenebilme fırsatlarını mesleki açıdan olumlu unsurlar olarak değerlendirmiştir. Özellikle sınıf mevcutlarının görece daha az olması ve derslerin daha planlı yürütülebilmesi, bazı öğretmenlerin mesleki doyumlarını artıran faktörler arasında yer almıştır. Bu durum, özel okulların öğretim sürecine ilişkin sunduğu kurumsal olanakların öğretmen motivasyonunu destekleyebildiğini göstermektedir. Alan yazında yer alan bazı araştırmalarda da özel okulların fiziksel koşullar ve materyal çeşitliliği bakımından öğretmenler açısından avantaj oluşturduğu belirtilmektedir.

Bununla birlikte araştırmanın en dikkat çekici sonuçlarından biri, yoğun çalışma temposu ve yüksek beklentilerin öğretmenler üzerinde ciddi bir baskı oluşturduğunun ortaya çıkmasıdır.

Katılımcılar; uzun çalışma saatleri, sürekli ulaşılabilir olma zorunluluğu, ders dışı görevlerin artması ve performans baskısı gibi nedenlerle zaman zaman mesleki tükenmişlik yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Özellikle emeğin karşılığının maddi ve manevi açıdan yeterince alınamadığı düşüncesi, öğretmenlerin motivasyon düzeylerini olumsuz etkileyen temel unsurlardan biri olarak öne çıkmıştır. Bu bulgu, öğretmen motivasyonunun yalnızca fiziksel imkânlarla değil; çalışma yükü, ekonomik koşullar ve kurumsal beklentilerle de doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Araştırmada elde edilen bir diğer önemli sonuç ise öğretmenlik mesleğine yönelik bakış açısında yaşanan değişimdir. Katılımcıların önemli bir kısmı, özel okul deneyimiyle birlikte öğretmenliğe daha "gerçekçi", "profesyonel" ve "kurumsal" bir çerçeveden bakmaya başladıklarını ifade etmiştir. Ancak bu dönüşümün beraberinde bazı olumsuz algıları da getirdiği görülmektedir. Özellikle öğretmenlerin, eğitim sürecinin zaman zaman ticari kaygılar ve veli memnuniyeti ekseninde şekillendiğini düşünmeleri; mesleğin idealist ve pedagojik yönünün geri planda kaldığı hissini oluşturmaktadır. Bazı öğretmenler öğretmenlik rolünün yalnızca eğitim vermekten ibaret olmadığını, aynı zamanda kurum beklentilerini karşılama, veli ilişkilerini yönetme ve sürekli performans gösterme zorunluluğunu içerdiğini belirtmiştir. Bu durum, öğretmenlik mesleğinin anlamına ilişkin algının değişmesine neden olmaktadır.

Araştırmanın bulgularına göre veli beklentileri de öğretmen motivasyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Öğretmenlerin büyük çoğunluğu, yüksek veli beklentilerinin baskı oluşturduğunu ve zaman zaman pedagojik doğrular ile veli memnuniyeti arasında kaldıklarını ifade etmiştir. Özellikle sürekli veli memnuniyetini sağlama çabası, bazı öğretmenlerde motivasyon kaybına ve öğretim sürecinin doğal akışının bozulmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte deneyimli öğretmenlerin bir kısmı, doğru iletişim kurulduğunda veli beklentilerinin daha sağlıklı yönetilebildiğini ve öğretim sürecine olumlu katkılar sağlayabildiğini belirtmiştir. Bu durum, veli-öğretmen iletişiminin özel okul sisteminde belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir.

Yönetim anlayışı ve denetim süreçlerine ilişkin bulgular incelendiğinde ise öğretmenlerin iki yönlü bir değerlendirme yaptığı görülmektedir. Bazı katılımcılar, yönetimsel denetimin planlı çalışma, disiplin ve düzen açısından olumlu etkiler oluşturduğunu belirtirken; bazı öğretmenler ise sürekli kontrol altında olma hissinin baskı yarattığını ve yaratıcılıklarını sınırlandırdığını ifade etmiştir. Özellikle raporlama, görünür başarı üretme ve veli memnuniyetine yönelik beklentilerin öğretmenlerin iş yapma biçimlerini değiştirdiği görülmektedir. Bu durum, öğretmenlerin zaman zaman eğitimin niteliğinden çok görünürlüğüne odaklanmak zorunda hissettiklerini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, özel okul deneyiminin öğretmenler üzerinde tek yönlü bir etki oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma bulguları, öğretmenlerin mesleki deneyimlerinin bireysel özellikler, kurum kültürü, yönetim anlayışı, çalışma koşulları ve veli beklentileri gibi birçok değişkene bağlı olarak farklılaştığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle özel okullarda öğretmen motivasyonunu artırmaya yönelik uygulamaların yalnızca fiziksel imkânlarla sınırlı kalmaması; çalışma koşulları, mesleki destek, yönetim anlayışı ve psikolojik iyi oluş gibi alanları da kapsayacak şekilde bütüncül olarak ele alınması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Aydın, M., & Pehlivan, H. (2020). Özel okullarda çalışan öğretmenlerin çalışma koşullarına ilişkin görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi, 7*(2), 145-162.

Çelikten, M., Şanal, M., & Yeni, Y. (2018). Öğretmenlik mesleği ve özellikleri. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19*(1), 207-237.

Demirtaş, Z. (2021). Özel okul öğretmenlerinin mesleki yaşantılarında karşılaştıkları sorunlar üzerine nitel bir araştırma. *Milli Eğitim Dergisi, 50*(231), 411-430.

Karataş, K., & Güleş, H. (2022). Öğretmen motivasyonunu etkileyen örgütsel faktörlerin incelenmesi. Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi, 9(31), 84-101.

Korkmaz, İ. (2020). Özel eğitim kurumlarında öğretmenlerin çalışma ortamına ilişkin algıları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 49*, 312-329.

Özdemir, S., & Yalın, H. İ. (2021). Eğitim yönetiminde öğretmen motivasyonunun önemi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 27*(3), 455-478.

Yıldırım, A. (2019). Özel okul öğretmenlerinin performans baskısına ilişkin görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 7*(4), 1568-1589.

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE NANO-GÜBRELERİN BİTKİ GELİŞİMİ VE FİZYOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi İmge İhsane ÖZCAN
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Gıda ve Tarım MYO,Gıda İşleme Bölümü, Zonguldak
ORCID ID: 0000-0002-6066-7208

ÖZET
Tıbbi ve aromatik bitkiler, içerdiği biyolojik aktif bileşikler ve uçucu yağlar nedeniyle farmasötik, kozmetik ve gıda endüstrileri açısından önemli bitki grupları arasında yer almaktadır. Geleneksel kimyasal gübrelerin neden olduğu çevresel sorunlar, sürdürülebilir tarım uygulamalarına olan ilgiyi artırmıştır. Bu kapsamda nano-gübreler; kontrollü besin salınımı, yüksek besin kullanım etkinliği ve hedefe yönelik besin iletimi sağlayan yenilikçi sistemler olarak öne çıkmaktadır. Literatürde nano-gübre uygulamalarının tohum çimlenmesi, fide gelişimi, fotosentez ve mineral besin alımını olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir. Ayrıca nano-gübrelerin antioksidan savunma sistemini destekleyerek kuraklık, tuzluluk ve ağır metal stresi gibi abiyotik stres koşullarında bitki toleransını artırabildiği belirtilmektedir. Bunun yanında fenolik bileşikler, flavonoidler ve uçucu yağ üretimini teşvik ederek tıbbi ve aromatik bitkilerin fitokimyasal kalitesini iyileştirebildiği ifade edilmektedir. Ancak yüksek doz nanopartikül uygulamalarının fitotoksisite ve çevresel toksisite riskleri oluşturabileceği de vurgulanmaktadır. Bu derlemede, nano-gübrelerin temel özellikleri, bitkiler tarafından alım mekanizmaları ve tıbbi-aromatik bitkiler üzerindeki fizyolojik etkileri güncel literatürler doğrultusunda değerlendirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Nano-gübre, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Bitki Fizyolojisi, Sürdürülebilir Tarım

THE ROLE OF NANO-FERTILIZERS IN PLANT GROWTH AND PHYSIOLOGY OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS

ABSTRACT
Medicinal and aromatic plants are among the most important plant groups for the pharmaceutical, cosmetic, and food industries due to their biologically active compounds and essential oils. Environmental problems associated with conventional chemical fertilizers have increased interest in sustainable agricultural practices. In this context, nano-fertilizers have emerged as innovative systems that provide controlled nutrient release, high nutrient use efficiency, and targeted nutrient delivery. Previous studies have reported that nano-fertilizer applications positively influence seed germination, seedling development, photosynthesis, and mineral nutrient uptake. In addition, nano-fertilizers have been shown to enhance plant tolerance to abiotic stress conditions such as drought, salinity, and heavy metal stress by supporting antioxidant defense systems. Furthermore, these applications may improve the phytochemical quality of medicinal and aromatic plants by stimulating the production of phenolic compounds, flavonoids, and essential oils. However, high concentrations of nanoparticles may also cause phytotoxicity and environmental toxicity. This review evaluates the fundamental characteristics of nano-fertilizers, their mechanisms of uptake by plants, and their physiological effects on medicinal and aromatic plants in light of current literature.
Keywords: Nano-fertilizer, Medicinal and Aromatic Plants, Plant Physiology, Sustainable Agriculture

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, antik çağlardan günümüze kadar hastalıkların tedavisinde ve genel sağlığın teşvik edilmesinde kullanılmıştır ve modern tıbbın temelini oluşturmaktadır (Pesić, 2015; Chaachouay & Zidane, 2024). Günümüzde, dünya nüfusunun yaklaşık %80 ila %85'inin birincil sağlık hizmetleri için temel olarak bitkisel kaynaklı geleneksel tıbba güvendiği bildirilmektedir (Parvin vd., 2023). Ayrıca, mevcut sentetik ilaçların tahmini olarak %80'inin doğrudan veya dolaylı olarak bitkisel kaynaklardan elde edildiği belirtilmektedir (Bauer & Brönstrup, 2014; Fitzgerald vd., 2020). Terapötik amaçlarla değerlendirilen damarlı bitki türlerinin sayısının 350.000 ile 500.000 arasında olduğu ve bu sayının tüm damarlı bitkilerin yaklaşık %10'unu oluşturduğu tahmin edilmektedir (Rao & Rajput, 2010; Salmerón-Manzano vd., 2020).

Tıbbi ve aromatik bitkiler ile gıda ürünlerine yönelik artan küresel talep, tarımsal üretim sistemleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Küresel nüfusun 2050 yılına kadar yaklaşık dokuz milyara ulaşacağı ve bu artışla birlikte hem gıda hem de bitkisel hammadde ihtiyacını karşılamak için tarımsal üretimin %60 ila %100 oranında artırılması gerektiği öngörülmektedir (Kashyap vd., 2015; Duhan vd., 2017). Geleneksel tarım sistemleri, mahsul verimliliğini artırmak ve artan talebi karşılamak amacıyla uzun yıllar boyunca yüksek miktarlarda kimyasal gübre ve pestisit kullanımına bağımlı kalmıştır (Singh vd., 2019). Ancak, bu girdilerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı toprak verimliliğinde azalmaya, yeraltı sularının kirlenmesine, besin zincirinde biyobirikime ve ekosistem tahribatına yol açmıştır (Duhan vd., 2017; Sharma vd., 2020; Rani vd., 2021). Kimyasal gübrelerin doğrudan toprağa uygulanması durumunda, yıkanma ve buharlaşma gibi kayıplar nedeniyle besin maddesi kullanım verimliliği önemli ölçüde azalmakta, bu da ekolojik kirliliği artırırken tarımsal üretim maliyetlerini yükseltmektedir (Monreal vd., 2016; Rajaie & Tavakoly, 2018; Mahmoud vd., 2019). Sonuç olarak, toprak sağlığını ve agroekosistemleri bozmadan yeterli düzeyde tıbbi bitki ve gıda üretimini sürdürülebilir kılmak, modern tarımın karşılaştığı en önemli sorunlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Zuluaga vd., 2023; Jiménez-Ortega vd., 2024).

Geleneksel tarımsal girdilerin yol açtığı ekolojik ve ekonomik sınırlamaları aşmak amacıyla, nanoteknoloji tarım sektöründe dönüştürücü bir teknolojik yaklaşım olarak öne çıkmıştır (Shrivastava vd., 2019). Bu teknolojik ilerlemenin en önemli ürünlerinden biri olan nano-gübreler, 1 ila 100 nanometre boyutundaki materyallerden üretilerek bitki besleme stratejilerinde yeni bir dönem başlatmıştır (Miguel vd., 2023). Nano-gübreler, geleneksel gübrelerden farklı olarak artırılmış reaktivite, ayarlanabilir gözenek boyutu ve yüksek yüzey alanı-hacim oranı gibi özgün fizikokimyasal özellikler göstermektedir (Raliya vd., 2018; Seleiman vd., 2020; Al-Rawi vd., 2024). Bu yapısal avantajlar, besin maddelerinin bitkilere kontrollü ve hedefe yönelik iletilmesini sağlayarak emilim verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Ahmadian vd., 2021; Othman vd., 2023). Nanoteknolojik sistemler sayesinde besin maddesi kayıplarının en aza indirilmesi, kimyasal gübre birikimiyle ilişkili çevresel toksisiteyi ve gübre israfını azaltmaktadır (Chhipa, 2016; Ram vd., 2025). Besin elementlerinin nano ölçekli bu formülasyonları, hem mahsul verimliliğini optimize etme potansiyeli hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlama kapasitesiyle modern tarımsal sistemler ve tıbbi bitki yetiştiriciliği için güçlü bir alternatif sunmaktadır (Riseh vd., 2024; Akhter vd., 2025).

2. NANO-GÜBRELERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Nano-gübreler, en az bir boyutu 1 ile 100 nanometre arasında değişen, besin elementlerinin nano boyutlu materyaller olarak sentezlendiği veya inorganik/organik taşıyıcı matrisler içerisine hapsedildiği (encapsulation) gelişmiş tarımsal formülasyonlar olarak tanımlanmaktadır (Beig vd., 2022; Kumar vd., 2023; Al-Rawi vd., 2024). Yapısal olarak bu materyaller, üretim yöntemlerine bağlı olarak tekli kristal, çoklu kristal veya amorf formlarda

bulunabilmektedir (Haydar vd., 2024). Tarımsal girdilerde "nutrient delivery" (besin iletimi) dinamiklerini temelden değiştiren bu "encapsulation" stratejisi, aktif bileşenlerin inorganik kil mineralleri (zeolit), hidroksiapatit veya organik biyopolimerler (kitosan, aljinat, sentetik polimerler) kullanılarak oluşturulan "nanocarrier" (nanotaşıyıcı) sistemlerin içerisine gömülmesi esasına dayanmaktadır (Beig vd., 2022; Haydar vd., 2024). Bu nanotaşıyıcı sistemler: nanoemülsiyonlar, polimerik nanopartiküller, katı lipid nanopartiküller, nanojeller ve nanolifler gibi çeşitli morfolojik organizasyonlar ile kurgulanabilmekte, böylece inorganik besin tuzlarının kimyasal stabilitesi artırılırken çevresel yıkım faktörlerine karşı koruma sağlanmaktadır (Fincheira vd., 2023).

Nanopartiküllerin söz konusu matriks yapılarıyla birleşerek sunduğu en belirgin fizikokimyasal üstünlük, makro boyutlu geleneksel eşdeğerlerine kıyasla kütle başına düşen olağanüstü yüksek yüzey alanı ve hacim oranlarıdır (Beig vd., 2022; Kumar vd., 2023). Boyutun nanometre ölçeğine indirgenmesi, partikülün dış yüzeyinde yer alan ve moleküler etkileşime açık olan atomların oranını doğrudan yükselterek belirgin bir "surface reactivity" (yüzey reaktivitesi) artışı sağlamaktadır (Al-Rawi vd., 2024). Artan yüzey alanı ve yapısal reaktivite, nanopartiküllerin daha yüksek miktarda besin iyonunu yapısında tutabilmesine imkân tanırken, aynı zamanda tohum zarları ve bitki hücresel yapılarına nüfuz etme kabiliyetini de güçlü şekilde iyileştirmektedir (Kumar vd., 2023; Al-Rawi vd., 2024). Buna ek olarak, örneğin grafen oksit gibi iki boyutlu nanoyapıların sunduğu olağanüstü özgül yüzey alanı (2600 m^2/g), hem makro hem de mikro besinlerin yüksek kapasiteyle matrikse yüklenmesi için ideal bir donanım sunarak topraktaki biyoyararlanımı (bioavailability) maksimize etmektedir (Haydar vd., 2024). Elde edilen bu yapısal avantajlar, iyonların matriks yapılarından serbest kalma kinetiğini yavaşlatmakta ve hedef bölge etkileşimlerini güçlendirerek, klasik gübrelerde sıklıkla karşılaşılan hızlı çözünme ve fiksasyon problemlerini engellemektedir (Avila-Quezada vd., 2022; Beig vd., 2022).

Nanopartiküllerin genişletilmiş yüzey alanları ve taşıyıcı özelliklerinin entegrasyonu, besinlerin bitki talebiyle eşzamanlı olarak toprağa verildiği "slow release" (yavaş salınım) ve "controlled release" (kontrollü salınım) sistemlerinin temelini oluşturmaktadır (Avila-Quezada vd., 2022; Beig vd., 2022; Kumar vd., 2023). Literatürde yavaş salınımlı nano-gübreler (SRNF), besin elementlerinin yüksek molekül ağırlıklı karmaşık bir matriksin içerisine gömüldüğü ve salınımın matriksteki su difüzyonu ile mikrobiyal bozunmaya bağlı olarak nispeten öngörülemez biçimde ilerlediği sistemler olarak bildirilmektedir (Haydar vd., 2024). Diğer taraftan, kontrollü salınımlı nano-gübreler (CRNF), besin çekirdeğinin inorganik veya organik dış bir kaplama ile sınırlandırıldığı ve salınım kinetiğinin toprak sıcaklığı veya kaplama kalınlığı gibi faktörlerle matematiksel olarak tahmin edilebilir bir profilde düzenlendiği mekanizmalara dayanmaktadır (Haydar vd., 2024). CRNF sistemlerindeki besin salınım mekanizması genel olarak ardışık üç evrede gerçekleşmektedir: İlk olarak toprak neminin partikül çatlaklarından emildiği ancak besin çıkışının henüz başlamadığı bir "lag" (gecikme) evresi görülmektedir. Ardından, artan osmotik basınca bağlı olarak çekirdekteki doygun besin çözeltisinin dışarı doğru difüze olduğu sabit salınım evresi başlamakta ve son olarak konsantrasyon gradyanının düşmesiyle difüzyonun zayıfladığı bozunma (decay) evresine geçilmektedir (Haydar vd., 2024).

Besin iletiminin bu şekilde sistemli biçimde kontrol edilebilmesi, polimerik matrislerin spesifik çevresel uyarılara mekanistik düzeyde yanıt verecek biçimde tasarlanabilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Geliştirilen akıllı nanotaşıyıcı sistemler, çevredeki pH, sıcaklık, nem ve redoks potansiyeli gibi fiziko-kimyasal uyarılara duyarlı olarak fonksiyon göstermektedir (Fincheira vd., 2023; Shen vd., 2023). Özellikle pH duyarlı nanotaşıyıcı polimerlerin yapısındaki amin, fosfat veya karboksilat gibi iyonlaşabilir fonksiyonel gruplar, belirli bir pH eşiğinde

protonlanma veya deprotonasyona uğrayarak elektrostatik etkileşimleri değiştirmekte; bunun sonucunda polimerik matris şişerek veya daralarak taşıdığı besinleri serbest bırakmaktadır. Benzer biçimde, sıcaklığa duyarlı sistemlerde kritik çözelti sıcaklığının (LCST) aşılması, homojen polimer zincirlerinin fiziksel olarak faz ayrımına gitmesine ve matriks yapısının aniden gevşeyerek hapsedilmiş moleküllerin hızlı salınımına olanak tanımaktadır (Fincheira vd., 2023; Shen vd., 2023). Yapısal formülasyonlarla sağlanan bu "controlled release" ve "slow release" özellikleri, gübrelerin aniden çözünerek yıkanma (leaching) veya buharlaşma (volatilization) yoluyla kaybolmasını sınırlamakta, çevresel kirlilik riskini azaltırken gübrenin topraktaki aktif ömrünü bitki fizyolojik ihtiyaçlarıyla senkronize hale getirmektedir (Beig vd., 2022; Al-Rawi vd., 2024; Haydar vd., 2024).

3. NANO-GÜBRELERİN BİTKİLER TARAFINDAN ALIMI

Nano-gübrelerin kökler aracılığıyla bitki sistemine girişi, kök yüzeyinde gerçekleşen fizikokimyasal adsorpsiyon süreçleri ile başlamaktadır. Kök emici tüylerinin mukus ve organik asitler salgılaması kök yüzeyine negatif bir yük kazandırmakta, bu durum özellikle pozitif yüklü nanopartiküllerin kök yüzeyine elektrostatik olarak tutunmasını kolaylaştırmaktadır (Milewska-Hendel vd., 2019). Negatif yüklü nanopartiküller ise kök yüzeyinde elektrostatik itime maruz kalsalar da, bitki dokularına girdiklerinde vasküler sistemde daha yüksek bir taşınım verimliliği sergilemektedir (Koelmel vd., 2013; Zhu vd., 2022). Bununla birlikte, lateral köklerin gelişimi nanopartiküllerin bitki anatomisine nüfuz edebileceği yeni fiziksel arayüzler ve yapısal boşluklar (crack-entry) oluşturmaktadır (Mondal vd., 2023). Kök hücre duvarındaki por çapının 5-20 nm arasında değişmesi, nanopartiküllerin kök hücresine girişini sınırlandıran en temel faktörlerden biri olarak bildirilmiştir (Fleischer vd., 1999). Partikül boyutu kökten alım dinamiklerinde belirleyicidir; çapı 10 nm'nin altında olan nanopartiküllerin (örneğin 3,5 nm altın ve <25 nm seryum oksit) kökler tarafından kolaylıkla absorbe edildiği, 100 nm'den büyük partiküllerin ise kök penetrasyonunda ciddi güçlükler yaşadığı rapor edilmiştir (Pacheco & Buzea, 2017; Schwab vd., 2016). Ancak, boyutu 200 nm'ye ulaşan silika nanopartiküllerinin bile uzun süreli maruziyet sonucunda belirli bitki türlerinin kökleri tarafından alınabildiği gözlemlenmiştir (Slomberg & Schoenfisch, 2012).

Yapraktan uygulanan nano-gübrelerin bitki organlarına girişi temel olarak kutikula, stomalar ve hidatotlar üzerinden gerçekleşmektedir (Lv vd., 2019). Yaprak yüzeyindeki ilk bariyer olan kutikula, çapları 0.6 nm ile 4.8 nm arasında değişen hidrofilik ve lipofilik kanallar barındırmaktadır (Eichert vd., 2008). Kutikula kanallarının bu oldukça sınırlı boyutları nedeniyle, yalnızca 4.8 nm'den küçük partiküllerin (örneğin <2 nm boyutundaki karbon noktalarının) doğrudan bu lipofilik/hidrofilik yolakları kullanarak yapraklara nüfuz edebildiği bildirilmiştir (Hu vd., 2020). Daha büyük boyutlu nanopartiküller için ise stomatal giriş birincil yoldur. Uzunlukları 10-100 µm arasında değişen stomaların 50 nm'den küçük nanopartiküllerin (örneğin 30 nm boyutundaki çinko oksit nanopartiküllerinin) doğrudan mezofil dokusuna geçişine izin verdiği gösterilmiştir (Zhu vd., 2020). Yapraktan alımda partikül boyutu kadar nanopartikül şekli ve yüzey yükü de etkilidir. Çubuk şekilli nanopartiküllerin küresel olanlara kıyasla yapraklar tarafından daha kolay absorbe edildiği saptanmıştır (Avellan vd., 2021). Hem pozitif hem de negatif yüklü nanopartiküller stomalar yoluyla bitki anatomisine dahil olabilse de, pozitif yüklü partiküllerin negatif yüklü bitki hücre duvarı ile arasındaki elektrostatik çekim nedeniyle yaprak yüzeyinde daha güçlü bir tutunma profili sergilediği belirtilmiştir (Zhu vd., 2012).

Nano-gübrelerin bitki dokularına girişinin ardından sistemik dağılımı karmaşık hücresel taşınım mekanizmaları ile sağlanmaktadır. Bu süreçler temel olarak "apoplastic transport" ve "symplastic movement" olmak üzere iki ana yol üzerinden işlemektedir (Avellan vd., 2021). Apoplastic transport mekanizmasında nanopartiküller, hücre duvarları ve hücreler arası

boşluklardan oluşan hücre dışı alanları kullanarak bitkinin iç kısımlarına doğru hareket etmektedir (Shukla vd., 2016; Murali vd., 2022). Ancak kök endodermisinde yer alan Kaspari şeridi (Casparian band), bu partiküllerin doğrudan vasküler silindire geçişini fiziksel olarak sınırlandırmaktadır (Roppolo vd., 2011). Symplastic movement ise nanopartiküllerin çapları 2 nm ile 40 nm arasında değişen plazmodezmatalar aracılığıyla hücreden hücreye sitoplazmik geçişini ifade etmektedir (Rico vd., 2011; Knoblauch & Oparka, 2012). "Cellular internalization" (hücresel içselleştirme) süreçlerinde plazma zarında bulunan taşıyıcı proteinler, iyon kanalları, akuaporinler ve özellikle endositoz mekanizması aktif rol oynamaktadır (Nair vd., 2010; Chichiriccò & Poma, 2015). "Endocytosis", plazma zarının içeri doğru katlanması yoluyla boyutu 1 µm'ye kadar ulaşabilen daha büyük nanopartiküllerin bile hücre içine alınmasını sağlayabilmektedir (Nair vd., 2010; Mody vd., 2014). Hücrelere alınan partiküllerin bitki içindeki uzun mesafeli dağılımı "vascular transport" (vasküler taşınım) ile yönetilmektedir. Köklerden alınan partiküller ksilem aracılığıyla aşağıdan yukarıya doğru taşınırken, yapraktan uygulanan partiküller "xylem/phloem transport" dinamikleri bağlamında floem elemanları kullanılarak köklere doğru çift yönlü bir "nanoparticle translocation" gerçekleştirebilmektedir (Wang vd., 2012; Rani vd., 2023). Ksilem ve floem içerisindeki elek borularının fizyolojik çapları, 0,405 µm boyutuna kadar olan büyük partiküllerin ve nanopartikül agregatlarının vasküler dokularda taşınımına olanak tanıdığı bildirilmiştir (Rani vd., 2023).

4. TOHUM ÇİMLENMESİ VE ERKEN FİDE GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Nanopartikül ön uygulamaları (nano-priming), tohum çimlenmesini hızlandırmak ve çimlenme oranını artırmak amacıyla kullanılan analitik bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu süreçte nanopartiküllerin tohum kabuğundan nüfuz ederek su alımını teşvik ettiği ve tohum içerisinde nanoporlar oluşturarak suyun ve temel besin maddelerinin girişini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Kandhol vd., 2022; Nile vd., 2022). Spesifik bitki türleri üzerinde yapılan araştırmalarda, silika nanopartikülleri (nSiO2) ile muamele edilen *Stevia rebaudiana* tohumlarında çimlenme oranının kontrol grubuna kıyasla %106 artış göstererek %68'e ulaştığı ve çimlenme hızının anlamlı ölçüde yükseldiği kaydedilmiştir (Hasanaklou vd., 2023). Benzer şekilde, çinko oksit nanopartikülleri (ZnO-NPs) uygulamasının çeltik (*Oryza sativa* L.) tohumlarında çimlenme yüzdesini, nispi tohum çimlenme hızını ve tohum canlılık indeksini iyileştirdiği gösterilmiştir (Singh vd., 2023). Mısır (*Zea mays* L.) tohumlarında ZnO-NPs ve 24-epibrassinolide kombinasyonunun kümülatif çimlenme yüzdesini ve imbibisyon oranını artırdığı, tohum çimlenme süresini ise kısalttığı bildirilmiştir (Alhammad vd., 2023). Gümüş nanopartikülleri (AgNPs) kullanılarak mısır tohumları üzerinde yapılan çalışmalarda da normal ve stres koşulları altında çimlenme hızının ve tohum canlılığının olumlu yönde etkilendiği belirtilmiştir (Chen vd., 2023). Kolza (*Brassica napus* L.) tohumlarında poliakrilik asit kaplı selenyum katkılı karbon noktaları (PAA@Se-CDs) ile yapılan ön muamelenin tuz stresi altında çimlenmeyi %20 oranında iyileştirdiği tespit edilmiştir (Khan vd., 2024). Bununla birlikte, uygulanan nanopartikül konsantrasyonunun çimlenme üzerindeki etkisinin doz bağımlı olduğu da vurgulanmalıdır. Örneğin, buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarında biyosentezlenmiş AgNPs'nin 40 mg/L konsantrasyona kadar çimlenme yüzdesini olumsuz etkilemediği, ancak bitkinin daha ileri dönemdeki erken fide gelişimini sınırlandırdığı rapor edilmiştir (Lahuta vd., 2022).

Erken fide dönemi kök ve sürgün gelişimi, nanopartikül uygulamaları ile modüle edilen temel fizyolojik parametreler arasında yer almaktadır. *Stevia rebaudiana* bitkisinde gerçekleştirilen nSiO2 uygulaması, fide dönemi kök, sürgün ve toplam fide kuru ağırlığında sırasıyla %283, %168,9 ve %220 oranında artış sağlamıştır (Hasanaklou vd., 2023). Hidroponik ortamda yetiştirilen mısır fidelerine uygulanan çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNTs) ve nano-

SiO2, bitki boyunu, kök uzunluğunu ile kök-sürgün oranını artırmanın yanı sıra, toplam kök uzunluğu, kök yüzey alanı, kök hacmi ve kök ucu sayısını yükselterek erken dönem kök morfolojisinin gelişimini desteklemiştir (Hao vd., 2023). Kolza bitkisinde dışsal L-aspartat nano-kalsiyum (Ca(L-asp)-NPs) uygulamasının, özellikle kaba köklerin gelişimini uyardığı, kök yüzey alanı ve hacmini artırdığı, ayrıca kök dokusunda hücre duvarı pektin içeriğini yükselterek mekanik özellikleri desteklediği belirlenmiştir (Hou vd., 2022). Yine kolza fidelerinde PAA@Se-CDs nanopartiküllerinin kullanımı fide yaş ağırlığında %161'lik bir artış ve fide boyunda belirgin bir uzama ile sonuçlanmıştır (Khan vd., 2024). Çeltik fidelerinde 50 mg/L konsantrasyonundaki ZnO-NPs uygulamasının tuz stresinin neden olduğu sürgün ve kök uzunluğundaki baskılanmayı hafiflettiği rapor edilmiştir (Singh vd., 2023). Diğer taraftan, yüksek konsantrasyonlardaki nanopartikül uygulamalarının fitotoksik etkiler oluşturabileceği de bildirilmiştir. Nitekim buğday fidelerinde 20 ve 40 mg/L konsantrasyonlarındaki AgNPs uygulaması koleoptil büyümesini %25 oranında engellemiş, kök ucu hücre ölümlerine, köklerde kalınlaşmaya ve kök tüyü gelişiminin baskılanmasına neden olmuştur (Lahuta vd., 2022).

Nanopartikül uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide gelişimini destekleyici etkisi, hücresel düzeyde indüklenen metabolik aktivasyon süreci ile yakından ilişkilidir. Nano-priming uygulamalarının tohumda ılımlı düzeyde reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini tetiklediği ve "oxidative window" (oksidatif pencere) olarak adlandırılan bu limitli ROS birikiminin tohum uykusunun kırılmasında fizyolojik bir sinyal görevi gördüğü önerilmektedir (Kandhol vd., 2022; Nile vd., 2022; Hasanaklou vd., 2023). Üretilen ROS ve oluşturulan nanoporların yardımıyla tohum endospermindeki hidrolitik bağların zayıfladığı ve hücre duvarı modifikasyonlarının kolaylaştığı bildirilmiştir (Nile vd., 2022). Enerji metabolizmasının başlatılmasında rol oynayan yedek karbonhidratların parçalanması, "enzyme activation" (enzim aktivasyonu) aracılığıyla hızlanmaktadır. Mısır tohumlarında ZnO-NPs ve 24-epibrassinolide uygulaması, nişastayı metabolize eden α-amilaz aktivitesini artırarak çimlenme sürecine enerji sağlamıştır (Alhammad vd., 2023). Benzer biçimde, *Stevia rebaudiana* tohumlarında nSiO2 uygulaması kotiledonlardaki nişasta miktarını azaltarak α-amilaz aktivitesini yükseltmiş ve sukroz birikimini artırmıştır (Hasanaklou vd., 2023). Kolza tohumlarında ise PAA@Se-CDs nanopartikülleri, tohum kabuğunu zayıflatarak radikula çıkışını kolaylaştıran endo-β-mannanaz enzim aktivitesini 1. günde %255 oranında artırmıştır. Aynı çalışmada, PAA@Se-CDs uygulamasının "respiration activation" (solunum aktivasyonu) sürecini uyardığı ve "ATP production" (ATP üretimi) miktarını %607 oranında artırarak çimlenen fidelerin büyümesi için gerekli olan erken dönem hücresel enerjiyi tedarik ettiği belirlenmiştir (Khan vd., 2024).

Bitkilerin antioksidan sistemlerinin ve osmotik düzenleyicilerinin nanopartiküller tarafından uyarılması, erken dönem fide hayatta kalma oranlarını desteklemektedir. ZnO-NPs ile muamele edilen çeltik tohumlarında tuz stresi altında süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivasyonunun arttığı, bununla birlikte hücresel hasar belirteci olan malondialdehit (MDA) içeriğinin azaldığı saptanmıştır (Singh vd., 2023). Mısır fidelerinde MWCNTs ve nano-SiO2 uygulaması, azot metabolizmasına katılan glutamin sentetaz (GS) ve glutamat dehidrogenaz (GDH) gibi enzimlerin etkinliklerini artırarak inorganik azotun organik formlara dönüşümünü ve karbonhidrat sentezini teşvik etmiştir (Hao vd., 2023). Kolza fidelerinde PAA@Se-CDs kullanımı sonucunda katalaz (CAT), peroksidaz (POX/POD) ve SOD aktiviteleri artarken, potasyum (K+) tutulumu iyileştirilerek optimum K+/Na+ oranı korunmuş; artan çözünür şeker ve protein miktarları hücre içi osmotik dengenin sağlanmasına katkıda bulunmuştur (Khan vd., 2024; Hasanaklou vd., 2023). İlave olarak, gümüş nanopartiküllerine maruz kalan buğday köklerinde sukroz, maltoz, 1-kestoz, fosforik asit ile prolin, aspartat ve dallı zincirli amino asitler gibi spesifik polar metabolitlerin biriktiği, böylece

endospermden gelişmekte olan fideye ihtiyaç duyulan şeker ve amino asit transkolasyonunun sağlandığı kaydedilmiştir (Lahuta vd., 2022). Bildirilen bu biyokimyasal süreçler, kontrollü nanopartikül uygulamalarının tohum fizyolojisine müdahale ederek erken bitki büyüme döneminde hücresel canlılığı ve çevresel adaptasyonu iyileştirdiğini doğrulamaktadır.

5. FOTOSENTEZ VE BİTKİ FİZYOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Tıbbi ve aromatik bitkilerde nano-gübre ve nano-biyostimülan uygulamalarının klorofil içeriği üzerindeki etkileri, kullanılan nanopartikülün kimyasal doğasına, konsantrasyonuna ve bitki türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hücre kültürü ve *in vitro* koşullarda yürütülen çalışmalarda, *Catharanthus roseus* (Madagaskar cezayir menekşesi) fidelerinin kültür ortamına 50, 100 ve 150 mg/L dozlarında çok duvarlı karbon nanotüplerin (MWCNT) eklenmesinin, klorofil a, klorofil b ve karotenoid seviyelerinde kontrollü bir artışa eşlik ettiği bildirilmiştir (Ghasempour vd., 2019). Söz konusu bu pigment artışları, nanopartiküllerin çevresel stres faktörlerine karşı gösterdiği koruyucu etkiler bağlamında da izlenmektedir. Örneğin, tuz stresi altında yetiştirilen tıbbi ve aromatik özellikli *Ocimum basilicum* (fesleğen) bitkisinde silika (Si) nanopartiküllerinin uygulanması, azalan klorofil miktarının korunması ve vejetatif özelliklerin iyileştirilmesi ile ilişkili bulunmuştur (Kalteh vd., 2018). Buna karşın, nanopartikül uygulamalarının fotosentetik pigmentler üzerinde her zaman teşvik edici bir sonuç doğurmadığı durumlar da mevcuttur. Nane (*Mentha piperita*) bitkisinde titanyum dioksit (TiO2) nanopartiküllerinin bazı konsantrasyonlarda klorofil içeriği üzerinde inhibitör etkiler oluşturabileceği belirtilirken (Samadi, Yahyaabadi, & Rezayatmand, 2014), farklı bir çalışmada ise 150 mg/L dozundaki TiO_2 nanopartikül uygulamasının aynı bitki türünde fotosentez mekanizmalarını ve salgı tüyü (peltate glandular trichome) oluşumunu modüle ettiği rapor edilmiştir (Ahmad vd., 2018). Bu durum, nanopartikül tipinin ve uygulanan konsantrasyonun pigmentasyon dinamikleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Klorofil seviyelerinde gözlemlenen bu yapısal değişiklikler, bitkilerin genel fotosentetik performansını ve fizyolojik verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Aromatik bir tür olan *Vetiveria zizanioides* bitkisinde 90 mg/L konsantrasyonunda uygulanan TiO_2 nanopartiküllerinin fotosentetik performansı ve buna bağlı olarak uçucu yağ verimini artırdığı gösterilmiştir (Shabbir vd., 2019). Benzer biçimde, limon otunda (*Cymbopogon flexuosus*) foliar yolla uygulanan 150 mg/L dozundaki Si nanopartiküllerinin metabolik değişiklikleri uyararak fotosentetik kapasiteyi ve genel bitki büyümesini iyileştirdiği kaydedilmiştir (Mukarram, Khan, & Corpas, 2021). Tıbbi özellikleri ile bilinen *Stevia rebaudiana* bitkisinde ise, Si ve ZnO nanopartikül uygulamalarının fizyolojik süreçleri düzenlediği ve genel biyokimyasal nitelikleri artırdığı önerilmektedir (Javed vd., 2017; Alam vd., 2020). Diğer yandan, kişniş (*Coriandrum sativum*) bitkisine uygulanan seryum oksit (CeO_2) nanopartiküllerinin (125 mg/kg) sürgünlerdeki karbonhidrat kimyasal profilini değiştirdiği saptanmış olup, bu durumun fotosentetik karbon asimilasyonu ile bağlantılı olabileceği belirtilmiştir (Morales vd., 2013). Fotosentetik aparatın fonksiyonel bütünlüğünün korunması, özellikle abiyotik stres koşullarında kritik bir rol oynamaktadır; nitekim tuz stresi altındaki *Dracocephalum moldavica* (Moldavya melisası) bitkisinde CeO_2 nanopartiküllerinin büyüme parametrelerini ve antioksidan savunma sistemini iyileştirerek fizyolojik performansı desteklediği bildirilmiştir (Mohammadi vd., 2021). Büyüme parametrelerinde bildirilen bu gelişim, 6 mg/L dozunda foliar TiO_2 uygulaması yapılan *Coriandrum sativum* bitkilerinde saptanan bitki boyu, dal sayısı ve meyve verimindeki artışlarla da uyumluluk göstermektedir (Khater, 2015).

Fotosentetik kapasitedeki artış ve fizyolojik iyileşmeler, tıbbi ve aromatik bitkilerin mineral besinleri alım ve asimilasyon süreçlerini de optimize ederek besin kullanım etkinliğini (nutrient use efficiency) şekillendirmektedir. *Cymbopogon flexuosus* bitkisinde uygulanan Si

nanopartiküllerinin azot asimilasyonunda kritik bir rol oynayan nitrat redüktaz enziminin aktivitesini artırdığı ve böylece hücresel düzeyde besin asimilasyonunu fizyolojik olarak desteklediği bulunmuştur (Mukarram, Khan, & Corpas, 2021). Farklı metalik nanopartiküllerin de besin elementlerinin alım dinamikleri üzerinde belirgin etkileri mevcuttur; tıbbi bir bitki olan *Tanacetum parthenium* (gümüşdüğme) üzerinde yürütülen çalışmalarda, ZnO nano-elisitör uygulamalarının bitkinin sekonder metabolit üretimini modüle etmesinin yanı sıra çinko (Zn) ve demir (Fe) emilimini de anlamlı şekilde artırdığı rapor edilmiştir (Shahhoseini vd., 2020). Ek olarak, *Mentha longifolia* kültürlerine koloidal formda bakır (Cu) ve kobalt (Co) nanopartiküllerinin eklenmesinin sürgün gelişimi ve büyüme özelliklerini modüle ettiği, bu fizyolojik yanıtların besin dengesi ve hücresel asimilasyon süreçleriyle güçlü bir şekilde ilişkilendirildiği belirtilmiştir (Talankova-Sereda vd., 2016). Elde edilen literatür bulguları, nano-gübrelerin hücresel mekanizmalara nüfuz ederek tıbbi ve aromatik bitkilerde besin kullanım etkinliğini artırabildiğini ve mineral homeostazisini yapısal düzeyde optimize edebildiğini göstermektedir.

6. ANTİOKSİDAN SİSTEM VE ABİYOTİK STRES TOLERANSI

Abiyotik stres koşulları, bitki hücrelerinde süperoksit ($O_2^{\bullet-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil radikalleri (•OH) ve singlet oksijen ($^1O_2$) gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimine ve birikimine neden olarak oksidatif strese (oxidative stress) yol açmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda sinyal molekülleri olarak işlev gören ROS, şiddetli stres altında hücresel homeostaziyi bozarak membran lipid peroksidasyonuna, protein oksidasyonuna ve DNA hasarına neden olmaktadır (Rao vd., 2025). Bitkilerin çevresel streslere uyum sağlayabilmesi ve hücresel canlılığını koruyabilmesi, ROS üretimi ile ROS temizlenmesi (ROS scavenging) arasındaki redoks homeostazisinin korunmasına bağlıdır (Rao vd., 2025; Rao ve Zheng, 2025). Oksidatif hasarı sınırlamak ve ROS dengesini yeniden kurmak amacıyla bitkiler koordine çalışan bir antioksidan savunma sistemi (antioxidant defense system) devreye sokmaktadır. Bu enzimatik mekanizmada süperoksit dismutaz (SOD), süperoksit radikallerinin hidrojen peroksit ve moleküler oksijene dismutasyonunu katalize ederek hücresel savunmanın ilk hattını oluşturur. SOD aktivitesi sonucunda oluşan hidrojen peroksit, katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri tarafından su ve oksijene dönüştürülerek detoksifiye edilmektedir. Bu temel enzimlere ek olarak peroksidaz (POD) ve glutatyon peroksidaz (GPX) gibi tiyol bağımlı bileşenler de organik hidroperoksitlerin indirgenmesinde rol alarak oksidatif stresin hücresel membranlara verebileceği zararı engellemektedir (Rao vd., 2025).

Kuraklık stresi, stoma kapanmasına bağlı olarak CO_2 alımını sınırlar ve elektron taşıma zincirinin aşırı indirgenmesine yol açarak kloroplastlarda yoğun ROS üretimine neden olur. Tuz stresi ise bitkilerde iyonik dengesizlik ve osmotik basınç yaratarak lipid peroksidasyonunu ve membran hasarını artırır (Rao vd., 2025). Bitkilerin bu stres faktörlerine karşı gösterdiği tolerans mekanizmaları, nano-biyostimülan uygulamaları ile modüle edilebilmektedir.

Kuraklık stresine maruz bırakılan *Helianthus annuus* (ayçiçeği) bitkilerinde çinko (Zn) nanopartiküllerinin uygulanması, antioksidatif savunma sistemini uyararak kuraklık toleransını artırmıştır (Jan vd., 2022). Benzer şekilde, selenyum (Se) nanopartiküllerinin kullanımı oksidatif stres yönetimini iyileştirerek bitkilerin abiyotik stres yanıtlarını desteklemiştir (Zeeshan vd., 2024). Tıbbi ve aromatik bitkiler özelinde yapılan araştırmalar, nanopartikül elisitörlerinin sekonder metabolizma ve antioksidan kapasite üzerindeki doğrudan etkilerini ortaya koymuştur. *Dracocephalum kotschyi* türünde silisyum dioksit (SiO_2) nanopartiküllerinin uygulanması, fenilalanin amonyak-liyaz (PAL) enzim ekspresyonunu teşvik ederek fenol, flavonoid ve rosmarinik asit birikimini anlamlı düzeyde artırmıştır (Nourozi vd., 2019). Bir diğer tıbbi bitki olan *Withania somnifera* üzerinde bakır (Cu) nanopartiküllerinin kullanımı da

fenolik ve flavonoid bileşiklerin miktarını yükselterek antioksidan savunma mekanizmasını güçlendirmiştir (Singh vd., 2018).

Tuz stresi altında bitkilerin gösterdiği hücresel yanıtlar da benzer şekilde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan kapasitenin artırılmasına dayanmaktadır. Tuza maruz kalan bitkilerde ROS temizlenmesini sağlamak üzere SOD, CAT ve APX gibi enzimlerin aktivitelerinin yukarı regüle edildiği bildirilmiştir (Ahanger vd., 2020; Cheng vd., 2020). Tıbbi ve aromatik bitki türlerinde tuz stresi uygulamaları polifenol biyosentezini tetiklemektedir. Yapılan çalışmalar, tuz stresi altında *Thymus vulgaris* (kekik) bitkisinde fenolik bileşiklerin ve antioksidan aktivitenin arttığını (Bistgani vd., 2019), *Mentha piperita* (nane) bitkisinde ise sekonder metabolit birikiminin uyarıldığını göstermektedir (Çoban ve Baydar, 2016). Bu durum, abiyotik streslere karşı gelişen adaptasyon sürecinde antioksidan savunma sisteminin ve biyolojik olarak aktif fenolik moleküllerin kritik bir işlev gördüğünü doğrulamaktadır.

7. SEKONDER METABOLİT VE UÇUCU YAĞ ÜRETİMİNE ETKİLERİ

Tıbbi ve aromatik bitkilerde sekonder metabolit birikimi (metabolite accumulation), bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı hayatta kalabilmek için geliştirdikleri hücresel savunma mekanizmalarının temelini oluşturmaktadır (Aqeel vd., 2023). Fitokimyasal tepkiler (phytochemical responses), özellikle kuraklık, ağır metal toksisitesi ve UV-B radyasyonu gibi abiyotik stres koşulları altında reaktif oksijen türlerinin (ROS) hücresel düzeyde temizlenmesi amacıyla aktive edilmektedir (Kralova ve Jampilek, 2021; Aqeel vd., 2023). Bu bağlamda, nano-gübre ve nano-biyostimülan uygulamalarının bitki fizyolojisine entegre edilmesi, stresin olumsuz etkilerini hafifletmekle kalmayıp, bitkilerin fenolik bileşikler, flavonoidler ve uçucu yağlar gibi ticari değeri yüksek sekonder metabolitleri daha yüksek miktarlarda ve kalitede üretmesini sağlayan güçlü bir elisitör mekanizması sunmaktadır (Afshari vd., 2021).

Fenolik bileşikler ve flavonoidler, abiyotik stres altında oksidatif hasarı sınırlayan, serbest radikallerle reaksiyona girerek zarları koruyan ve bitki savunma sistemini güçlendiren temel antioksidan metabolitlerdir (Kralova ve Jampilek, 2021). Yapılan primer araştırmalar, nanopartikül uygulamalarının bu metabolitlerin biyosentetik yolaklarını doğrudan teşvik ettiğini ve bitkilerin antioksidan kapasitesini derinlemesine etkilediğini göstermektedir. Örneğin, *Coriandrum sativum L.* (kişniş) üzerinde yapılan bir çalışmada, foliar yolla uygulanan silisyum nanopartikülleri (Si-NPs), orta ve şiddetli kuraklık stresi altındaki bitkilerde toplam fenolik (TPC) ve toplam flavonoid (TFC) içeriğini geleneksel silisyum uygulamalarına kıyasla çok daha yüksek oranda artırmıştır. Bu hücresel artış, kuraklık stresinde azalan taşınım nedeniyle çözünür karbonhidratların yapraklarda birikmesi ve Si-NPs'nin şikimik asit veya fenilpropanoid yolaklarını uyararak ROS döngüsünü kıran polifenol sentezini desteklemesine bağlanmıştır (Afshari vd., 2021). Benzer bir yapısal elisitör etkisi, ağır metal toksisitesi altında da saptanmıştır; *Satureja hortensis L.* (yaz saturejası) bitkisinde şiddetli kadmiyum (Cd) stresi TPC ve TFC üretimini ciddi şekilde baskılarken, yapraktan uygulanan 1.5 ve 2.25 mM dozlarındaki Si-NPs bu toksik etkiyi hücresel düzeyde tersine çevirerek fenolik ve flavonoid birikimini optimize etmiş ve bitkinin savunma kapasitesini iyileştirmiştir (Farajzadeh Memari-Tabrizi vd., 2021).

Nano-biyostimülanların sekonder metabolizma üzerindeki uyarım potansiyeli, radyasyon stresi veya biyolojik ajanlarla kombinasyon halinde daha da belirginleşerek bitki metabolizmasında sinerjik bir tepki yaratmaktadır. *Crocus sativus L.* (safran) bitkisi zararlı UV-B radyasyonuna maruz bırakıldığında, doğal bir koruyucu yanıt olarak fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin sentezi tetiklenmektedir. Bu bitkilere foliar olarak 25 ve 50 mg/L dozlarında uygulanan titanyum dioksit nanopartikülleri (TiO2 NPs), UV-B stresi ile etkileşime girerek safran tepeciklerindeki TPC ve TFC miktarını sadece radyasyona maruz kalan bitkilere göre önemli ölçüde artırmış; aynı zamanda DPPH radikal süpürme aktivitesiyle ölçülen antioksidan

potansiyeli maksimize etmiştir (Moradi Rikabad vd., 2019). Eşzamanlı olarak, *Mentha piperita L.* (nane) bitkisinde arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) ve TiO_2 NPs'nin entegre kullanımı, hafif düzeydeki kuraklık stresi altında toplam fenolik ve flavonoid içeriğini en üst seviyelere taşımıştır (Ostadi vd., 2023). Mikorizal simbiyozis ve nano-titanyumun bu sinerjik etkisi, bitki besin elementlerinin (özellikle azot ve fosfor) hücre içi alınabilirliğini iyileştirmesi ve böylece fenolik ve flavonoid biyosentezinde görev alan enzimlerin katalitik aktivasyonunu artırmasıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir (Ostadi vd., 2023; Aqeel vd., 2023).

Sekonder metabolitlerin tıbbi ve aromatik bitkiler açısından ticari ve farmakolojik değeri en yüksek olan ürün grubu uçucu yağlardır ve bu yağların verimi, uygulanan nano-gübre stratejileriyle doğrusal bir artış göstermektedir. Nano-uygulamalar, inorganik azotun proteine ve klorofile dönüşümünü hızlandırıp fotosentetik karbon asimilasyonunu iyileştirerek ve uçucu yağ sentezleyen glandüler trikomların gelişimini teşvik ederek verimi doğrudan desteklemektedir (Ostadi vd., 2023). Nane (*Mentha piperita L.*) üzerinde yürütülen detaylı tarla denemelerinde, ılımlı kuraklık stresi altında AMF ve TiO_2 NPs'nin birlikte uygulanması, uçucu yağ oranını %1,49'a ve uçucu yağ verimini 2,30 g/m²'ye ulaştırarak en yüksek üretim parametrelerinin elde edilmesini sağlamıştır. Benzer biçimde, *Salvia officinalis L.* (adaçayı) bitkisinde de ılımlı kuraklık stresi, stomaların kapanmasıyla hücre içinde biriken NADPH+H+ bileşiklerinin uçucu yağ gibi sekonder metabolitlerin biyosentezinde bir itici güç olarak kullanılmasına yol açmış; bu fizyolojik durum TiO2 NPs ve AMF ile desteklendiğinde bitkinin uçucu yağ içeriği (%1.483) ve verimi (2.52 g/m²) maksimum seviyeye çıkmıştır (Ostadi vd., 2022). Bu bulgulara ek olarak, yeni nesil bir fosfor nano-gübresi şeklinde formüle edilen hidroksiapatit nanopartiküllerinin (HAP NPs) *Rosmarinus officinalis L.* (biberiye) bitkisinde geleneksel NPK gübrelerine kıyasla çok daha yüksek oranda uçucu yağ birikimi sağladığı ve nanopartiküllerin hücreler arası plazmodezmata kanallarından geçerek üstün bir besin iletimi sunduğu tespit edilmiştir (El-syaed vd., 2022).

Uçucu yağ miktarındaki bu biyokimyasal verim artışı, aynı zamanda fitokimyasal kalitenin ve biyoaktif bileşen profilinin de nano-gübreler aracılığıyla hücresel düzeyde optimize edilmesiyle tamamlanmaktadır. Uçucu yağın kalitesini ve spesifik biyoaktivitesini belirleyen monoterpen ve seskiterpen fraksiyonları, bitkinin abiyotik strese karşı tolerans mekanizmalarını yansıtan dinamik bir yapıya sahiptir (Farajzadeh Memari-Tabrizi vd., 2021). Örneğin, AMF ve TiO2 NPs ile entegre biçimde gübrelenen adaçayı bitkilerinde, kalite göstergesi olan ve tıbbi özellikleri belirleyen temel bileşen *cis*-tujon ile 1,8-sineol oranları sırasıyla %35,84 ve %9,56 gibi yüksek seviyelere ulaşmıştır. Nanede ise aynı entegre biyo-nano uygulama, ana etken maddeler olan mentol (%52.00), 1,8-sineol (%7.84) ve neo-mentol (%4.52) biyosentezini kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde teşvik ederek fitokimyasal profili zenginleştirmiştir (Ostadi vd., 2023). Diğer taraftan, kişniş (*Coriandrum sativum L.*) bitkisinde foliar uygulanan Si-NPs, kuraklık stresi koşullarında temel bileşen olan *n*-dekanal oranını artırarak uçucu yağ kalitesini pozitif yönde şekillendirmiştir (Afshari vd., 2021). Ayrıca, ağır metal stresi altındaki *Satureja hortensis L.* bitkisi üzerinde yapılan analizlerde, kadmiyumun uçucu yağın ana monoterpeni olan karvakrol miktarını azaltıcı tahribatına karşın, 1.5 mM Si-NPs foliar uygulaması bu bileşenin miktarını %57.6'ya kadar çıkararak toksisitenin yarattığı baskıyı başarılı bir şekilde kompanse etmiştir (Farajzadeh Memari-Tabrizi vd., 2021). Bu sonuçlar, nano-gübrelerin yalnızca büyüme ve verim üzerinde değil, aynı zamanda hedeflenen farmakolojik profillerin abiyotik stres altında dahi korunması ve maksimize edilmesi noktasında son derece kritik ve analitik bir müdahale aracı olduğunu açıkça kanıtlamaktadır.

8. SONUÇ

Nano-gübreler, kontrollü besin salınımı ve yüksek besin kullanım etkinliği sayesinde tıbbi ve aromatik bitkilerde sürdürülebilir üretim için önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Literatürde yer alan çalışmalar, nano-gübre uygulamalarının bitki büyümesi, fotosentez, mineral besin alımı ve stres toleransı üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiğini göstermektedir. Ayrıca fenolik bileşikler, flavonoidler ve uçucu yağ üretimindeki artışlar, nano-gübrelerin tıbbi ve aromatik bitkilerin fitokimyasal kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, nanopartiküllerin etkilerinin kullanılan materyalin tipi, konsantrasyonu ve uygulama koşullarına bağlı olarak değişebildiği görülmektedir. Özellikle yüksek doz uygulamalarının fitotoksisite, oksidatif stres ve çevresel toksisite gibi olumsuz etkilere yol açabileceği bildirilmektedir. Ayrıca nanopartiküllerin toprak mikrobiyotası ve ekosistem üzerindeki uzun dönemli etkileri henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır.

Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmaların nano-gübrelerin güvenli kullanım düzeyleri, çevresel etkileri ve tıbbi aromatik bitkilerde sekonder metabolizma üzerindeki mekanizmaları üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Özellikle tarla koşullarında gerçekleştirilecek uzun süreli araştırmalar, nano-gübrelerin sürdürülebilir tarımdaki potansiyelinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Afshari, M., Pazoki, A., & Sadeghipour, O. (2021). Foliar-applied silicon and its nanoparticles stimulate physio-chemical changes to improve growth, yield, and active constituents of coriander (Coriandrum sativum L.) essential oil under different irrigation regimes. Silicon, 13(6), 4177–4188.

Ahanger, M. A., Mir, R. A., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). Combined effects of brassinosteroid and kinetin mitigate salinity stress in tomato through the modulation of antioxidant and osmolyte metabolism. Plant Physiology and Biochemistry, 147, 31-42.

Ahmad, B., Shabbir, A., Jaleel, H., Khan, M. M. A., & Sadiq, Y. (2018). Efficacy of titanium dioxide nanoparticles in modulating photosynthesis, peltate glandular trichomes, and essential oil production and quality in *Mentha piperita* L. Current Plant Biology, 13, 6–15.

Ahmadian, K., Jalilian, J., & Pirzad, A. (2021). Nano-fertilizers improved drought tolerance in wheat under deficit irrigation. Agricultural *Water Management*, 244, 106544.

Akhter, S., Sana, Aftab, T., Khan, M. M. A., & Naeem, M. (2025). Foliar application of nano-NPK fertilizer improves physiological activities and essential oil production in Coleus aromaticus Benth. (Ajwain Patta).*Plant Nano Biology*, 12, 100160.

Alam, F., Ali, A., Ansari, A.A., Naeem, M., Aftab, T., Khan, M.M.A., 2020. Employing silicon nanoparticles and GA3 in enhancing the productivity and biochemical attributes of sweet-leaf plant (*Stevia rebaudiana* Bert.). Internat JBot Stud 5, 383–387.

Alhammad, B. A., Ahmad, A., Seleiman, M. F., & Tola, E. (2023). Seed priming with nanoparticles and 24-epibrassinolide improved seed germination and enzymatic performance of Zea mays L. in salt-stressed soil. Plants, 12(4), 690.

Al-Rawi, A. S. M., Mohammed, A. A., Al-Taweel, S. K., & Cheyed, S. H. (2024). The role of nanotechnology in crop improvement – A review. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 56(5), 1929-1937.

Aqeel, U., Aftab, T., Khan, M. M. A., & Naeem, M. (2023). Regulation of essential oils in aromatic plants under a changing environment. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 32, 100441.

Avellan, A., Yun, J., Morais, B. P., Clement, E. T., Rodrigues, S. M., & Lowry, G. V. (2021). Critical Review: Role of inorganic nanoparticle properties on their foliar uptake and in planta translocation. *Environmental Science & Technology, 55*, 13417–13431.

Avila-Quezada, G. D., Ingle, A. P., Golińska, P., & Rai, M. (2022). Strategic applications of nano-fertilizers for sustainable agriculture: Benefits and bottlenecks. Nanotechnology Reviews, 11, 2123–2140.
Bauer, A., & Brönstrup, M. (2014). Industrial natural product chemistry for drug discovery and development. *Natural Product Reports, 31*, 35–60.
Beig, B., Niazi, M. B. K., Sher, F., Jahan, Z., Malik, U. S., Khan, M. D., Américo-Pinheiro, J. H. P., & Vo, D.-V. N. (2022). Nanotechnology-based controlled release of sustainable fertilizers. A review. Environmental Chemistry Letters, 20, 2709–2726.
Bistgani, Z. E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2019). Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds, and antioxidant activity of Thymus vulgaris L. and Thymus daenensis Celak. Industrial Crops and Products, 135, 311-320.
Chaachouay, N., & Zidane, L. (2024). Plant-derived natural products: A source for drug discovery and development.*Drugs and Drug Candidates*, 3(1), 184-207.
Chen, S., Liu, H., Yangzong, Z., Gardea-Torresdey, J. L., White, J. C., & Zhao, L. (2023). Seed priming with reactive oxygen species-generating nanoparticles enhanced maize tolerance to multiple abiotic stresses. *Environmental Science & Technology, 57*(48), 19932-19941.
Cheng, Y. W., Kong, X. W., Wang, N., Wang, T. T., Chen, J., & Shi, Z. Q. (2020). Thymol confers tolerance to salt stress by activating anti-oxidative defense and modulating Na+ homeostasis in rice roots. Ecotoxicology and Environmental Safety, 188, 109894.
Chhipa, H. (2016). Nano-fertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental Chemistry Letters, 15*, 15–22.
Chichiriccò, G., & Poma, A. (2015). Penetration and toxicity of nanomaterials in higher plants. *Nanomaterials, 5*(2), 851–873.
Çoban, Ö., & Baydar, N. G. (2016). Brassinosteroid effects on some physical and biochemical properties and secondary metabolite accumulation in peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. Industrial Crops and Products, 86, 251-258.
Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. Biotechnology reports, 15, 11-23.
Eichert, T., Kurtz, A., Steiner, U., & Goldbach, H. E. (2008). Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. *Physiologia Plantarum, 134*, 151–160.
El-syaed, A. A. A., EL-Gohary, A., Taha, Z. K., Farag, H. M., Hussein, M. S., & AbouAitah, K. (2022). Hydroxyapatite nanoparticles as novel nano-fertilizer for the production of rosemary plants. Scientia Horticulturae, 295, 110851.
Fincheira, P., Hoffmann, N., Tortella, G., Ruiz, A., Cornejo, P., Diez, M. C., Seabra, A. B., Benavides-Mendoza, A., & Rubilar, O. (2023). Eco-efficient systems based on nanocarriers for the controlled release of fertilizers and pesticides: Toward smart agriculture. Nanomaterials, 13, 1978.
Fitzgerald, M., Heinrich, M., & Booker, A. (2020). Medicinal plant analysis: A historical and regional discussion of emergent complex techniques. *Frontiers in Pharmacology, 10*, 423244.
Fleischer, A., O'Neill, M. A., & Ehwald, R. (1999). The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. *Plant Physiology, 121*, 829–838.
Ghasempour, M., Iranbakhsh, A., Ebadi, M., & Ardebili, Z. O. (2019). Multi-walled carbon nanotubes improved growth, anatomy, physiology, secondary metabolism, and callus performance in Catharanthus roseus: an in vitro study. *3 Biotech, 9*(11), 404.

Hao, Y., Yu, Y., Sun, G., Gong, X., Jiang, Y., Lv, G., Zhang, Y., Li, L., Zhao, Y., Sun, D., Gu, W., & Qian, C. (2023). Effects of multi-walled carbon nanotubes and nano-silica on root development, leaf photosynthesis, active oxygen, and nitrogen metabolism in maize.*Plants*, 12(8), 1604.
Hasanaklou, N. T., Mohagheghi, V., Hasanaklou, H. T., Ma'mani, L., Malekmohammadi, M., Moradi, F., & Dalvand, Y. (2023). Seed nano-priming using silica nanoparticles: effects in seed germination and physiological properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni.*Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10(1), 96.
Haydar, M. S., Ghosh, D., & Roy, S. (2024). Slow and controlled release nano-fertilizers as an efficient tool for sustainable agriculture: Recent understanding and concerns. Plant Nano Biology, 7, 100058.
Hou, J., Riaz, M., Yan, L., Lu, K., & Jiang, C. (2022). Effect of exogenous l-aspartate nano-calcium on root growth, calcium forms, and cell wall metabolism of Brassica napus L.*NanoImpact*, 27, 100415.
Hu, P., An, J., Faulkner, M. M., Wu, H., Li, Z., Tian, X., & Giraldo, J. P. (2020). Nanoparticle charge and size control foliar delivery efficiency to plant cells and organelles. *ACS Nano*, *14*, 7970–7986.
Jan, A. U., Hadi, F., Ditta, A., Suleman, M., & Ullah, M. (2022). Zinc-induced anti-oxidative defense and osmotic adjustments to enhance drought stress tolerance in sunflower (Helianthus annuus L.). Environmental and Experimental Botany, 193, 104682.
Javed, R., Usman, M., Yücesan, B., Zia, M., & Gürel, E. (2017). Effect of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on physiology and steviol glycosides production in micropropagated shoots of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Plant Physiology and Biochemistry, 110*, 94–99.
Jiménez-Ortega, L. A., Orozco-Ochoa, A. K., Valdez-Baro, O., & Heredia, J. B. (2024). Microorganisms as biofactories of powerful agents against plant diseases. *Entrepreneurship with Microorganisms*, 1-15.
Kalteh, M., Alipour, Z. T., Ashraf, S., Marashi Aliabadi, M., & Falah Nosratabadi, A. (2018). Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *Journal of Chemical Health Risks, 4*(3), 49–55.
Kandhol, N., Singh, V. P., Ramawat, N., Prasad, R., Chauhan, D. K., Sharma, S., Grillo, R., Sahi, S., Peralta-Videa, J., & Tripathi, D. K. (2022). Nano-priming: Impression on the beginner of plant life. *Plant Stress, 5*, 100091.
Kashyap, P. L., Xiang, X., & Heiden, P. A. (2015). Chitosan nanoparticle-based delivery systems for sustainable agriculture. *International Journal of Biological Macromolecules, 77*, 36–51.
Khan, M. N., Fu, C., Liu, X., Li, Y., Yan, J., Yue, L., Li, J., Khan, Z., Nie, L., & Wu, H. (2024). Nanopriming with selenium-doped carbon dots improved rapeseed germination and seedling salt tolerance. The *Crop Journal*, 12(5), 1333-1343.
Khater, M. S. (2015). Effect of titanium nanoparticles (TiO2) on growth, yield and chemical constituents of coriander plants. *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, *48*(4), 187-194.
Knoblauch, M., & Oparka, K. (2012). The structure of the phloem–still more questions than answers. *Plant Journal, 70*, 147–156.
Koelmel, J., Leland, T., Wang, H., Amarasiriwardena, D., & Xing, B. (2013). Investigation of gold nanoparticles uptake and their tissue level distribution in rice plants by laser ablation-inductively coupled-mass spectrometry. *Environmental Pollution, 174*, 222–228.
Kralova, K., & Jampilek, J. (2021). Responses of medicinal and aromatic plants to engineered nanoparticles. Applied Sciences, 11(4), 1813.

Kumar, N., Samota, S. R., Venkatesh, K., & Tripathi, S. C. (2023). Global trends in use of nano-fertilizers for crop production: Advantages and constraints – A review. Soil & Tillage Research, 228, 105645.
Lahuta, L. B., Szablińska-Piernik, J., Głowacka, K., Stałanowska, K., Railean-Plugaru, V., Horbowicz, M., Pomastowski, P., & Buszewski, B. (2022). The effect of bio-synthesized silver nanoparticles on germination, early seedling development, and metabolome of wheat (*Triticum aestivum L.).Molecules*, 27(7), 2303.
Lv, J., Christie, P., & Zhang, S. (2019). Uptake, translocation, and transformation of metal-based nanoparticles in plants: recent advances and methodological challenges. *Environmental Science: Nano*, *6*, 41–59.
Mahmoud, A. W. M., Abdelaziz, S. M., El-Mogy, M. M., & Abdeldaym, E. A. (2019). Effect of foliar application of ZnO and FeO nanoparticles on growth and nutritional quality of red radish, and assessment of their accumulation in human health.*Agriculture*, 65, 16-29.
Memari-Tabrizi, E. F., Yousefpour-Dokhanieh, A., & Babashpour-Asl, M. (2021). Foliar-applied silicon nanoparticles mitigate cadmium stress through physio-chemical changes to improve growth, antioxidant capacity, and essential oil profile of summer savory (Satureja hortensis L.). *Plant physiology and biochemistry*, *165*, 71-79.
Miguel, V. S., Arias-Estévez, M., Rodríguez-Seijo, A., & Arenas-Lago, D. (2023). Use of metal nanoparticles in agriculture. A review of the effects on plant germination.*Environmental Pollution*, 334, 122222.
Milewska-Hendel, A., Zubko, M., Stróż, D., & Kurczyńska, E. (2019). Effect of nanoparticles' surface charge on the Arabidopsis thaliana (L.) roots development and their movement into the root cells and protoplasts. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*, 1650.
Mody, V. V., Cox, A., Shah, S., Singh, A., Bevins, W., & Parihar, H. (2014). Magnetic nanoparticle drug delivery systems for targeting tumors. *Applied Nanoscience*, *4*, 385–392.
Mohammadi, M.H.Z., Panahirad, S., Navai, A., Bahrami, M.K., Kulak, M., Gohari, G., 2021. Cerium oxide nanoparticles (CeO_2-NPs) improve growth parameters and antioxidant defense system in Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress. Plant Stress 1, 100006.
Mondal, S., Pramanik, K., Pal, P., Mitra, S., Ghosh, S. K., Mondal, T., ... & Maiti, T. K. (2023). Multifaceted roles of root exudates in light of plant-microbe interaction. In*Unravelling plant-microbe synergy*(pp. 49-76). Academic Press.
Monreal, C. M., DeRosa, M., Mallubhotla, S. C., Bindraban, P. S., & Dimkpa, C. (2016). Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients.*Biology and Fertility of Soils*, 52(3), 423-437.
Moradi Rikabad, M., Pourakbar, L., Siavash Moghaddam, S., & Popović-Djordjević, J. (2019). Agrobiological, chemical, and antioxidant properties of saffron (Crocus sativus L.) exposed to TiO_2 nanoparticles and ultraviolet-B stress. Industrial Crops and Products, 137, 137–143.
Morales, M.I.; Rico, C.M.; Hernandez-Viezcas, J.A.; Nunez, J.E.; Barrios, A.C.; Tafoya, A.; Flores-Marges, J.P.; Peralta-Videa, J.R.; Gardea-Torresdey, J.L. Toxicity assessment of cerium oxide nanoparticles in cilantro (*Coriandrum sativum* L.) plants grown in organic soil. *J. Agric. Food Chem.* **2013**, *61*, 6224–6230.
Mukarram, M., Khan, M.M.A., Corpas, F.J., 2021. Silicon nanoparticles elicit an increase in lemongrass (Cymbopogon flexuosus (Steud.) wats) agronomic parameters with a higher essential oil yield. J. Hazard. Mater. 412. https://doi.org/10.1016/j. jhazmat.2021.125254.
Murali, M., Gowtham, H. G., Singh, S. B., Shilpa, N., Aiyaz, M., Alomary, M. N., ... & Amruthesh, K. N. (2022). Fate, bioaccumulation, and toxicity of engineered nanomaterials in

plants: Current challenges and future prospects. *Science of The Total Environment, 811*, 152249.
Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science, 179*, 154–163.
Nile, S. H., Thiruvengadam, M., Wang, Y., Samynathan, R., Shariati, M. A., Rebezov, M., Nile, A., Sun, M., Venkidasamy, B., Xiao, J., & Kai, G. (2022). Nano-priming as emerging seed priming technology for sustainable agriculture—recent developments and future perspectives.*Journal of Nanobiotechnology*, 20(1), 254.
Nourozi, E., Hosseini, B., Maleki, R., & Mandoulakani, B. A. (2019). Pharmacologically important phenolic compounds overproduction and gene expression analysis in Dracocephalum kotschyi hairy roots elicited by SiO2 nanoparticles. Industrial Crops and Products, 133, 435-446.
Ostadi, A., Javanmard, A., Amani Machiani, M., & Kakaei, K. (2023). Optimizing antioxidant activity and phytochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) by integrative application of biofertilizer and stress-modulating nanoparticles under drought stress conditions. Plants, 12(1), 151.
Ostadi, A., Javanmard, A., Amani Machiani, M., Sadeghpour, A., Maggi, F., Nouraein, M., Morshedloo, M. R., Hano, C., & Lorenzo, J. M. (2022). Co-application of TiO2 nanoparticles and arbuscular mycorrhizal fungi improves the quantity and quality of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil under drought stress. Plants, 11(13), 1659.
Othman, E. Z., El-Attar, A. B., El-Bahbohy, R. M., Abd El-Khalek, S. N., Morgan, S. H., & Mahmoud, A. W. M. (2023). Exogenous application of nano-zeolite and nano-silicon elevates Solidago canadensis ' invasive plant tolerance to water deficiency. Horticulturae, 9(2), 172.
Pacheco, I., & Buzea, C. (2017). Nanoparticle interaction with plants. In *Nanoscience and Plant–Soil Systems* (pp. 323–355). Springer.
Parvin, S., Reza, A., Das, S., Miah, M. M., & Karim, S. (2023). Potential role and international trade of medicinal and aromatic plants worldwide.*European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 5, 89-99.
Pesić, M. (2015). Development of natural product drugs sustainably.*Brief for GSDR*.
Rajaie, M., & Tavakoly, A. R. (2018). Iron and/or acid foliar spray versus soil application of Fe-EDDHA for prevention of iron deficiency in Valencia orange grown on a calcareous soil.*Journal of Plant Nutrition*, 41, 150-158.
Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C., & Biswas, P. (2018). Nanofertilizer for precision and sustainable agriculture: Current state and future perspectives.*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 6487-6503.
Ram, B., Senthivelu, M., Prabukumar, G., Gnanachitra, M., & Prasad, V. B. R. (2025). Comprehensive analysis of nano-fertilizers in Indian agriculture - a review.*Plant Science Today*.
Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., & Kaushal, J. (2021). An extensive review of the consequences of chemical pesticides on human health and the environment.*Journal of Cleaner Production*, 283, 124657.
Rani, S., Kumari, N., & Sharma, V. (2023). Uptake, translocation, transformation, and physiological effects of nanoparticles in plants. *Archives of Agronomy and Soil Science, 69*, 1579–1599.
Rao, B. R., & Rajput, D. K. (2010). Global scenario of medicinal plants.*World,10500*(I800).
Rao, M. J., & Zheng, B. (2025). The role of polyphenols in abiotic stress tolerance and their antioxidant properties to scavenge reactive oxygen species and free radicals. Antioxidants, 14(1), 74.

Rao, M. J., Duan, M., Zhou, C., Jiao, J., Cheng, P., Yang, L., Wei, W., Shen, Q., Ji, P., Yang, Y., Yan, D., Yuan, H., Rauf, A., Ai, J., & Zheng, B. (2025). Antioxidant defense system in plants: Reactive oxygen species production, signaling, and scavenging during abiotic stress-induced oxidative damage. Horticulturae, 11(5), 477.
Rico, C. M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*, 3485–3498.
Riseh, R. S., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., & Varma, R. S. (2024). A review of chitosan nanoparticles: Nature's gift for transforming agriculture through smart and effective delivery mechanisms.*International Journal of Biological Macromolecules*, 260, 129522.
Roppolo, D., DeRybel, B., Tendon, V. D., Pfister, A., Alassimone, J., Vermeer, J. E. M., ... & Geldner, N. (2011). A novel protein family mediates Casparian strip formation in the endodermis. *Nature Cell Biology*, *473*, 380–383.
Salmerón-Manzano, E., Garrido-Cárdenas, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2020). Worldwide research trends on medicinal plants.*International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3376.
Samadi N, Yahyaabadi S, Rezayatmand Z. Effect of TiO_2 and TiO_2 nanoparticle on germination, root and shoot length and photosynthetic pigments of *Mentha piperita*. Int J Plant Soil Sci. 2014;3(4):408–18. https:// doi.org/10.9734/IJPSS/2014/7641.
Schwab, F., Zhai, G., Kern, M., Turner, A., Schnoor, J. L., & Wiesner, M. R. (2016). Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants – Critical review. *Nanotoxicology*, *10*, 257–278.
Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2020). Nano-fertilization as an emerging fertilization technique: why can modern agriculture benefit from its use?*Plants*, 10(2).
Shabbir, A.; Khan, M.; Ahmad, B.; Sadiq, Y.; Jaleel, H.; Uddin, M. Efficacy of TiO_2 nanoparticles in enhancing the photosynthesis, essential oil and khusimol biosynthesis in Vetiveria zizanioides L. Nash. Photosynthetica 2019, 57, 599–606.
Shahhoseini, R.; Azizi, M.; Asili, J.; Moshtaghi, N.; Samiei, L. Effects of zinc oxide nanoelicitors on yield, secondary metabolites, zinc and iron absorption of Feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip.). Acta Physiol. Plant. 2020, 42, 1–18.
Sharma, A., Shukla, A., Attri, K., Kumar, M. S., Kumar, P., Suttee, A., & Singla, N. (2020). Global trends in pesticides: a looming threat and viable alternatives.*Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201, 110812.
Shen, M., Liu, S., Jiang, C., Zhang, T., & Chen, W. (2023). Recent advances in stimuli-response mechanisms of nano-enabled controlled-release fertilizers and pesticides. Eco-Environment & Health, 2, 161–175.
Shrivastava, M., Srivastav, A., Gandhi, S., Rao, S., Roychoudhury, A., Kumar, A., & Singh, S. D. (2019). Monitoring of engineered nanoparticles in soil-plant system: A review.*Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 11, 100218.
Shukla, P. K., Misra, P., & Kole, C. (2016). Uptake, translocation, accumulation, transformation, and generational transmission of nanoparticles in plants. In *Plant Nanotechnology* (pp. 183–218). Springer.
Singh, A., Pankaczi, F., Rana, D., May, Z., Tolnai, G., & Fodor, F. (2023). Coated hematite nanoparticles alleviate iron deficiency in cucumber in acidic nutrient solution and as a foliar spray. Plants, 12(17), 3104.
Singh, A., Sengar, R. S., Rajput, V. D., Agrawal, S., Ghazaryan, K., Minkina, T., Al Tawaha, A. R. M., Al Zoubi, O. M., & Habeeb, T. (2023). Impact of zinc oxide nanoparticles on seed

germination characteristics in rice (*Oryza sativa L.)* under salinity stress. *Journal of Ecological Engineering*, 24(10), 142–156.
Singh, O. S., Pant, N. C., Laishram, L., Tewari, M., Dhoundiyal, R., Joshi, K., & Pandey, C. S. (2018). Effect of CuO nanoparticles on polyphenols content and antioxidant activity in ashwagandha (*Withania somnifera* L. Dunal). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7, 3433-3439.
Singh, S., Kumar, A., Arora, P., & Sahu, S. (2019). Nanotechnology and its applications in crop improvement.*Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 8(10), 01-06.
Slomberg, D. L., & Schoenfisch, M. H. (2012). Silica nanoparticle phytotoxicity to Arabidopsis thaliana. *Environmental Science & Technology*, *46*, 10247–10254.
Talankova-Sereda, T.E., Liapina, K.V., Shkopinskij, E.A., Ustinov, A.I., Kovalyova, A.V., Dulnev, P.G., Kucenko, N.I. (2016). The influence of Cu and Co nanoparticles on growth characteristics and biochemical structure of *Mentha longifolia* in vitro. Nanosci. Nanoeng. 4, 31–39, 2016.
Wang, Z., Xie, X., Zhao, J., Liu, X., Feng, W., White, J. C., & Xing, B. (2012). Xylem- and phloem-based transport of CuO nanoparticles in maize (Zea mays L.). *Environmental Science & Technology, 46*, 4434–4441.
Zeeshan, M., Wang, X., Salam, A., Wu, H., Li, S., Zhu, S., Chang, J., Chen, X., Zhang, Z., & Zhang, P. (2024). Selenium nanoparticles boost the drought stress response of soybean by enhancing pigment accumulation, oxidative stress management, and ultrastructural integrity. Agronomy, 14, 1372.
Zhu, J., Li, J., Shen, Y., Liu, S., Zeng, N., Zhan, X., ... & Xing, B. (2020). Mechanism of zinc oxide nanoparticle entry into wheat seedling leaves. *Environmental Science: Nano, 7*, 3901–3913.
Zhu, J., Wang, J., Chen, R., Feng, Q., & Zhan, X. (2022). Cellular process of poly-styrene nanoparticles entry into wheat roots. *Environmental Science & Technology, 56*(10), 6436–6444.
Zhu, Z.-J., Wang, H., Yan, B., Zheng, H., Jiang, Y., Miranda, O. R., ... & Vachet, R. W. (2012). Effect of surface charge on the uptake and distribution of gold nanoparticles in four plant species. *Environmental Science & Technology*, *46*, 12391–12398.
Zuluaga, M. Y. A., Cardarelli, M., Rouphael, Y., Cesco, S., Pii, Y., & Colla, G. (2023). Iron nutrition in agriculture: From synthetic chelates to biochelates.*Scientia Horticulturae*, 312, 111833.

YALNIZLIK DUYGUSU VE EVCİL HAYVAN SAHİPLİĞİ: PSİKOLOJİK KORUYUCU FAKTÖR OLARAK PET BAĞLANMASI VE TÜKETİM DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yasin TAŞ
Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi,
ORCID ID: 0009-0001-4358-7548
Prof. Dr. Tülin DURUKAN
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
ORCID ID: 0000-0001-5228-3274
Doç. Dr. Cihat KARTAL
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
ORCID ID:0000-0003-2390-8268
Dr. Öğr. Üye. Serhat KARAOĞLAN
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
ORCID ID:0000-0002-4120-4013

ÖZET
Yalnızlık, bireylerin sosyal yaşantısındaki yetersizlik algılarından kaynaklanan bir durum olup, ölümcül sonuçlara dahi neden olabilmektedir (Hold-Lunstad vd.,2015). Evcil hayvan sahipliği bu anlamda bir katalizör olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde yer alan bağlanma teorisi çerçevesinde güvenli bir bağlanma, yalnızlık duygusunu azaltarak ölümcül sonuçları ortadan kaldırabilmektedir (Bowlby:1969). Bu çalışma yalnızlık ile pet sahipliği arasındaki ilişkiyi pandemi dönemi ve sonrası çalışmaları üzerine kurgularken, konuyu tüketim davranışları perspektifinden değerlendirmektedir. Pet sahipliği, diğer ürünlerin sahipliğinden çok farklıdır. Pet sahipliği çoğunlukla psikolojik iyi oluş ile ilgilidir. Bireyler bu şekilde yalnızlıklarını telafi edici bir tüketim aracı haline getirerek, pet sektörünün gelişimine katkıda bulunmaktadırlar. Elde edilen akademik bulgular, pet sahipliğinin özellikle yalnız yaşayan bireylerin yalnızlığını daha da arttırdığını, buna karşın etkisinin ilişki bağımlı olduğunu göstermektedir (Kretzler vd., 2022). Dolayısıyla bu çalışma pazarlama açısından antropomorfizm ve duygusal impulsif satın alma eğilimleri çerçevesinde bir katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yalnızlık Duygusu, Evcil Hayvan Sahipliği, Pet Bağlanması, Tüketim Davranışları, Psikolojik Koruyucular

LONELINESS AND PET OWNERSHIP: THE IMPACT OF PET BONDING AND CONSUMPTION BEHAVIORS AS PSYCHOLOGICAL PROTECTIVE FACTORS

ABSTRACT
Loneliness is a condition stemming from individuals' perceptions of inadequacy in their social lives and can even lead to fatal consequences (Hold-Lunstad et al., 2015). Pet ownership emerges as a catalyst in this sense. Within the framework of attachment theory in the literature, secure attachment can reduce feelings of loneliness and eliminate fatal consequences (Bowlby: 1969). This study, while focusing on the relationship between loneliness and pet ownership in studies conducted during and after the pandemic, evaluates the subject from the perspective of consumer behavior. Pet ownership is very different from the ownership of other products. Pet ownership is mostly related to psychological well-being. Individuals contribute to the

development of the pet industry by turning it into a consumer product that compensates for their loneliness. Academic findings show that pet ownership, especially for individuals living alone, further increases loneliness, but its effect is relationship-dependent (Kretzler et al., 2022). Therefore, this study provides a contribution in terms of marketing within the framework of anthropomorphism and emotionally impulsive purchasing tendencies.
Keywords: Feelings of Loneliness, Pet Ownership, Pet Bonding, Consumption Behaviors, Psychological Protectors

1. GİRİŞ

İnsan doğa ilişkisi ilk çağlardan bu yana devam etmektedir. Tarihsel süreçteki kimi resimler ya da insanların diğer canlılar ile olan ilişkilerine de vurgu yapmaktadır. Av hayvanlarının yanı sıra ulaşımda ya da korumada kullanılan bu canlılar insan hayatında oldukça özel bir yere sahiptir.Bu süreç içinde insanlar bazı hayvanları kendi yaşamlarına uygun biçimde geliştirmiş, bazılarına kutsal değerler atfetmiş, birçok durumda da belli ihtiyaçlarını onlardan elde etmiştir. Bu nedenle insan hayvan ilişkisi özellikle psikoloji biliminin ilgi alanı haline gelmiştir. Bu alandaki çalışmalar özellikle evcil hayvan beslemenin yalnızlık üzerindeki etkilerine odaklanmıştır (Andreassen vd., 2013). Ancak zamanla aile yaşamını evcil hayvanlar ile paylaşanların sayısında meydana gelen artış diğer bilim alanlarının da ilgisini çekmeye başlamıştır (Guthrie vd.,2018). Örneğin; tıp dünyası hayvanlar ile gerçekleştirilen alternatif tedavilerde başta otizm olmak üzere, körlük ve diğer fiziksel tedavilerde önemli başarılar elde etmişlerdir (Banks ve Willoughby, 2008). Diğer yandan sosyologlar kent yaşamı ve hayvanlar arasındaki ilişkiyi incelerken, pazarlama bilimi de tüketici davranışları üzerindeki etkilere yoğunlaşmıştır.

Günümüz modern toplumlarında yalnızlık en önemli psikososyal sorunlardan biridir. Hatta medyanın birçok platformunda sadece hayvanları ile yaşayan, onları diğer insanlardan daha yakın gören bireylerin paylaşımları görülmektedir. Bu paylaşımların önemli bir bölümü, bireylerin ruhsal, sosyal ve hatta fiziksel sağlıkları üzerindeki olumlu etkilerine yöneliktir.Özellikle kentleşmenin ortaya çıkardığı sorunlar, cep telefonunun varlığına rağmen iletişim problemleri, dijitalleşmenin olumsuz etkileri ve bütün bunların bir sonucu olarak sosyal bağların zayıflaması gibi dönüşümler, bireyleri giderek yalnızlaştırmaktadır. Yalnız bireylerin sayısındaki artış, artık bu durumun bireysel bir olgu olmadığını; aynı zamanda toplumsal bir çerçevede değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Akademik literatüregöre yalnızlık; bireylerin mevcut sosyal ilişkilerinden beklentileri ile gerçekleşen durum arasındaki olumsuzluğu ifade etmektedir. Bu açıdan bakıldığında yalnızlık, bireylerin birbirlerinden fiziksel olarak uzaklaşmalarından ziyadefarklı bir deneyim durumunu ifade etmektedir. Özellikle günümüzde bu durumu Y kuşağı ve Z kuşağını temsil eden çocuklarıyla yaşamaktadır. Pek çok aile çocuklarını aynı evin içinde dahi olsa göremediklerinden şikâyet etmektedirler. Ancak yaşanan bu özel deneyim, bireyin psikolojik iyi oluşunu zayıflatmakta, depresyon, anksiyete ve stres düzeylerini artırarak yaşam doyumunu düşürmektedir. Nitekim ebeveynlerin, kendi çocuklarının uyumsuz davranışlarından yakınmaları da bu duruma işaret etmektedir. Yalnızlık duygusu kuşaklar arası farkları içerse de yalnızlıkla başa çıkmaya yönelik ortak stratejilerin geliştirilmesine ve bireylerin psikolojik dayanıklılıklarının arttırılmasınayönelik çalışmalar, son yıllarda disiplinlerarası bir seviyeye ulaşmıştır. Zira günümüzde yalnızlık belirli coğrafyalardan çok küresel bir sorundur. Bu nedenle devletler, sosyal desteklere yönelik programlar geliştirmektedir.

Mevcut sosyolojik ve psikolojik durumlar yalnız yaşamaya bir alternatif olarak evcil hayvan sahipliği kavramını ortaya çıkarmıştır. Günümüzde pet sahipliği yalnızlıkla başa çıkmanın önemli bir kaynağı haline gelmiştir. Evcil hayvanlar, özellikle pet grubu, bireylere vermiş olduğu koşulsuz sevgi ve duygusal destek ile yalnızlık duygusunu hafifletmektedir. Günümüzde bu etkileşim "insan-hayvan bağı" (human-animal bond) kavramı çerçevesinde değerlendirilmektedir. Ampirik bulgular ise bunu desteklemektedir.Duruma pazarlama faaliyetleri açısındanbakıldığında; doğru hayvanın seçiminin ve yasal yollardan tedarik edilmesinin kritik bir öneme sahip olduğu görülmektedir.

Pazarlama bilimi bu rolünü çeşitli bilimlerin çıktıları ile desteklemektedir. Örneğin; evcil hayvan sahipliği yalnızlık üzerindeki etkinin giderilmesinde, aynı zamanda sosyal etkileşimlerin yerini doldurmasının yanı sıra bireyin günlük yaşam rutininin bir parçası halinde gelerek boşluk doldurmasında ve hatta çocuklardaki sorumluluk duygusunun gelişmesine ciddi katkılar sağlamaktadır. Ayrıca tek başına yaşayan bireyler, yaşlılar ve duygusal destek ihtiyacı yüksek olan gruplar için de evcil hayvanlar önemli bir sosyal destek kaynağıdır.Bu durumu destekleyen bir örnek olarak birçok yaşlı bakımevinin hayvanlara ev sahipliği yaptığını söylemek mümkündür.

Doğal olarak pazarlama bu ilişkinin niteliğini belirleyen "pet bağlanmasından" da yararlanmaktadır. Pet bağlanması, insanların evcil hayvanlara karşı geliştirdiği duygusal yakınlığı ve bağlılığı ifade etmektedir. Dolayısıyla kişinin kendisini ne kadar yalnız hissettiği bağlanma derecesini de belirleyebilmektedir. Zira yüksek düzeydeki bağlanma, yalnızlık duygusunu azalttığı kadar, psikolojik iyi oluşu da desteklerken duygusal rahatlamayı da sağlayabilmektedir. Bu yönüyle evcil hayvanlartamamlayıcı bir destek mekanizması halinde gelmektedir. Ancak buradaki en önemli nokta doğru hayvanın seçimi kadar ilişkinin kalitesi ve bağlanma düzeyidir. Bu çerçevede evcil hayvanlar her yalnız yaşayan için uygun bir tercih olamayabilir. Hatta hayvanlardan hiç hoşlanmayan biri için depresyon sebebi dahi olabilirler.

Pazarlama bilimi evcil hayvan sahipliğini psikolojik boyutları kadar bireyin değişen tüketim davranışları üzerindeki etkisi açısından da incelemektedir. Öncelikle bu bağlanma biçiminden piyasa ekonomisi önemli ölçüde yararlanmaktadır. Pet sektörününgelişmesi, evcil hayvanlara yönelik ürünlerin artmasına, dolayısıyla harcamaların çeşitlenmesine yol açmıştır. Çoğu durumda insanlar kendilerine harcamadıklarını bu hayvanlara harcamaktadırlar. Bu yaklaşımın bir sonucu olarak lüks ürünler, özel bakım hizmetleri, sağlık sigortaları ve teknolojik ürünler gibi daha önce alışık olmadığımız harcama kalemleri ortaya çıkmıştır. Harcanan paranın giderek artıyor olması insan ve hayvan arasındaki ilişkinin kimi zaman belli düzeylerde bozulmasına yol açmakta, kimi zaman da bu ilişkinin giderek güçlendiğine yönelik finansal veriler ortaya çıkmaktadır. Çünkü insanlar sosyal varlıklardır. Yalnız kalmayı istedikleri kadar sosyalleşmeye yönelik çabaları da göstermektedirler. Bu durumun bir sonucu olarak bireyler duygusal boşluklarını doldurabilmek için tüketime yönelmektedirler. Yalnız yaşayan bireyler üzerinde yapılan çalışmalar bu bireylerin, sorunlu gördükleri sosyal bağları güçlendirebilmek için belirli ürünlere yöneldiklerini göstermektedir. Evcil hayvan sahipliği sosyal bağın geliştirilmesinde en güçlü ve en kolay alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bireylerin tüketim davranışları bu bağın geliştirilmesine yönelik bir çabanın sonucu olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla evcil hayvan sahipliği ve pet bağlanması, tüketici davranışlarını biçimlendiren önemli değişkenlerdir.

Şekil 1: Evcil Hayvanların İnsanlaştırılması



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

Evcil hayvanların insanlaştırılması "Pet Humanization" kavramı, pazarlama açısından önemli bir yere sahiptir. Bu kavrama göre evcil hayvanlar, aile bireyi olarak tanımlanmakta ve bireylerin satın alma davranışlarını etkilemektedir. Pazarlama bu etkiyi daha da güçlendirecek çabayı ortaya koyarak evcil hayvanlar ile insanlar arasındaki ilişkilerin duygusal yönlerine vurgu yapmakta, tüketiciler ile empatiyi kolaylaştırmakta ve marka bağlılığını artırmaktadır. Hatta bu şekilde insanların evcil hayvanlara olan ilgileri, duyarlılıkları arttıkça daha yüksek ve daha çok çeşit içeren ürün satın almaya istekli olmaktadırlar. Sonuç olarak, insanlar ve evcil

hayvanlar arasındaki ilişkinin anlaşılması, markaların daha etkili ve hedef odaklı stratejiler geliştirmesine olanak tanıyacaktır.

2. LİTERATÜR

Yalnızlık duygusu, psikolojik ve sosyolojik boyutlarıyla birlikte ele alınması gereken çok katmanlı bir kavramdır (Weis, 1973:17–20). Duygusal yalnızlık, bireyin anlam ifade eden duygusal bağlardan yoksun olmasına, sosyal yalnızlık ise iletişim ağlarının eksikliğine işaret etmektedir. Nitekim Letitia Anne Peplau ve Daniel Perlman tarafından geliştirilen yaklaşımlar, yalnızlığın öznel algıya dayandığını ve bireyin sosyal ilişkilerinin niceliğinden çok niteliğiyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Perlman ve Peplau, 1981). Kısaca kişi çok sayıda insanla iletişim kuruyor olsa da bu ilişkileri yeterince anlamlı bulmuyorsa yalnızlık hissedebilir. Bu durumda yalnızlık, bireyin sosyal ihtiyaçlarının karşılanma düzeyi ile doğrudan ilişkili olup psikolojik iyi oluşun önemli bir belirleyicisidir.

Yalnızlığın yalnızca psikososyal bir durum olmadığı, aynı zamanda ciddi bir halk sağlığı riski oluşturduğu, giderek daha fazla ampirik kanıtla desteklenmektedir. Julianne Holt-Lunstad vd. (2015)'e göre yalnızlık ölüm riskini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu bulguya göre yalnızlık, obezite,kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi klasik risk faktörleriyle benzer düzeyde bir etkiye sahiptir (Valtorta vd., 2016). Hatta bağışıklık sistemi disfonksiyonu (Kiecolt-Glaser vd., 2015) ve bilişsel gerileme (Kuiper vd., 2015) gibi etkiler ile de ilişkili bulunmuştur. Söz konusu etkilerin; kronik stres, inflamatuvar süreçler ve sağlıksız yaşam alışkanlıkları gibi biyopsikososyal mekanizmalar üzerinden ortaya çıktığı belirtilmektedir (Hawkley ve Cacioppo, 2010).

Şekil 2: Yalnızlık Duygusu



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

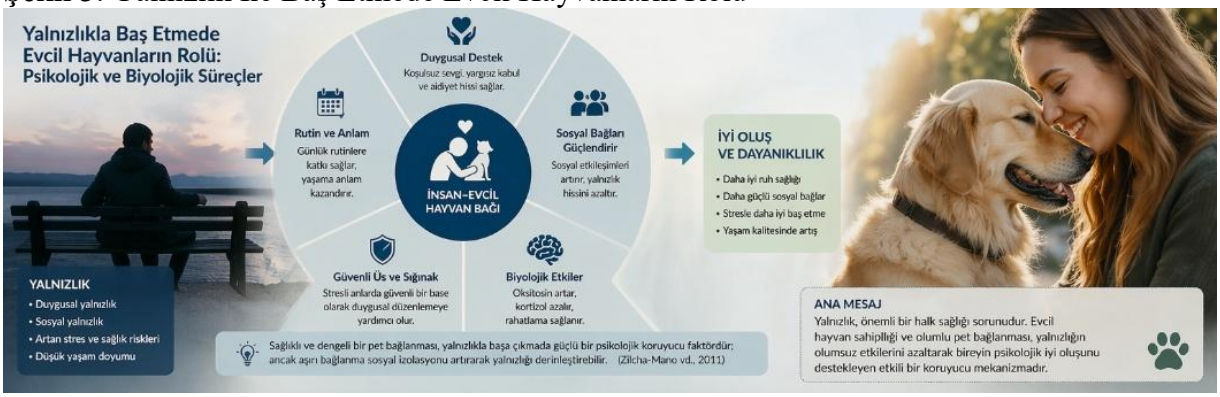
Pandemi vb. uzun süren, yoğun etkili kriz dönemleri, yalnızlığın hem yaygınlığını hem de şiddetini artıran kritik faktörlerdir. Covid-19 pandemi sürecindeki sosyal izolasyon ve fiziksel mesafe önlemleri, bireylerin sosyal etkileşimlerini ciddi biçimde sınırlayarak, yalnızlıklarını belirgin biçimde arttırmıştır. Ratschen vd. (2020)'nin çalışması, pandemi sürecindeki yalnızlık düzeyinin birçok ülkede yükseldiğini göstermiştir. Ayrıca bu dönemde yalnızlığın yalnızca psikolojik iyi oluşu değil, aynı zamanda uyku kalitesi, yaşam doyumu ve genel sağlık algısını da olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Loades vd., 2020).Yukarıda belirtilen yazarlarınaraştırmalarından elde edilen bulgular, yalnızlığın kriz gibi dönemlerde daha da derinleşen ve çok boyutlu etkiler üreten bir olgu olduğunu ortaya koymaktadır. Covid-19

dönemi sosyal izolasyon gibi önemli kısıtlamaları beraberinde getirmiştir. Bu dönemde insanlar konuşma/paylaşma ve temastan yoksun kalmışlardır. Doğal olarak insanlar bu dönemdeki yalnızlıklarını evcil hayvanlarile gidermeye çalışmıştır.

İnsanların yalnız kaldıklarında sarıldıkları bir başka dal olan dini inançlara yönelik eğilimleri ile evcil hayvan edinimi arasındaki ilişkiyi araştıran; Kafalı (2022)'nın "Pandemi Döneminde ve Öncesinde Evcil Hayvan Edinme, Hayvanlara Karşı Bazı Tutumlar ve Dindarlık Yönelimleri Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma" sonuçları oldukça ilgi çekicidir. Araştırma, salgın dönemlerindehayvan sahiplenme davranışında farklılaşmalar olduğunu, ancak dindarlık durumuna göre bir farklılaşmanın olmadığını göstermiştir. Ayrıca bireylerin sokak hayvanlarına karşı tutumlarında, dindarlığa bağlı bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan hayvanların kurban edilmesinde ve hayvansal ürünlerin tüketimindeki tutumda, dindarlık düzeyine göre anlamlı farklılaşmalar olduğu tespit edilmiştir (Kafalı, 2022). Bu araştırma sonucuna göre evcil hayvanların insanlaştırılması eğiliminde, pet bağlanması ve yalnızlık duygusu arasında önemli bir korelasyon bulunmaktadır.

İnsan–hayvan etkileşimine yönelik çalışmalar, evcil hayvanların bireylere sürekli bir duygusal destek sunduğunu göstermektedir. Serpell ve Beck gibi araştırmacılar, evcil hayvanların sosyal destek hizmetlerinde tamamlayıcı bir rol üstlendiğine vurgu yapmışlardır. Bu araştırmacılara göre yalnız yaşayan bireyler, evcil hayvanlar sayesinde, içinde bulundukları sosyal izolasyonun etkilerini azaltabilmekte ve kendilerini daha az yalnız hissetmektedirler (McNicholas ve Collis, 2006). Ayrıca evcil hayvan sahipliği, bireylerin günlük yaşamlarında çeşitli rutinler oluşturmakta ve sorumluluk duygusunu geliştirmektedir (Wood vd., 2015). Bu yönüyle evcil hayvanlar, yalnızlıkla baş etmede hem duygusal hem de davranışsal düzeyde işlevsel bir mekanizma sunmaktadır.

Şekil 3: Yalnızlık İle Baş Etmede Evcil Hayvanların Rolü



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

Bağlanma kuramı açısından değerlendirildiğinde ise evcil hayvanlar bireyler için güvenli bir alan ve hatta güvenli bir sığınakişlevi görmektedir. Bowlby(1969)'ın bağlanma kuramı, bireylerin stresli durumlarda güvenli bağlanma figürlerine yönelerek duygusal düzen sağladıklarını ileri sürmektedir. Evcil hayvanlar da, bu bağlamda benzer bir işlev görerek bireylerin stres düzeylerini düzenleyebilmektedir. Hatta evcil hayvan sahipliği yeni ilişkilerin de gelişmesine yardımcı olabilmektedir. Beetz vd. (2012)'nin çalışmalarına göre, insan–hayvan etkileşimi sayesinde insanlarda oksitosin artarken, kortizol seviyeleri düşmektedir. Oksitosin, hem fizyolojik hem de psikososyal süreçlerde önemli rol oynayarak bireyin rahatlamasına neden olmaktadır. Hatta arasında bağlanma ya da sevgi hormonu olarak da bilinmektedir. Bu

hormon bireylerin yakınlık hislerini artırmaktadır. Kortizol ise stres hormonudur. Kortizol seviyesinin düşmesi stresi azaltmaktadır. Ancak kortizol aşırı derecede düşerse birey yine stresle baş edemeyecektir. Bu nedenle her iki hormonun da dengeli bir nörobiyolojik düzeyde kalması önemlidir.

Şekil 4: İnsan ve Evcil Hayvanlar Arasındaki Bağ



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

Evcil hayvan sahipliği ile yalnızlık arasındaki ilişki her zaman doğrusal ve tek yönlü olmayabilir. Literatüre göre, bu ilişki bidireksiyonel(iki yönlü) bir yapıya sahiptir. Zilcha-Mano vd. (2011)'e göre, yalnız bireyler, sosyal problemlerini giderebilmek için evcil hayvan beslemektedirler. Ancak bu çalışmaya göre, aşırı pet bağlanması bazı durumlarda yalnızlık duygusunu daha da arttırmaktadır. Böylece birey, insanlar ile olan ilişkilerinden uzaklaşarak, bu duyguyu sadece evcil hayvanlar ile gidermeye çalışacaktır. Diğer taraftan insanlaştırma eğilimi, bireyin evcil hayvanlarını, insanların yerine koymasına yol açabilecek ve böylece uzun vadede sosyal izolasyonu ya sürdürecek, ya da daha da arttıracaktır (Epley vd., 2007).

Dolayısıyla; evcil hayvan sahipliği yalnızlıkla başa çıkmada güçlü bir koruyucu faktör olmakla birlikte, bu ilişkinin niteliği ve bağlanma düzeyi belirleyici rol oynamaktadır. Dengeli ve sağlıklı bir insan–hayvan ilişkisi, bireyin psikolojik iyi oluşunu desteklerken; aşırı bağımlı ve ikame edici ilişkiler, yalnızlık deneyimini derinleştirebilmektedir. Bu nedenle, evcil hayvan sahipliği ile yalnızlık arasındaki ilişkinin bütüncül ve çok boyutlu bir perspektifle ele alınması gerekmektedir.

Şekil 5: Evcil Hayvan Sahipliğinin Psikolojik Faydaları – Koruyucu Mekanizmalar



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

2.1.Saha Çalışmalarından Elde Edilen İkincil Verilere Ait Temel Bulgular

Kretzler vd.,(2022) tarafından yapılan sistematik çalışmalar, evcil hayvan sahipliğinin sosyal izlolasyon ile tutarlı ters ilişkili olduğunu ancak yalnızlık için karma sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmaya göre Pandemi öncesi davranışlar anlamlı etki göstermezken, bu dönemden sonra pet sahipliğinin yalnızlığı azalttığına dair bulgular elde edilmiştir (Ratschen vd.,2020).

Yaşlı bireylerde evcil hayvan sahipliği, özellikle yalnız yaşayan kişilerde yalnızlık hissinin azalmasına yardımcı olabilir (Stanley vd. 2014). Kadınlardaki ilişki ise daha güçlüdür (Zasloff & Kidd,1994). Ancak bazı çalışmalar pet sahipliğinin yalnızlığı arttırmadığını ve belirli alt gruplarda (örneğin kedi sahipliği) ters etki gösterdiğini ortaya koymuştur (Gilbey &Tani, 2015).

Tablo 1: Pet sahipliği ve yalnızlık ilişkisine yönelik bazı çalışmalar

Çalışma (Yazar-Yıl)	Örneklem (Yaş Grubu)	Yöntem	Temel Bulgular
Kretzler vd., 2022:1935-1957	Yetişkinler	Sistematik Derleme	Pet sahipliği sosyal izlolasyonu azaltır, yalnızlık
Stanley vd. 2014:394-399	Yaşlılar 65+	Boylamsal anket	Pet sahipleri daha düşük yalnızlık, köpekler özellikle etkili
Zasloff& Kidd,1994:747-752	Bekar kadınlar	Kesitsel	Yalnız yaşayanlarda pet sahipliği yalnızlığı azaltır, bağlanma seviyesi kritik
Gilbey&Tani, 2015, 181-197	Genel (derleme)	Sistematik derleme	Karışık sonuçlar: Bazı çalışmalar etki göstermez

Petlerin yalnızlığı azaltması şu mekanizmalarla gerçekleşir;

1. Duygusal destek ve oksitosin salınımı (Beetz vd., 2012:234-245).İnsan-hayvan etkileşimi yakınlık ve rahatlama hissini destekleyerek oksitosin düzeylerini arttırmaktadır.
2. Günlük rutin ve amaç duygusu. Besleme, bakım ve yürüyüş gibi düzenli faaliyetler, bireylere yaşam ve amaç hissi sağlayabilir.

3. Sosyal katalizör (yürüyüşler yoluyla yeni etkileşimler). Özellikle köpek sahipliği ile örneğin bir yürüyüş sırasında yeni kişilerle iletişim kurulabilir.
4. Fiziksel temasın sakinleştirici etkisi. Evcil hayvanlar ile fiziksel temas kurmak, stres düzeyini azaltarak, duygusal rahatlamayı sağlayabilmektedir.

Şekil 6: Petlerin Yalnızlığı Azaltmadaki Dört Temel Mekanizma



Kaynak: Chatgpt Tarafından Görselleştirilmiştir.

2.2.Pazarlama Perspektifinden Değerlendirme: Tüketim Davranışları ve Pet Sektörü Stratejileri

Yalnızlık tüketim davranışlarını şekillendiren güçlü bir psikolojik tetikleyicidir. Negatif yaşam olayları (boşanma, vefat veya diğer derin üzücü olaylar) sonrası yalnızlık yaşayan bireyler, evcil hayvanlarını yalnızca bir hayvan olarak değil; kendilerine arkadaşlık eden, duygusal bağ kurdukları ve insani özellikler yükledikleri bir "ilişki figürü" olarak görmeye başlayabilirler. Bu durum bireylerin evcil hayvanlara daha fazla harcama yapmasına yol açabilmektedir (Derksen &Murray, 2023). Liu vd.,2024)'e göre evcil hayvan sahipliği satın alma eğilimini arttırmakta, subjektifiyi oluş üzerinden dürtüsel, hazcı (impulsif, hedonik) alımları tetiklemektedir. Dolayısıyla pet sektörü yalnızlık duygusunu hedefleyerek yeni bir pazar bölümü yapabilir;

- Duygusal reklamlar (Yalnız değilsin, bir dost edin).
- Antropomorfik pozisyonlama (Evcil hayvanları aile üyesi olarak sunma).
- Mağaza deneyimleri (sosyal etkinlikler ile) sadakat artışı

Ancak etik sınırlar önemlidir. Aşırı bağlanma yalnızlığı arttırabilir ve negatif tüketim döngülerine yol açabilir.

3. SONUÇ

Bu çalışma, yalnızlık duygusu ile evcil hayvan sahipliği arasındaki ilişkiyi psikoloji ve pazarlama perspektiflerini bütünleştirerek ele almıştır. Literatüre göre, yalnızlıksadece bireysel bir durum değil, aynı zamanda önemli bir halk sağlığı problemidir. Özellikle bağlanma kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, evcil hayvanların bireyler için güvenli bir alan ve duygusal bir düzenleyici olup oksitosini arttırırken, kortizolü düşürmektedir. Ayrıca elde edilen bulgular evcil hayvan sahipliğinin yalnızlık üzerindeki etkisinin tek yönlü ve her koşulda olumlu olmadığını da açıkça ortaya koyarken, ampirik çalışmalar, bu ilişkinin çift yönlü bir yapıya sahip olduğunu; yalnız bireylerin evcil hayvan sahiplenmeye daha yatkın olduğunu, ancak aşırı düzeyde pet bağlanmasının bazı durumlarda sosyal izolasyonu olumsuz etkileyerek yalnızlığı arttırabileceğini göstermektedir. Bu durum, dengeli bağlanmayı kritik hale getirmektedir.

Çalışmanın en önemli katkısı yalnızlık ile tüketim davranışları arasındaki ilişkiyi ortaya koymasıdır. İkincil verilerden elde edilen bulgular, yalnızlığın tüketim davranışlarını tetiklediğini ve evcil hayvanların sembolik ve psikolojik bir tüketim unsuru haline geldiğini göstermektedir. Özellikle yalnız bireyler, evcil hayvanlarına daha yüksek düzeyde finansal yatırım yaparak, pet sektörünün büyümesine katkı vermektedirler. Bu nedenle pazarlama açısından, yalnızlık duygusu önemli bir pazar bölümlendirme değişkenidir. Evcil hayvanlar ile ilgili duygusal reklam içerikleri ve deneyim odaklı pazarlama faaliyetleri tüketici davranışlarını yönlendirerek hassas bir psikolojik durumu, ticari amaçlarla kullanabilmekte ve sağlıksız bir bağlanma duygusuna yol açabilmektedirler. Bu nedenle, pazarlama stratejileri, sağlıklı etik çerçevelere oturtulmalıdır. Çalışmanın bulguları aynı zamanda uygulamaya yönelik önemli çıkarımlar da sunmaktadır. Örneğin; sağlık profesyonelleri ve psikososyal destek hizmetleri açısından, evcil hayvan sahipliği uygun koşullarda yalnızlıkla baş etmede destekleyici bir müdahale olarak değerlendirilebilir. Özellikle yaşlı bireyler, yalnız yaşayanlar ve sosyal destek ağı sınırlı olan gruplar için pet sahipliği, psikolojik dayanıklılığı artıran bir unsur olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, bu müdahalenin bireyin sosyal ilişkilerinin yerine geçecek şekilde değil, tamamlayıcı bir destek olarak ele alınması gerekmektedir.

Son olarak, bu çalışma bazı sınırlılıklar da içermektedir. Literatürdeki bulguların önemli bir kısmı kesitsel çalışmalara dayanmakta olup,nedensel ilişkilere yönelik çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca, evcil hayvan türü, bağlanma düzeyi, kültürel faktörler ve bireysel farklılıklar gibi değişkenlerin etkisi daha ayrıntılı biçimde incelenmelidir. Gelecek araştırmaların, boylamsal tasarımlar ve deneysel modeller kullanarak bu ilişkileri daha derinlemesine analiz etmesi önerilmektedir. Özellikle dijitalleşme, yalnızlık ve tüketim davranışları arasındaki etkileşimin evcil hayvan sahipliği bağlamında ele alınması, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Andreassen, G.,Stenvold, L. C., Rudmin, F.W. (2013). My dog is my best friend: Health benefits of emotional attachment to a pet dog. Pschology & Society, 5(2), 6-23. http://www.psychologyandsociety.org/_assets/_original/2013/04/2.pdf (Ocak 2019)

Banks, M.R.,Willoughby, L. M., Banks, W.A. (2008) Animal-assisted therapy and loneliness in nursing homes: Use of robotic versus livin gdogs, Journal of the American Medical Directors Association, 9(3), 173-177. Doi:10.1016/j.jamda.2007.11.007

Beck, A. M. (2002). THA use of animals to benefit humans: Animal-assisted therapy. Journal of Social Issues, Chapter 2, 21–40.

Beetz, A.,Uvnäs-Moberg, K., Julius, H., & Kotrschal, K.(2012). Psychosocial and psychophysiological effects of human-animal interactions: the possible role of oxytocin, Front Psychol, . 2012 Jul 9:3:234.,doi: 10.3389/fpsyg.2012.00234. eCollection 2012.

Bowlby, J. (1969). Attachment And Loss, Volume I, Attachment, https://mindsplain.com/wp-content/uploads/2020/08/ATTACHMENT_AND_LOSS_VOLUME_I_ATTACHMENT.pdf.

Derksen, T.,Murray, K.B., Orazi, D., &Seenivasan, S. (2023). I need you to need me: Loneliness, anthropomorphism, and thepersistence of compensatory consumption effects, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4448161 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4448161.

Epley, N.,Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: A three-factort heory of anthropomorphism. Psychological Review, 114(4), 864–886. https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.4.864

Gilbey, A.,&Tani,K. (2015). Companion animals and loneliness: A systematic review of quantitative studies, Anthrozoös, 28(2), 181–197. https://doi.org/10.2752/089279315X14219211661615

Guthrie, M.F., Marshall, P.H, Hendrick, C. And Logue, E.(2018) Human love styles and attitudes toward pets.Anthrozoös, 31(1), 41-60.Doi: 10.1080/08927936.2018.1406200

Hawkley, L. C.,& Cacioppo, J. T. (2010). Loneliness matters: A theoretical and Empirical review of consequences and mechanisms. Annals of Behavioral Medicine, 40(2), 218–227. https://doi.org/10.1007/s12160-010-9210-8

Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., &Stephenson, D. (2015). Loneliness and social isolation as risk factors for mortality: A meta-analytic review. Perspectives on Psychological Science, 10(2), 227–237. https://doi.org/10.1177/1745691614568352.

Liu, Y.,Changi X., Yangi S., Li, Z. &Wu, Y. (2024). "Pets make you spend more!" Impact of pet ownership on consumer purchase decisions, Journal of Business Research 183(6):114838, DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.114838.

Kafalı, H.(2022) Pandemi Döneminde ve Öncesinde Evcil Hayvan Edinme, Hayvanlara Karşı Bazı Tutumlar ve Dindarlık Yönelimleri Arasındaki İlişkiler Üzerine bir Araştırma, Türkiye İlahiyat Araştırmaları Dergisi, 2022, 6(1): 6-36, https://doi.org/10.32711/tiad.1113480

Kiecolt-Glaser, J. K.,Gouin, J. P., & Hantsoo, L. (2015). Close relationships, inflammation, and health. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35(1), 33–38. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.09.003

Kretzler, B.,König, H.H., &Hajek., A. (2022). Pet ownership, loneliness, and social isolation: a systematic review, SocPsychiatry Psychiatr Epidemiol, . 2022 Oct;57(10):1935-1957.doi: 10.1007/s00127-022-02332-9. Epub 2022 Jul 11.

Kuiper, J. S.,Zuidersma, M., OudeVoshaar, R. C., Zuidema, S. U., van den Heuvel, E. R., Stolk, R. P., & Smidt, N. (2015). Social relationships and risk of dementia: A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. Ageing Research Reviews, 22, 39–57. https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.04.006

Loades, M. E., Chatburn, E., Higson-Sweeney, N., Reynolds, S., Shafran, R., Brigden, A., Linney, C., McManus, M. N., Borwick, C., & Crawley, E. (2020). Rapid Systematic Review: The Impact of Social Isolation and Loneliness on the Mental Health of Children and Adolescents in the Context of COVID-19. Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 59(11), 1218–1239. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2020.05.009

McNicholas, J.,&Collis, G. M. (2006). Animals as social supports: Insights for understanding animal-assisted therapy. (Cahpter-4), In A. H. Fine (Ed.), Handbook on animal-assisted therapy (49–71). Academic Press.

Perlman, D.,&Peplau, L. A. (1981). Toward a social psychology of loneliness. In R. Gilmour & S. Duck (Eds.), Personal relationships in disorder (3), 31–56. Academic Press.

Ratschen,E., Shoesmith, E., Shahab, L., Silva, K., Kale, D., Toner, P. & Reeve, C. (2020).Human-animal relationships and interactions during the Covid-19 lock down phase in the UK: Investigating links with mental health and loneliness, PLoS ONE 15(9): e0239397. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239397.

Serpell, J. (1991). Beneficial effects of pet owner ship on some aspects of human health and behaviour. Journal of the Royal Society of Medicine, 84(12), 717–720, doi: 10.1177/014107689108401208

Stanley, I.H.,Conwell, Y., Bowen, C., &Orden, K.A.V.(2014). Pet Ownership may Attenuate Loneliness Among Older Adult Primary Care PatientsWho Live Alone, Aging & Mental Health 18(3):394-399, DOI: 10.1080/13607863.2013.837147.

Valtorta, N. K.,Kanaan, M., Gilbody, S., Ronzi, S., & Hanratty, B. (2016). Loneliness and social isolation as risk factors for coronary heart disease and stroke: systematic review and meta-analysis of longitudinal observational studies. Heart, 102(13), 1009–1016. https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308790

Weiss, R.S. (1973). Loneliness: The experience of emotional and social isolation, The MIT Press.https://archive.org/details/lonelinessexperi0000weis_p6s5.

Wood, L., Martin, K., Christian, H., Nathan, A., Lauritsen, C., Houghton, S., Kawachi, I., &McCune, S. (2015). The Pet Factor - Companion Animals as a Conduit for Getting to Know People, Friendship Formation and Social Support. PLOS ONE, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122085

Zasloff, R.L.&Kidd,A.H. (1994). Loneliness and pet ownership among single women, Psychological Reports, 75(2), 747–752. https://doi.org/10.2466/pr0.1994.75.2.747.

Zilcha-Mano, S.,Mikulincer, M., &Shaver, P.R. (2011). Pet in the therapy room: An attachment perspective on Animal-Assisted Therapy. Attachment & Human Development, 13(6), 541–561. https://doi.org/10.1080/14616734.2011.608987.

TFRS 18 ve 2026-2027 MUHASEBE DEĞİŞİKLİKLERİNİN PAZARLAMA HARCAMALARI İLE PERFORMANS ÖLÇÜMLERİNE EKİSİ

Prof. Dr. Selim CENGİZ
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
selimcengiz@kku.edu.tr,
ORCID ID: 0000-0002-2013-9590
Prof. Dr. Tülin DURUKAN
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
t.durukan@hotmail.com,
ORCID ID: 0000-0001-5228-3274
Dr. Öğr. Üye. Serhat KARAOĞLAN
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
serhatkaraoglan@kku.edu.tr,
ORCID ID:0000-0002-4120-4013
Doç. Dr. Cihat KARTAL
Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
dr_cihat_kartal@yahoo.com,
ORCID ID:0000-0003-2390-8268

ÖZET

2026 Yılı uluslararası Finansal Raporlama Standartlarında (UFRS/IFRS) önemli güncellemelerin uygulama etkilerinin belirginleştiği bir dönemdir. Özellikle Mayıs 2024'de yayımlanan UFRS-9 ve UFRS-7 değişiklikleri ESG Bağlantılı finansal araçların sınıflandırma ve ölçümünü netleştirmekte, yıllık iyileştirmeler (Volume 11) ve sürdürülebilirlik raporlaması (IFRS S1 ve S2, Türkiye'de TSRS 1/2) ise gider açıklamalarını, GHG emisyonları ve iklim risklerine ilişkin açıklama gerekliliklerini güçlendirmektedir.

Bu bildiri muhasebe ilkeleri ile pazarlama teorisininstratejikentegrasyonunu incelemekte ve özelikle TFRS-18 finansal tablolarda sunum ve açıklama standardının (yürürlük tarihi 1 Ocak 2027 tarihinde ve sonrasında başlayan yıllık raporlama dönemleri) Pazarlama harcamaları ile performans ölçümlerine etkisini analiz etmektedir. Değişiklikler gider ayrıştırmasını arttırarak veri kalitesini yükseltmekte, ESG entegrasyonunu teşvik etmekte ve yeşil aklama risklerini azaltmaktadır. Uyum maliyetleri artsa da daha şeffaf metrikler stratejik karar alma, yatırımcı güveni ve rekabet avantajı sağlamaktadır. Bulgular pazarlama fonksiyonunun sürdürülebilirlik odaklı dönüşümünü vurgulamakta; erken adaptasyonun fırsat yarattığını göstermektedir. Geleneksel olarak reklam, promosyon ve marka yatırımları gibi dönem gideri şeklinde kaydedilen pazarlama harcamaları yeni standart ile birlikte; faaliyet, yatırım ve finansman gibi kar veya zarar tablosunda zorunlu kategoriler olarak kaydedilecek, Yönetim Tarafından Tanımlanan Performans Ölçütleri (YTPO; Management-defined Performance Measures–MPMs) ve Geliştirilmiş toplulaştırma/ayrıştırma kuralları çerçevesinde daha şeffaf şekilde raporlanacaktır.

Roslander ve Hart (2002) Stratejik Yönetim Muhasebesi çerçevesini temel alan çalışmasında, disiplinler arası işbirliğinin rekabet avantajı yaratma potansiyelini vurgulamakta ve TFRS 18'in pazarlama getirisi (ROI) ve müşteri edinme maliyeti gibi performans göstergelerinin finansal raporlama içerisindeki sunumu ve açıklanması üzerindeki dönüştürücü etkisini tartışmaktadır. Roslander ve Hart'ın elde ettiği bulgular, muhasebe ve pazarlama ekipleri arasındaki entegrasyon ihtiyacının ve raporlama şeffaflığının artacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimler: TFRS-18, UFRS 2026 Değişiklikleri, 2024–2026 TMS/TFRS Değişiklikleri, Pazarlama harcamaları,Pazarlama-Muhasebe Entegrasyonu.

IMPACT OF IFRS-18 AND THE 2026-2027 ACCOUNTING CHANGES ON MARKETING EXPENDITURES AND PERFORMANCE MEASUREMENTS

ABSTRACT

2026 marks a period of significant updates to the International Financial Reporting Standards (IFRS). Inparticular, the IFRS-9 and IFRS-7 amendments published in May 2024 clarify the classification and measurement of ESG-related financial instruments, while annual improvements (Volume 11) and sustainability reporting (IFRS S1 and S2, TSRS 1/2 in Turkey) mandate expense disclosures, GHG emissions, and climate risks.

This paper examines the strategic integration of accounting Principles and marketing theory, and specifically analyzes the impact of IFRS-18 presentation and disclosure standard in financial statements (effective for annual reporting periods beginning on or after January 1, 2027) on marketing expenses and performance metrics. The changes improve data Quality by increasing expense segregation, encourage ESG integration, and reduce green washing risks. While compliance costs increase, more transparent metrics provide strategic decision-making, invest or confidence, and a competitive advantage. The findings highlight the sustainability-focused transformation of the marketing function and demonstrate that Early adaptation creates opportunities. Traditionally recorded as period expenses (advertising, promotion, and brand investments), marketing expenses will now be reported more transparently in the income statement under mandatory categories (operations, investments, and financing), using Management-defined Performance Measures (MPMs) and improved aggregation / segregation rules.

Roslander and Hart (2002), in their study based on the Strategic Management Accounting framework, highlight the potential of interdisciplinary collaboration to create competitive advantage and discuss the transformative impact of IFRS 18 on the accounting of metrics such as return on investment (ROI) and cost of customer acquisition. The findings indicate that integration of accounting and marketing teams will be come mandatory and reporting transparency will increase.

Keywords: IFRS-18, IFRS 2026 Amendments, IAS/IFRS-2026, Marketing Expenses, Marketing-Accounting Integration.

1. GİRİŞ

Günümüz iş dünyasında muhasebe standartları, finansal şeffaflığın ötesinde operasyonel fonksiyonları doğrudan etkilemektedir. Uluslararası Muhasebe Standartları Kurulu (IASB) ve Uluslararası Sürdürülebilirlik Standartları Kurulu (ISSB) tarafından 2026 yılı için etkili kılınan değişiklikler,özellikle UFRS 9/7'de ESG Bağlantılı özelliklerin sınıflandırılması ve IFRS S1/S2 kapsamında iklim/GHG açıklamaları pazarlama stratejilerini yeniden şekillendirmektedir.

Pazarlama, müşteri değeri ve marka sermayesi yaratırken; Muhasebe, bu faaliyetlerin finansal sonuçlarını ölçmek ve raporlamakla yükümlüdür. Bu iki disiplinin entegrasyonu, özellikle stratejik yönetim muhasebesi yaklaşımıyla mümkün hale gelmektedir(Roslender ve Hart; 2002). Pazarlama harcamaları (SG&A altında reklam, promosyon, dijital ve sürdürülebilirlik kampanyaları) TMS 38 Uyarınca genellikle hemen giderleştirilmektedir. Ancak 2026 değişiklikleri dolaylı etki yaratmakta, giderlerin ayrıntılı gösterimi, ESG Bağlantılı finansman araçlarının muhasebeleştirilmesi ve Karbon nötr ürünler, çevre dostu ambalaj gibi yeşil pazarlama iddiaları doğrulanabilir veriler ile (Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 emisyonları) desteklenmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu durum pazarlama performans ölçümünde daha hassas entegre yaklaşımları gerektirmektedir.

2024–2026 döneminde yayımlanan ve yürürlüğe giren IFRS/TFRS değişikliklerinin uygulama etkileri, finansal tablolarda bazı sınıflama, açıklama ve raporlama değişikliklerini getirmiştir. Bu çalışma, söz konusu standart değişikliklerinin pazarlama giderleri, maddi olmayan varlıkların muhasebeleştirilmesi ve finansal performans açıklamaları üzerindeki etkilerini incelemektedir.

Çalışmada muhasebe ilkeleri ile pazarlama teorisi entegre edilerek 2026 yılı değişikliklerinin pazarlama harcamalarınave performans ölçümlerine etkisi analiz edilmekte, uyum zorlukları yanında stratejik fırsatları vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada raporlama ve performans ölçümünde pazarlama giderlerinin muhasebe kayıtlarına ve açıklamalarına nasıl yansıdığı incelenecektir.

TFRS-18'in 2027'de yürürlüğe girmesiyle (TFRS 18'in 1 Ocak 2027 itibarıyla yürürlüğe girecek olması nedeniyle işletmelerin karşılaştırmalı 2026 verilerini de yeni sunum yapısına göre yeniden düzenlemeleri gerekecektir), pazarlama harcamalarının sınıflandırılması, ayrıştırılması ve yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütleri aracılığıyla raporlanmasının kökten değişeceği değerlendirilmektedir. Bu bildiri değişikliklerin teorik ve pratik etkilerini ele almaktadır. Bu çerçevede 2024–2026 TMS/TFRS değişikliklerine göre muhasebe politikasındaki değişiklikler, pazarlama giderlerinin finansal tablolarda sunumunu ve paydaşlar tarafından algılanan pazarlama performansını nasıl etkiler? Sorusu temel problemimizdir. Dolayısıyla çalışmapazarlama ile yeni TFRS ilişkisi açısından Türkçe literatürde sınırlı bir biçimde incelenmiş olan bir sahayı ele almaktadır.

2. LİTERATÜR - MUHASEBE – PAZARLAMA ENTEGRASYONU

Roslender ve Hart (2002) stratejik yönetim muhasebesini "yönetim muhasebesi ve pazarlama iç görülerini stratejik yönetim çerçevesinde entegre etme" olarak tanımlamıştır. Alan çalışmasında, müşteri karlılığı analiz, faaliyet tabanlı maliyetleme ve karşılaştırmalı analizlerinin pazarlama-muhasebe işbirliği ile daha etkili kullanıldığını göstermişlerdir. (Roslender & Hart, 2002). Pazarlama literatüründe ise Mizik ve Nissim (2011) gibi yazarların çalışmaları, marka yatırımlarına ilişkin muhasebe bilgilerinin yatırımcı kararları açısından değer ilişkisini açıklar. Geleneksel muhasebede pazarlama harcamaları genellikle dönem gideri olarak kaydedilir. (TMS-38 uyarınca belirli koşullar hariç sermayeleştirme sınırlıdır). Bu durum, pazarlama faaliyetlerinin uzun vadeli değer yaratma potansiyelinin finansal tablolarda kısa vadeli gider olarak görünmesine neden olmaktadır (business-columbia.edu). Stratejik yönetim muhasebesi, bu açığı kapatmaktadır; pazarlama harcamalarını "yatırım" perspektifinden değerlendirmekte, müşteri yaşam boyu değeri, marka değeri ve pazarlama yatırım getirisini (Marketing ROI) entegre metriklerle ölçmektedir.
2026 yılı itibarıyla uygulama etkileri belirginleşen standart değişiklikleri özellikle; yükümlülük sınıflandırması, leasing işlemleri, yabancı para çevrimleri ve finansal araç açıklamaları gibi alanlarda güncellemeler getirmiştir. Bu güncellemeler aşağıdaki tabloda özetlenebilir;

Tablo 1: 2024–2026 TMS / TFRS Değişiklikleri Özeti

YIL	STANDART	DEĞİŞİKLİK KONUSU	TEMEL İÇERİK	YÜRÜRLÜK
2024	TMS 1 – Finansal Tabloların Sunumu	Uzun vadeli borçların sınıflandırılması	Borcun kısa/uzun vadeli sınıflandırılmasında, raporlama döneminden sonraki 12 ay içinde	1 Ocak 2024

			yerine getirilmesi gereken sözleşme koşullarının nasıl dikkate alınacağı açıklığa kavuşturuldu.	
2024	TFRS 16 – Kiralamalar	Satış ve geri kiralama işlemleri	Sat-geri kirala işlemlerinde kiracı-satıcının kira yükümlülüğünü ve kullanım hakkı varlığını nasıl ölçmesi gerektiği netleştirildi.	1 Ocak 2024
2025	TMS 21 – Yabancı Para Çevrimleri	Değiştirilebilirliğin eksikliği	Bir para biriminin başka bir para birimine çevrilemediği durumlarda uygulanacak muhasebe yaklaşımı tanımlandı.	1 Ocak 2025
2025	TFRS 17 – Sigorta Sözleşmeleri	Uygulama tarihi düzenlemesi	Bazı ülkelerde yerel uyum ve geçiş süreçleri farklı tarihlerde uygulanmıştır; sigorta şirketlerinin finansal raporlamasında daha kapsamlı ölçüm modeli getirildi.	2025–2026 uygulamaları
2025–2026	TFRS Yıllık İyileştirmeler (Volume 11)	Teknik düzeltmeler	TFRS 1, TFRS 7, TFRS 9, TFRS 10 ve TMS 7 standartlarında küçük açıklama ve tutarlılık düzeltmeleri yapıldı.	1 Ocak 2026
2026	TFRS 7 – Finansal Araç Açıklamaları	Açıklama gereklilikleri	Finansal varlıkların bilanço dışı bırakılması ve finansal araç risk açıklamalarına ilişkin hükümler güncellendi.	1 Ocak 2026
2026	TFRS 1 – TFRS'ye İlk Geçiş	Geçiş hükümleri	Korunma muhasebesi ve ilk uygulama istisnaları konusunda teknik düzenlemeler yapıldı.	1 Ocak 2026
2026	TMS 7 – Nakit Akış Tablosu	Raporlama açıklamaları	Bağlı ortaklık ve iştirak yatırımlarına ilişkin nakit akışı sunumuna yönelik bazı açıklamalar güncellendi.	1 Ocak 2026

Not: 2026 Yılının, 2024 ve sonrası ile ilişkilerinin ortaya konulabilmesi açısından 2024 ve 2025 yılı önemli değişikliklere de yer verilmiştir (KGK-1, 2025).

Son dönemlerdeki değişiklikler; ölçüm yönteminden çok açıklama ve sınıflandırmaya odaklanmıştır. Kısaca mevcut şirketin durumu nasıl ve ne kadar ölçülebilirden çok, bu bilgi ne

kadar doğru yorumlanabilir anlayışı üzerine kuruludur. Dolayısıyla özellikle dipnot açıklamaları geliştirilmiştir. Bu nedenle standartlar ölçümden çok açıklamaya (disclosure) odaklanmıştır. Zira modern finans, yatırımcılar için çoğu rakamlardan ziyade o rakamın arkasındaki risk hikâyesini ortaya koymaktadır.

Söz konusu değişikliklerdeki genel amaç temelde aşağıdaki hedeflere hizmet etmektedir;

- Finansal tabloların karşılaştırılabilirliğini artırmak: Özellikle borç sınıflandırması ve leasing işlemlerinde şirketlerin farklı uygulamalarını azaltmak için,
- Finansal risk açıklamalarını güçlendirmek: Finansal araçlar ve bilanço dışı bırakma işlemlerinde dipnot açıklamaları genişletilmiştir.
- IFRS ile tam uyum sağlamak: Türkiye'deki TFRS değişiklikleri doğrudan IASB tarafından yayımlanan IFRS güncellemelerinin uyarlanmasıdır.
- Borç riskinin doğru raporlanması: TMS 1 değişikliği özellikle finansal kaldıraç analizi için kritik önemdedir.
- Finansal araçların şeffaflığı: TFRS 7 ve TFRS 9'de yer alan değişiklikler, yatırımcıların risk değerlendirmesini güçlendirmeyi amaçlamaktadır.
- TFRS 16 güncellemesi ise leasing ve finansman işlemlerinde manipülasyonun önlenmesi için yapılmıştır.

2.1.2026 Yılının Getirdiği Değişiklikleri

Bu değişiklikler beş temel çerçevede incelenebilir;

- Enflasyon muhasebesi (TMS 29): TMS 29 – Enflasyonun yüksek olduğu ekonomilerde, finansal raporlama standardı, tabloların satın alma gücüne göre düzeltilmesini gerektirir.Ancak ülkemizde uygulamaya ilişkin geçiş ve erteleme düzenlemeleri gündeme gelmiştir. TFRS kapsamında TMS 29'un uygulanma gerekliliği işletmenin faaliyet gösterdiği ekonomik koşullar çerçevesinde değerlendirilmektedir (Deloitte, 2025; İstanbul Bağımsız Denetim, 2026).
- TFRS 9 ve TFRS 7 uyumu: UFRS'de yer alan bazı değişikliklerin TFRS'ye uyarlanması söz konusudur. Bu bağlamda finansal araçların sınıflandırılması ve ölçümü netleştirilmiştir. Ayrıca elektronik ödeme sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilen finansal yükümlülük ödemelerinde finansal yükümlülüğün bilanço dışı bırakılma zamanıkonusuna açıklık getirilmiştir (EY, 2024).
- UFRS Yıllık İyileştirmelerPaketi: 2026 yılından itibaren geçerli olacak teknik değişiklikler söz konusudur. Bunlar; tanım ve açıklama düzeltmeleri, uygulama örnekleri, dipnot açıklamalarının güncellenmesi gibi düzenlemelerdir. Bu düzenlemeler özellikle denetim açısından etkinlik sağlayacaktır (RÖDL, 2025).
- TFRS setinin güncellenmesi: Bu set yürürlükte bulunan tüm TMS ve TFRS'leri, değişiklikleri ve yorumları (TFRYK) tek bir raporlama çerçevesi altında bir araya getirmektedir.
- BOBİ FRS – TFRS ayrımı: 2026 yılında bu ayrım devam etmektedir. Bağımsız denetime tabi ve kamu yararını ilgilendiren işletmeler (TFRS), diğer büyük işletmeler ise (BOBİ FRS) kullanmak durumundadır. TFRS uygulamak zorunda olmayan şirketler belirli koşullar altında tercih edebilmektedirler(DTM Denetim, 2025).

2.2.Pazarlama Açısından Etkiler

TFRS 18, TMS 1 Finansal Tabloların Sunuluşu Standardı'nın yerini alarak, kâr veya zarar tablosunu yeniden yapılandırmıştır. Ana unsurlar (ifrs.org);

- Beş Raporlama Kategorisi; (Faaliyet, yatırım, finansman, gelir vergisi ve durdurulan faaliyetler)
- Zorunlu Alt Toplamlar: Faaliyet kârı veya zararı ve vergi öncesi kar veya zararları.
- Gider analizi; giderlerin fonksiyon esasına veya nitelik esasına göre sunulmasıya da her ikisinin karışımı şeklinde ana finansal tablo üzerindesunulur ve dipnotlarda ek ayrıştırma yapılır.
- Yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütleri (YTPO); Kamu iletişimlerinde (yatırımcı sunumları, basın bültenleri), kullanılan "düzeltilmiş faaliyet karı", "çekirdek kâr" gibi alt toplamlar, artık tek bir dipnotta, mutabakat tabloları ile ve finansal raporlama ve denetim incelemesine tabi olacaktır.(assets.kpmg.com).

Yeni standartların pazarlama faaliyetlerinin finansal raporlamadaki yorumlanış biçimini doğrudan etkileyebileceği değerlendirilmektedir.Konuyu 2024–2026 TMS/TFRS değişiklikleriçerçevesinde inceleyecek olursak;

a) Pazarlama giderlerinin muhasebeleştirilmesi: Uluslararası standartlara göre pazarlama ve reklam harcamaları genellikle varlık olarak aktifleştirilemez ve oluştuğu dönemde gider yazılır. Bu nedenle reklam kampanyaları, dijital pazarlama giderleri, satış promosyonları ve marka tanıtımı ile ilgili giderler dönem gideri olarak kâr veya zarar tablosuna yansıtılır.

b) TMS1- Gelir Tablosunda Giderlerin Gösterimi: giderlerin niteliğine göre sunumu, gelir tablosunda ayrı ayrı değerlendirilir (IFRS, 2023).

Tablo 2: Niteliğe Göre: pazarlama giderleri ayrı bir kalemdir.

Gelir Tablosu Kalemi	Tutar
Satış Gelirleri	1.000.000
Personel Giderleri	(150.000)
Reklam ve Pazarlama Giderleri	(60.000)
Amortisman	(30.000)
Faaliyet Kârı	760.000

Tablo 3: Fonksiyona Göre: pazarlama giderleri "Pazarlama, Satış ve Dağıtım Giderleri" içindedir.

Gelir Tablosu Kalemi	Tutar
Satış Gelirleri	1.000.000
Satışların Maliyeti	(500.000)
Brüt Kâr	500.000
Pazarlama, Satış ve Dağıtım Giderleri	(90.000)
Genel Yönetim Giderleri	(80.000)
Faaliyet Kârı	330.000

c) TMS 8 etkisi: Bir işletme pazarlama giderlerini sunma yöntemini değiştirebilir. Örneğin: Önce "niteliğe göre" sunum, sonra "fonksiyona göre" sunum yapılabilir. Bu durum bir muhasebe politikası değişikliği olup geçmiş dönem tabloları genellikle yeniden düzenlenir.

Tablo 4: Önceki ve Yeni Sunum

Önceki sunum	Yeni sunum
Reklam giderleri: 900.000	Pazarlama, Satış ve Dağıtım Giderleri: 1.000.000
Personel giderleri: 1.600.000	Yönetim giderleri: 800.000

d) Pazarlama performansının algılanmasına etkisi: Pazarlama performans algısı, davranışsal muhasebe yaklaşımıile ilgilidir. Burada iki yaklaşım kullanılabilir;

- Pazarlama gideri ayrı gösterilirse; stratejik yatırım niteliği daha belirgin hale gelebilir, işletmenin marka geliştirme stratejisinin daha görünür hale gelmesine katkı sağlayabilirve pazarlama verimliliği analiz edilebilir
- Pazarlama gideri fonksiyonel gider içinde yer alırsa; pazarlamanın analiz edilebilirliği azalır, faaliyet kârı analizinde yorum zorlaşabilir ve yatırımcılar pazarlama performansını doğrudan göremez. Bu nedenlepazarlama yoğun sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler, pazarlama giderlerini dipnotlarda açıklamaktadırlar.

e) Finansal oranlar üzerindeki etkisi: Muhasebe politikası değişikliği bazı performans göstergelerini değiştirebilir. Bu yaklaşımda işletmenin toplam kârlılığı değişmemekle birlikte, finansal performans göstergelerinin yorumlanma biçimi değişebilecektir.

Tablo 5: Örnek Yorumlama Biçimi

Gösterge	Önce	Sonra
Pazarlama gider oranı	%8	%12
Faaliyet gider oranı	%22	%22
Brüt kâr	Aynı	Aynı

Burada 2026 sonrası için değerlendirme yapılabilir. 2027 yılında yürürlüğe girmesi beklenen standarda göre gelir tablosunda, finansman ve gelir vergisi öncesi kârgibi ara toplamlar zorunlu olarak gösterilecektir. Bu durumda pazarlama giderleri, faaliyet performansı daha ayrıntılı analiz edilebilecektir.

2.3.Pazarlama Harcamalarına Spesifik Etkiler

Reklam, dijital kampanyalar, promosyonlar ve sponsorluklar gibi pazarlama giderleri genellikle faaliyet kategorisi içinde fonksiyon bazında diğer bir ifadeyle satış giderlerinde yer alır. TFRS-18 ile;

- Örneğin marka yatırımları ile kısa vadeli promosyon ayrımı gibi daha ayrıntılı ayrıştırma zorunlu hale gelir.
- Literatürde belirli doğrudan tepki reklamlarının gelecekte ekonomik fayda yaratma kriterleri kapsamında değerlendirilmesine ilişkin tartışmalar bulunmakla birlikte, TMS 38 kapsamında uygulama oldukça sınırlıdır.
- YTPO'lar aracılığı ile "pazarlama katkısı" veya "düzeltilmiş marka katkısı" gibi metrikler finansal raporlama sürecinde açıklanır ve mutabakat tabloları ile şeffaflaştırılır (ey.com).
- Bu değişiklikler, pazarlama bütçelerinin etkinliğini daha görünür kılar ancak raporlama yükümlülüklerini artırabilir. 2026'da işletmelerin TMS 8 kapsamında geçiş etkilerine ilişkin açıklamalar hazırlaması gerekebilecektir.

3. PERFORMANS ÖLÇÜMLERİNE ETKİLER VE STRATEJİK ENTEGRASYON

TFRS-18 öncesi yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütleri genellikle standartlaştırılmış finansal raporlama açıklamalarının dışında sunulabilmekteydi.

Değişikliklerden sonra finansal tablo dipnotlarında mutabakat açıklaması zorunlu olacaktır. Bu zorunluluk pazarlama için aşağıdaki avantajları sağlamaktadır;

- Pazarlama yatırım getirisi (Marketing ROI), müşteri edinme maliyeti, müşteri yaşam boyu değeri gibi metriklerin finansal raporlama verileri ile uyumu güçlenebilir.
- Disiplinler arası ekipler(muhasebe ve pazarlama uzmanları) YTPO tanımlamada iş birliği yapabilirler.
- Şeffaflık sayesinde yatırımcılar, pazarlama yatırımlarının uzun vadeli değer yaratma kapasitesinidaha iyi değerlendirebilirler (accaglobal.com, 2021).

4. TÜRKİYE BAĞLAMI VE PRATİK ÖNERİLER

Türkiye'de Borsa İstanbul şirketleri başta olmak üzere TFRS'e uyumlu işletmeler TFRS-18'i 2027 de uygulayacaklardır. Aşağıda bu uygulama sürecinin sorunsuz geçmesi için çeşitli öneriler yer almaktadır;

- Geçiş sürecinin planlanması: İşletmelerin 2026 yılı içerisinde hesap planlarını gözden geçirmeleri, finansal raporlama altyapılarını yeniden düzenlemeleri ve veri yönetim sistemlerini TFRS 18'e uyumlu hale getirmeleri önem taşımaktadır.
- Disiplinler arası ekip entegrasyonu: Muhasebe ve pazarlama birimlerinin ortak performans göstergeleri geliştirmesi ve yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütlerinin (YTPO) belirlenmesinde iş birliği içerisinde çalışmaları gerekmektedir.
- Eğitim süreçlerinin güçlendirilmesi: Yeni sunum yapısı, dipnot açıklamaları ve YTPO raporlamasına ilişkin olarak muhasebe, finans ve pazarlama personeline yönelik hizmet içi eğitimlerin artırılması önem arz etmektedir.
- Teknolojik altyapının geliştirilmesi: Kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemlerinin ve finansal raporlama yazılımlarının TFRS 18 ile uyumlu veri sınıflandırma ve etiketleme yapısına göre güncellenmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte yeni düzenlemelerin işletmeler açısından bazı riskler ve fırsatlar oluşturabileceği değerlendirilmektedir. Artan uyum maliyetleri, veri yönetimi karmaşıklığı ve yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütlerinde ortaya çıkabilecek tutarsızlıklar temel riskler arasında yer almaktadır. Buna karşılık daha güçlü yatırımcı ilişkileri, artan raporlama şeffaflığı ve stratejik karar alma süreçlerinin güçlenmesi ise önemli fırsatlar olarak değerlendirilmektedir.

SONUÇ

Muhasebe yaklaşımında pazarlama harcamaları çoğunlukla dönem gideri olarak değerlendirilmekte ve kısa dönem finansal performans üzerinde maliyet artırıcı bir unsur olarak ele alınmaktadır. Buna karşılık pazarlama perspektifinde söz konusu harcamalar; marka değeri oluşturma, müşteri ilişkilerini geliştirme, müşteri yaşam boyu değerini artırma ve sürdürülebilir büyüme sağlama açısından stratejik yatırım niteliği taşımaktadır. Bu durum, finansal raporlama anlayışı ile pazarlama performans değerlendirmesi arasında temel bir yaklaşım farklılığı bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yatırımcıların ve finansal tablo kullanıcılarının pazarlama harcamalarını değerlendirirken yalnızca kısa dönem maliyet etkilerine değil, aynı zamanda uzun vadeli değer yaratma potansiyeline de dikkat etmeleri gerekmektedir.

Muhasebe bakış açısı çoğunlukla maliyet kontrolü, kısa dönem kârlılık ve finansal performans göstergelerine odaklanırken; pazarlama yaklaşımı marka yatırımı, müşteri değeri oluşturma ve işletmenin gelir yaratma kapasitesinin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle pazarlama faaliyetlerinin finansal tablolarda nasıl sınıflandırıldığı ve açıklandığı, işletmenin stratejik performansına ilişkin algıları doğrudan etkileyebilmektedir. Bu çerçevede TFRS 18'in, muhasebe ve pazarlama fonksiyonları arasındaki entegrasyonu güçlendiren önemli bir düzenleme olduğu değerlendirilmektedir. Stratejik yönetim muhasebesi yaklaşımı kapsamında yeni standartların, pazarlama harcamalarının yalnızca dönemsel maliyet unsuru olarak değil,

aynı zamanda uzun vadeli stratejik yatırım perspektifiyle değerlendirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yönetim tarafından tanımlanan performans ölçütleri ve genişletilmiş dipnot açıklamaları aracılığıyla pazarlama performansına ilişkin şeffaflığın artması beklenmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda, bu düzenlemelerin işletmelerin finansal performansı, yatırımcı algısı ve pazarlama stratejileri üzerindeki ampirik etkilerine odaklanılmasının literatüre önemli bir katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

Association of Chartered Certified Accountants (ACCA). (2021). Sector analysis: A frame work for investors. ACCA & CFA Institute. https://www.accaglobal.com/content/dam/ACCA_National/hk/PI/ACCA-CFAI_Sector-Analysis_A-Framework-for-Investors_EN.pdf

Deloitte (2025). Enflasyon Düzeltmesi Ertelendi, https://www.verginet.net/dtt/11/Vergi-Sirkuleri-2025-122.aspx?utm,

DTM Denetim (2025). 2026 Yılında Tutulacak Defterler ve Tasdik Durumları, e-Defter, DBS ve Finansal Raporlama Düzenlemeleri, https://www.dtymm.com.tr/2025/12/26/2026-ilinda-tutulacak-defterler-ve-tasdik-durumlari-e-defter-dbs-ve-finansal-raporlama-duzenlemeleri/?utm,

EY (2024). Amendments to classification and measurement of financial instruments, https://www.ey.com/en_gl/technical/ifrs-technical-resources/amendments-to-classification-and-measurement-of-financial-instruments?utm,

EY (2025) TFRS-18 ile Finansal Raporlamada Değişiklikler

IFRS (2023). Presentation of Financial Statements, https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards/english/2023/issued/part-a/ias-1-presentation-of-financial-statements.pdf?bypass=on&utm,

İstanbul Bağımsız Denetim (2026). Enflasyon Muhasebesi (TMS 29) ve Denetim: Gerçek Rakamlara Dönüş, https://www.istanbulbagimsizdenetim.com.tr/2026/01/09/enflasyon-muhasebesi-tms-29-ve-denetim-gercek-rakamlara-donus/?utm,

KGK-1 (2025). Duyuru, https://kgk.gov.tr/ContentAssignmentDetail/5106/TFRSlere-I%CC%87lis%CC%A7kin-Y%C4%B1ll%C4%B1k-I%CC%87yiles%CC%A7tirmeler---Cilt-1-Resmi-Gazetede-Yay%C4%B1mlanm%C4%B1s%CC%A7t%C4%B1r-?utm,

Kamu Gözetimi, Muhasebe Denetimi Standartları Kurumu (KGK) (2025). TFRS-18, Finansal Tablolarda Sunum ve Açıklama, Resim Gazete 8 Mayıs 2025.

KPMG (2024-2026). Sunum ve Açıklama- TFRS-18.

Mizik, N.,& Nissim, D. (2011). Accounting for Marketing Activities: Implications for Marketing Research and Practice. Columbia Business School Research Paper. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=1768382 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1768382

PwC (2025-2026). TFRS-18 Yayınları, https://www.pwc.com.tr/ufrs-yayinlari.

Roslander, R.,& Hart, S. J. (2002). Integrating Management Accounting and Marketing in the Pursuit of Competitive advantage: the case for strategic Management accounting. Critical Perspectives on Accounting, 13(2), 255–277. https://doi.org/10.1006/cpac.2001.0477

RODL (2025). IFRS Update 2025 – Overview of the new and amended standards, https://www.roedl.com/en/insights/ifrs-update-2025-overview-of-the-new-and-amended-standards/?utm,

EÇİCİ LAZER ERGİTME VE DÖKÜM YÖNTEMLERİYLE ÜRETİLEN Ti6Al4V ALAŞIMLARININ YAPISAL KARAKTERİZASYONU

Karahan OCAK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0009-0007-0777-418X
Dr. Öğr. Üyesi Özkan GÖKÇEKAYA
University of Osaka, Additive Manufacturing Research and Development Center, Osaka, Japan
ORCID ID: 0000-0002-9258-858X
Abdulaziz ALKAN
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID:0000-0003-0206-9610
Dilara AYMERGEN
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0009-0009-7445-1879
F. Betül YILMAZ GÜLER
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-9620-8452
Fatih AKSU
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-1719-9509
Doç. Dr. Gülşah AKTAŞ ÇELİK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8580-9022
Prof. Dr. Ş. Hakan ATAPEK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0964-2037

ÖZET

Ti6Al4V alaşımları, düşük yoğunluk, yüksek mekanik mukavemet ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle havacılık, biyomedikal ve ileri mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan α+β titanyum alaşımlarıdır. Son yıllarda seçici lazer ergitme (SLM) yöntemi, Ti6Al4V alaşımlarının karmaşık geometrilerde üretilebilmesine imkan sağlayan önemli bir eklemeli imalat yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, SLM ve konvansiyonel döküm yöntemleriyle üretilmiş Ti6Al4V alaşımlarının mikroyapısal özellikleri ve sertlik davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. SLM yöntemiyle XY doğrultusunda üretilen alaşımda, üretim yönelimine bağlı mikroyapısal değişimlerin değerlendirilebilmesi amacıyla en ve boy kesitlerinden metalurjik karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Her bir üretim koşuluna bağlı olarak alaşımların mikroyapısal incelemelerinde ışık mikroskobu (IM), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışın difraktometresi (XRD) kullanılmıştır. Elde edilen bulgular; (i) SLM ile üretilen numunelerde yüksek soğuma hızına bağlı olarak ince iğnemsi α′ martenzitik faz morfolojisinin oluştuğunu, (ii) en ve boy kesitlerinde gözlenen mikroyapısal farklılıkların katmanlı üretim yönelimi ve hızlı katılaşma koşulları ile ilişkili olduğunu, (iii) konvansiyonel döküm yöntemiyle üretilen alaşımlarda ise daha düşük soğuma hızına bağlı olarak daha kaba α+β faz morfolojisinin geliştiğini ortaya koymuştur. Üretim yönteminin sertlik davranışı üzerinde de belirleyici bir etkisi tespit edilmiş olup, SLM ile üretilen alaşımda sertlik

değeri 337±6 HV, konvansiyonel döküm yöntemiyle üretilen alaşımda ise 362±4 HV olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Ti6Al4V alaşımında üretim yöntemi ve üretim yöneliminin mikroyapısal gelişim, faz dönüşümü ve sertlik davranışı üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir.
Anahtar kelimeler: Ti6Al4V, SLM, döküm, eklemeli imalat, mikroyapı

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF Ti6Al4V ALLOY PRODUCED BY SELECTIVE LASER MELTING AND CASTING METHODS

ABSTRACT

Ti6Al4V alloys are α+β titanium alloys that are widely used in aerospace, biomedical, and advanced engineering applications due to their low density, high mechanical strength, and biocompatibility. In recent years, selective laser melting (SLM) has emerged as an important additive manufacturing method that enables the production of Ti6Al4V alloys with complex geometries. In this study, the microstructural properties and hardness behavior of Ti6Al4V alloys produced by SLM and conventional casting methods were comparatively investigated. In the alloy produced in the XY direction by SLM, metallurgical characterization studies were carried out on transverse and longitudinal sections in order to evaluate the microstructural changes associated with the build orientation. Depending on each production condition, optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffractometry (XRD) were used for the microstructural examinations of the alloys. The obtained findings revealed that; (i) a fine acicular α′ martensitic phase morphology formed in the alloy produced by SLM due to the high cooling rate, (ii) the microstructural differences observed in the transverse and longitudinal sections were associated with the layer-by-layer build orientation and rapid solidification conditions, and (iii) a coarser α+β phase morphology developed in the alloy produced by conventional casting due to the lower cooling rate. The production method was also found to have a determining effect on the hardness behavior of the Ti6Al4V alloy, and the hardness value was determined as 337±6 HV in the alloy produced by SLM and 362±4 HV in the alloy produced by conventional casting. The obtained results indicate that the production method and build orientation have a direct effect on the microstructural development, phase transformation, and hardness behavior of the Ti6Al4V alloy.
Keywords: Ti6Al4V, SLM, casting, additive manufacturing, microstructure

1. GİRİŞ

Ti-6Al-4V alaşımı, yüksek özgül mukavemet, üstün korozyon direnci ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle havacılık, biyomedikal, uzay ve havacılık endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan α+β titanyum alaşımlarından biridir (Damisih vd. 2018; Yan vd. 2020; Rehan vd. 2024). Ancak düşük ısıl iletkenliği, yüksek kimyasal reaktivitesi ve işleme sırasında oluşan yüksek kesme kuvvetleri nedeniyle geleneksel talaşlı imalat yöntemleriyle işlenmesi zor ve maliyetlidir (Zhao vd. 2016; Luan vd. 2017) Bu nedenle son yıllarda istenen boyutlara yakın şekilde üretim yöntemlerine yönelik ilgi artmıştır (Yan vd. 2020).

Ti-6Al-4V alaşımının üretiminde yaygın olarak kullanılan üretim yöntemlerinden biri döküm olup, çok karmaşık olmayan bir geometriye sahip parçaların ekonomik şekilde üretimine olanak sağlamaktadır (Dejene v. 2023; Liu ve Shin 2019). Döküm prosesi sırasında nispeten düşük soğuma hızları, mikroyapıda genellikle kaba α+β lamelli veya Widmanstätten morfolojisinin oluşmasına neden olmaktadır (Tao vd. 2019; Luan vd. 2017; Bartolomeu 2022). Ayrıca döküm yapısında büyük öncül-β taneleri ve sınırlı miktarda β fazı da gözlenmektedir (Fermanoir vd. 2015; Luan vd. 2017). Buna karşılık SLM yöntemi, metal tozlarının lazer enerjisiyle katmanlı

olarak ergitilmesine dayanan bir eklemeli imalat prosesidir (Zhao vd. 2016; Jaber vd. 2022; Dejene vd. 2023). SLM prosesi sırasında oluşan yüksek sıcaklık gradyanları ve çok yüksek soğuma hızları (10^3–10^8 K/s), alaşımın mikroyapısal evrimini önemli ölçüde değiştirmektedir (Bartolomeu 2022). Bu hızlı katılaşma koşulları sonucunda β fazından difüzyonsuz dönüşüm gerçekleşmekte ve ince iğnemsi α′ martenzitik yapı oluşmaktadır (Dilip vd. 2017; Lekoadi vd. 2022; Milton vd. 2021). SLM işlemi sırasında oluşan ergiyik havuzlarının geometrisi, katmanlar arası örtüşme bölgeleri ve lokal sıcaklık dağılımları mikroyapının gelişiminde kritik rol oynamaktadır (Rehan vd. 2024; Wu vd. 2025). Özellikle yüksek sıcaklık gradyanları, başlangıç β tanelerinin ergiyik havuzu boyunca epitaksiyel olarak büyümesine neden olmaktadır (Zhao vd. 2016; Tao vd. 2019). Ayrıca tarama stratejisine bağlı olarak oluşan örtüşme bölgeleri, tekrarlı ısıl çevrimler ve yeniden ergitme etkisi altında farklı mikroyapısal bölgelerin oluşmasına yol açmaktadır (Wu vd. 2025; Zhao vd. 2016). Bu durum, havuz içlerinde ince ve yönlenmiş α′ martenzitik yapıların oluşmasına karşın, örtüşme bölgelerinde daha kaba martenzitik morfolojilerin oluşmasına neden olabilmektedir (Wu vd. 2025). Sonuç olarak SLM ile üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarında belirgin mikroyapısal heterojenlik ve anizotropik davranış ortaya çıkmaktadır (Rehan vd. 2024; Milton vd. 2021; Liu vd. 2023).

Üretim yöntemine bağlı olarak oluşan bu mikroyapısal farklılıklar, alaşımın mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Zhao vd. 2016; Milton vd. 2021). SLM ile üretilen Ti-6Al-4V alaşımında ince α′ martenzitik yapı nedeniyle yüksek sertlik ve çekme mukavemeti elde edilirken, süneklik değerleri genellikle azalmaktadır (Zhao vd. 2016; Milton vd. 2021; Yan vd. 2020). Döküm yöntemiyle üretilen alaşımlarda ise daha kaba α+β lamelli yapı nedeniyle farklı bir mukavemet–süneklik dengesi ortaya çıkmaktadır (Luan vd. 2017 ;Yan vd. 2020). Bu çalışmada döküm ve SLM yöntemleriyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarının mikroyapıları karşılaştırmalı olarak incelenmiş olup, üretim prosesinin faz oluşumu, tane morfolojisi ve mikroyapısal evrim üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, ticari döküm Ti-6Al-4V alaşımı tedarik edilmiş olup, çift yönlü XY tarama stratejisi kullanılarak 10 × 10 × 10 mm boyutlarında SLM ile benzer kompozisyonda alaşımın üretimi sağlanmıştır. SLM üretim parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Üretilen alaşımların yoğunlukları, Arşimet prensibine göre belirlenmiştir. Bu yöntem, sıvı içine batırılan cisimlerin yer değiştirdiği sıvı hacmi üzerinden yoğunluğun hesaplanmasını sağlar ve böylece alaşımların gerçek yoğunlukları doğru bir biçimde ölçülür. Yapılan ölçümler sonucunda, üretilmiş alaşımın yoğunluğu % 98.6 değerindedir. Bu yüksek yoğunluk değeri, alaşımın üretim sürecindeki kalite ve yoğunluk homojenliğinin başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu yoğunluk değeri alaşımın yapısal dayanıklılığı ve mekanik özellikleri için kritik bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

Tablo 1. Seçici lazer ergitme yöntemi üretim parametreleri.

P (W)	V (mm/s)	h (mm)	d (mm)	Enerji (E)
360	1200	0,1	0,06	0,0018

Döküm ve SLM yöntemiyle üretilen Ti-6Al-4V numuneleri mikroyapısal karakterizasyon analizleri öncesinde standart metalografik hazırlama prosedürüne tabi tutulmuştur. Numune yüzeyleri sırasıyla 120, 320, 600, 1000 ve 2500 mesh SiC zımpara kağıtları kullanılarak zımparalanmış, ardından 3 µm elmas süspansiyon ile parlatılmıştır. Parlatılan yüzeyler, mikroyapının belirginleştirilmesi amacıyla Kroll çözeltisi (%4 HF, %6 HNO_3 ve %90 saf su) kullanılarak dağlanmıştır. Mikroyapı incelemeleri Olympus BX41M-LED model ışık

mikroskobu (IM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroyapısal bileşenlerin daha yüksek büyütmelerde incelenmesi amacıyla JEOL JSM 6060 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Lokal kimyasal analizler ve element dağılımları SEM cihazına entegre enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi (EDS, IXRF) ile yapılan analizler eşliğinde belirlenmiştir.

Faz analizleri, Rigaku Ultima+ model XRD cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. XRD analizlerinde Cu-Kα radyasyonu tercih edilerek, 20°–80° 2θ aralığında ve 1°/dak. tarama hızıyla ölçümler yapılmıştır. Elde edilen difraksiyon desenleri üzerinden faz yapıları incelenmiş; piklerin genişlemeleri dikkate alınarak kristalit boyutu, Scherrer denklemi (denklem 1) kullanılarak hesaplanmıştır. Kafes gerilimi ise mikro-gerinme ilişkisini ifade eden denklem 2 yardımıyla belirlenmiştir. Ayrıca, dislokasyon yoğunluğu Williamson–Smallman bağıntısı (denklem 3) kullanılarak hesaplanmıştır. Denklemlerde yer alan semboller, analiz ve hesaplamaların anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Burada, D kristalit boyutunu belirtmekte olup, bu değer malzemenin mikroyapısal özelliklerini tanımlamada kullanılır. Kristalit boyutu, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerine doğrudan etki eden bir parametredir. K ise Scherrer sabitini ifade eder ve genellikle 0.9 değeriyle sabit kabul edilir; bu sabit, kristalit boyutunun hesaplanmasında kullanılan formülün hassasiyetini belirler. λ sembolü, kullanılan X-ışını dalga boyunu gösterir ve burada Cu-Kα radyasyonu için sabit olan 1.54056 Å değeri kullanılmıştır. Bu dalga boyu, XRD analizlerinin temelini oluşturur ve kırınım desenlerinin doğru şekilde elde edilmesini sağlar. Yarı pik genişliği, yani β, kristalitlerin büyüklüğü ve iç gerilmeler hakkında bilgi verir; piklerin genişlemesi kristalit boyutunun küçüklüğüne ya da malzeme içindeki gerilmelere işaret eder. ε mikro-gerinmeyi temsil eder ve bu değer, malzemenin kafes yapısındaki küçük bozulmaları ve gerilmeleri ölçmek için kullanılır. Mikro-gerinme, malzemenin mekanik dayanıklılığı ve performansı hakkında kritik bilgiler sağlar. θ ise Bragg açısı olarak adlandırılır ve X-ışını kırınımının temel prensiplerine göre, dalga boyu ile kristal yüzeyleri arasındaki açı ilişkisini gösterir. Son olarak, δ dislokasyon yoğunluğunu ifade eder; dislokasyonlar malzemenin deformasyon davranışını belirleyen mikroyapısal kusurlardır ve yoğunlukları malzemenin mukavemeti üzerinde doğrudan etkili olur. Bu sembollerin her biri, XRD analizleri ve sonrasında yapılan hesaplamalarda malzemenin yapısal karakterizasyonunu detaylı şekilde anlamak için kritik öneme sahiptir.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta cos\theta} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4tan\theta} \quad (2)$$

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (3)$$

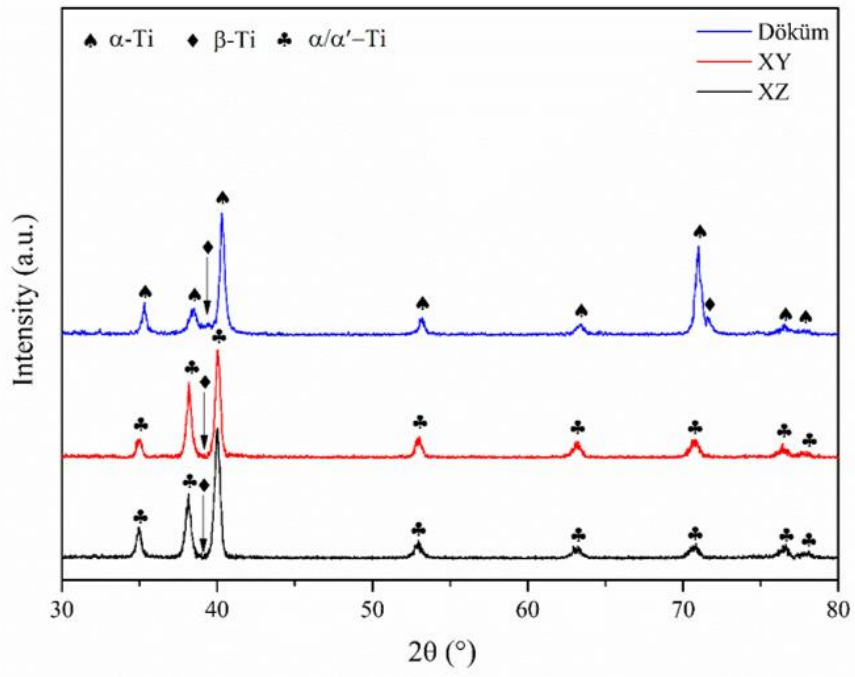
Sertlik testleri, malzemelerin yüzey sertliğini ölçmek amacıyla Emcotest marka mikrosertlik cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde, cihazın uyguladığı yük miktarı 0.2 kgf olarak belirlenmiş ve bu yük altında numunelerin sertlik değerleri hassas bir şekilde ölçülmüştür. Çoklu ölçümler yapılarak hem ortalama sertlik değeri hem de standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Faz analizi

Döküm ve SLM yöntemiyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarına ait XRD analiz sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Döküm yöntemiyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımının XRD difraksiyon deseninde

esas olarak α fazı ve sınırlı miktarda β fazına ait karakteristik pikler belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Bu bulgu, döküm sürecindeki soğuma hızının nispeten düşük olması nedeniyle denge fazlarının oluştuğunu göstermektedir. Öte yandan, SLM yöntemiyle üretilen numunelerde ise farklı bir yapısal özellik dikkat çekmektedir; burada α′ martenzitik faza ait pikler belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Bu durum, SLM işlemi sırasında meydana gelen son derece yüksek soğuma hızlarının, difüzyonsuz β→α′ martenzitik dönüşümünü tetiklemesiyle açıklanmaktadır. Bu hızlı dönüşüm, malzemenin mikro yapısında ince ve sert martenzitik yapının oluşmasına neden olur. XRD analizlerinden elde edilen veriler kullanılarak hesaplanan yapısal parametreler ise Tablo 2'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Döküm yöntemiyle üretilen alaşımda kristalit boyutu 18,66 nm olarak hesaplanmıştır. Buna karşın, SLM yöntemiyle üretilen numunelerde kristalit boyutunda belirgin bir azalma gözlenmiş; SLM-XZ ve SLM-XY kesitlerinde kristalit boyutları sırasıyla 15,14 nm ve 13,98 nm olarak belirlenmiştir. Bu azalma, SLM işlemi sırasında meydana gelen yüksek soğuma hızı ve katmanlı üretim süreçlerinin, daha ince ve sıkı martenzitik yapılar ile yüksek arayüzey yoğunluğuna yol açmasıyla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, mikro-gerinme ve dislokasyon yoğunluğu değerleri açısından da önemli farklılıklar saptanmıştır. Özellikle SLM ile üretilen alaşımlarda, döküm alaşıma kıyasla hem mikro-gerinim hem de dislokasyon yoğunluğunun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yüksek soğuma hızları ile martenzitik dönüşüm sırasında kafes yapısında oluşan distorsiyonlar ve katmanlı üretim sürecinde meydana gelen tekrarlı ısıl çevrimlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle SLM-XY kesitinde dislokasyon yoğunluğunda belirgin bir artış gözlenmiş olup, bu artış martenzitik yapının karmaşık kafes distorsiyonları ve üretim yönüne bağlı mikroyapısal özelliklerin etkisiyle açıklanmaktadır. SLM-XZ ve SLM-XY kesitleri arasında gözlemlenen yapısal farklılıklar, üretim yönüne (ÜY) bağlı olarak gelişen mikroyapısal anizotropinin kristalografik yapıya olan etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bu anizotropi, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinde yönelime bağlı değişikliklere yol açmakta, bu da SLM ile üretilen alaşımların performansını doğrudan etkilemektedir. Bu bulgular, üretim yönteminin ve yönünün alaşımın yapısal özellikleri üzerindeki kritik rolünü vurgulamaktadır.



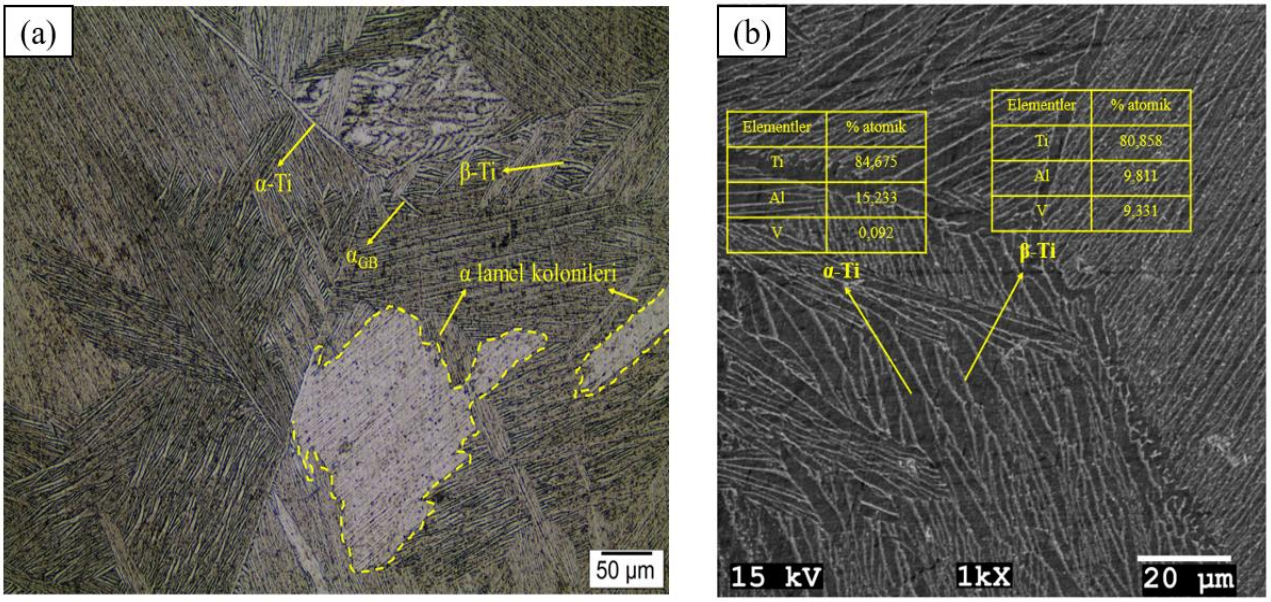
Şekil 1. Ti6Al4V alaşımlarına ait XRD analiz sonuçları.

Tablo 2. XRD analizlerinden hesaplanan kristalit boyutu, mikro-gerinim ve dislokasyon yoğunluğu değerleri.

Malzeme	D (nm)	δ (x10^{-3}, nm^{-2})	ε (x10^{-3})
Döküm	18,66	4,82	4,79
SLM XZ	15,14	5,27	5,24
SLM XY	13,98	6,05	5,67

3.2 Mikroyapısal karakterizasyon

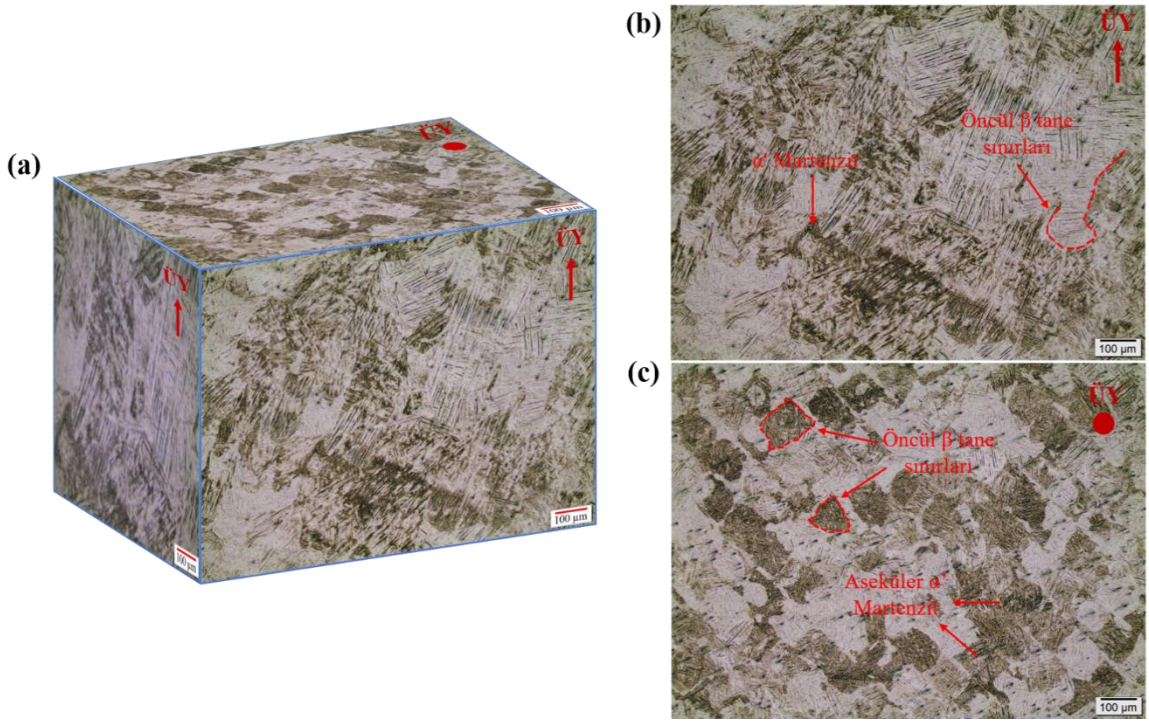
Döküm ve SLM yöntemiyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarına ait IM ve SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 2 - Şekil 4'te verilmiştir. Döküm yöntemi ile üretilen alaşımda, mikroyapısal olarak kaba α+β lamelli yapı ile birlikte karakteristik Widmanstätten morfolojisi açıkça gözlemlenmiştir. Mikroyapı detaylarına bakıldığında, büyük ve belirgin öncül-β taneleri ile geniş ve kalın α lamelleri varlığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Bu yapı, döküm sürecindeki nispeten uzun katılaşma süreleri ve difüzyon kontrollü faz dönüşümlerinin bir sonucudur; bu koşullar kaba mikroyapısal bileşenlerin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Uzun katılaşma süresi, fazların büyümesine ve tane sınırlarının belirginleşmesine olanak tanır, bu da mekanik özellikler üzerinde doğrudan etkili olabilir.



Şekil 2. Döküm Ti6Al4V alaşımına ait (a) IM ve (b) SEM görüntüleri.

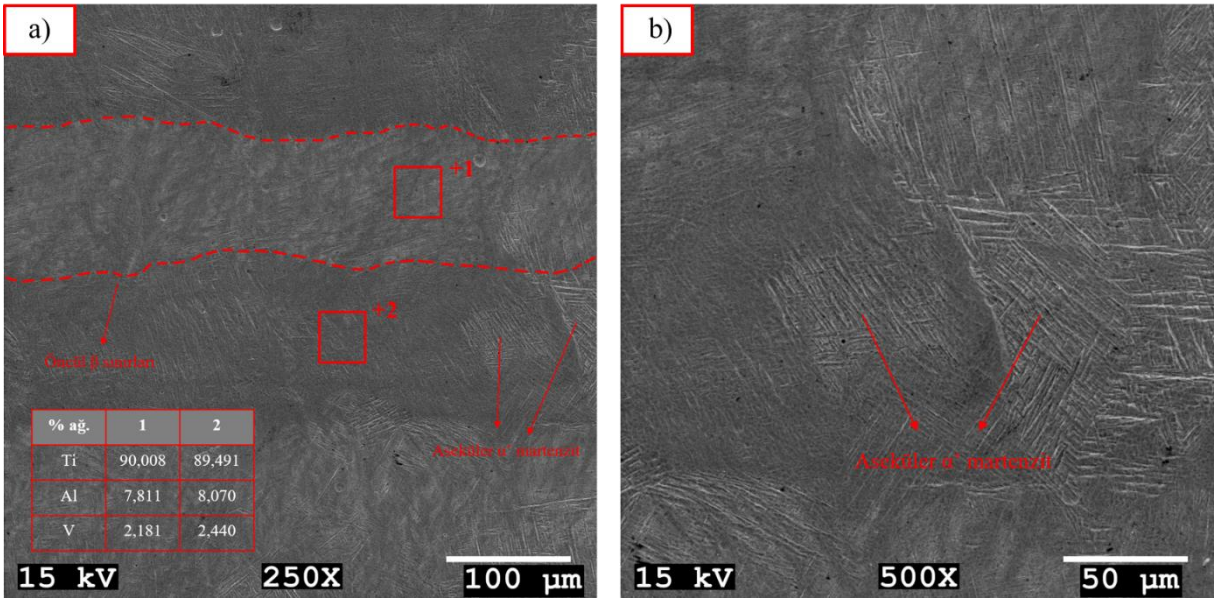
SLM yöntemiyle üretilen alaşımlarda ise mikroyapıda belirgin farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Burada, ince iğnemsi α′ martenzitik yapı ile birlikte belirgin ergiyik havuzu sınırları görülmektedir (Şekil 3). Mikroyapının XZ kesitinde, üretim yönü boyunca uzanan ve tipik olarak sütunsal öncül-β tane yapıları net bir biçimde belirgin hale gelmiştir. Bu sütunsal yapılar, katmanlı üretim sürecine bağlı olarak yönlenmiş kristal büyümesini yansıtır. Öte yandan, XY kesitinde ise daha homojen ve eşeksenli benzeri yani izotropik bir mikroyapı görünümü elde edilmiştir. Bu durum, sütunsal yapıların farklı kesit düzlemlerinde farklı geometrik kesitler vermesi ile açıklanabilir. XY kesitlerinde ayrıca, SLM işlemi sırasında kullanılan çift yönlü tarama stratejisi nedeniyle, ergiyik havuzlarının oluşturduğu bölgesel desenler de gözlemlenmiştir. Bu desenler, örtüşen ergiyik havuzu bölgelerinde mikroyapısal heterojenliklerin oluştuğunu göstermektedir. Özellikle, ergiyik havuzu örtüşme bölgelerinde nispeten daha kaba ve iri martenzitik morfolojiler gelişirken, havuz içi bölgelerde ise ince ve

yönlenmiş α′ yapılar hakimdir. Bu farklılıklar, katmanlı üretim sırasında gerçekleşen yeniden ergitme etkisi ve lokal ısıl çevrimlerin mikroyapısal bileşenler üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Isıl çevrimler, malzemenin mikro yapısında yeniden düzenlemelere neden olarak hem tane boyutunu hem de faz dağılımını etkileyebilir.



Şekil 3. SLM ile üretilmiş Ti6Al4V alaşımının (a) küboit tasarımı, (b) XZ yönündeki ve (c) XY yönünde dağlanmış konumdaki IM görüntüleri.

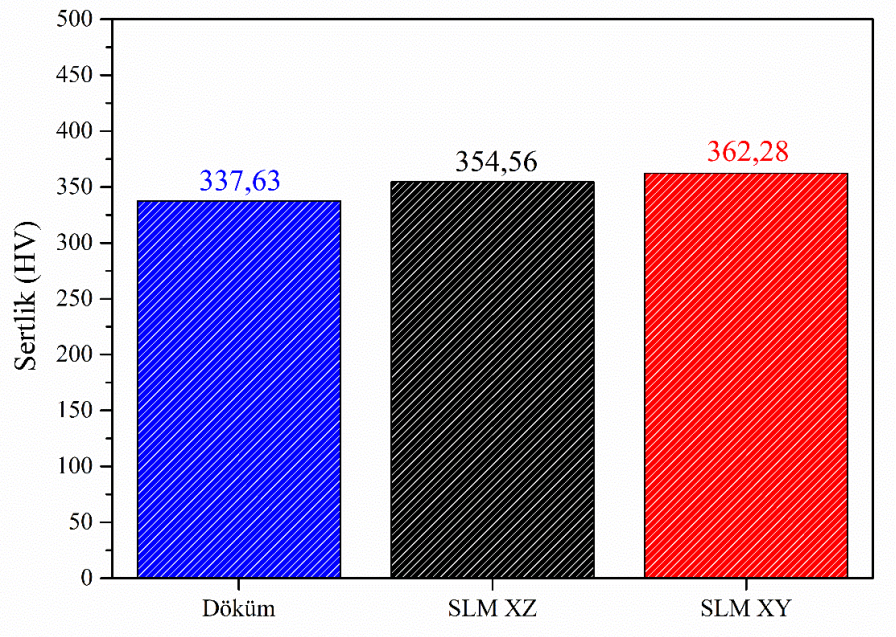
SLM prosesi sırasında meydana gelen yüksek soğuma hızları, Ti-6Al-4V alaşımının mikroyapısında ince ve iğnesel formda α′ martenzitik yapının oluşmasına yol açmıştır. Bu ince iğnesel yapı, malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir mikroyapısal özellik olarak karşımıza çıkar. SEM görüntülerinde incelendiğinde, mikroyapı içerisinde önceden var olan β tane sınırlarının oldukça belirgin bir şekilde görülebildiği tespit edilmiştir. Bu tane sınırları, malzemenin önceki yüksek sıcaklık faz yapısını yansıtarak, malzemenin termal geçmişi hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca, SEM görüntülerinde farklı yönelimlerde gelişmiş olan martenzitik kolonilerin varlığı net bir şekilde ortaya konmuştur. Bu koloniler, SLM'nin katman katman üretim sürecine bağlı olarak gelişen ve yönlenmiş katılaşma davranışının bir göstergesidir; yani üretim yönüne paralel veya belirli açılarla yönlenmiş mikroyapısal özellikler oluşmaktadır. Alaşım elementlerinin mikroyapı boyunca oldukça homojen bir dağılım sergilediği ve belirgin bir element segregasyonu oluşmadığı da yapılan analizlerle belirlenmiştir (Şekil 4). Bu durum, SLM işlemi sırasında hızlı katılaşma ve yüksek enerji girişinin alaşım elementlerinin eşit dağılmasını desteklediğini göstermektedir. Homojen element dağılımı, alaşımın mekanik dayanımı ve korozyon direnci gibi performans özellikleri açısından oldukça olumlu bir durumdur, çünkü lokal element birikimleri malzemenin zayıf noktalarını oluşturabilir.



Şekil 4. SLM ile üretilmiş Ti6Al4V alaşımının farklı büyütmelerdeki SEM görüntüleri.

3.3 Sertlik testi sonuçlarının değerlendirilmesi

Farklı üretim yöntemleri kullanılarak elde edilen Ti-6Al-4V alaşımlarının mikrosertlik sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde, SLM yöntemiyle üretilen alaşımın sertlik değerlerinin, geleneksel döküm yöntemiyle üretilen alaşıma kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu fark, mikroyapısal farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Döküm alaşımında baskın olan kaba α+β lamelli yapı, dislokasyon hareketine karşı nispeten sınırlı bir engel teşkil eder, bu da alaşımın sertlik değerlerini düşürmektedir. Buna karşın, SLM ile üretilen alaşımda gözlenen ince iğnemsi α′ martenzitik yapı ve bu yapıya eşlik eden yüksek arayüzey yoğunluğu, dislokasyon hareketini önemli ölçüde kısıtlayarak sertlik değerlerinin artmasına neden olmaktadır. SLM ile üretilen alaşımda bu sertlik artışı, aynı zamanda yapılan XRD analizlerinden elde edilen yüksek dislokasyon yoğunluğu ve mikro-gerinme değerleri ile de uyumludur. Bu parametreler, malzeme içindeki kristal kusurlarının ve gerilme birikimlerinin arttığını gösterir; bu da malzemenin daha sert ve dayanıklı olmasına katkı sağlar. Ayrıca, SLM ile üretilen alaşımda yöne bağlı olarak sertlik değerleri arasında da farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle SLM-XZ ve SLM-XY kesitleri arasında ortaya çıkan sertlik farkları, ergiyik havuzu yapısı, öncül-β tane yönlenmesi ve üretim yönüne bağlı olarak gelişen mikroyapısal anizotropi ile ilişkilendirilmektedir. Bu anizotropi, malzemenin mikroyapısal özelliklerinin üretim sırasında katmanlı olarak değişmesi ve belirli yönlerde farklılaşmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, SLM yöntemiyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarının mikrosertlik değerlerindeki artış, hem mikroyapısal incelik hem de malzeme içi kristal kusurlarının yoğunluğunun yükselmesi ile açıklanabilmektedir. Bu da SLM teknolojisinin, yüksek mekanik performans gerektiren uygulamalar için avantajlı bir üretim yöntemi olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Farklı üretim yöntemleri ile üretilmiş Ti6Al4V alaşımının sertlik sonuçları.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, döküm ve SLM yöntemleriyle üretilen Ti-6Al-4V alaşımlarının mikroyapısal ve kristalografik özellikleri karşılaştırılmıştır. Döküm alaşımda kaba α+β lamelli yapı görülürken, SLM alaşımda ince iğnemsi α′ martenzitik yapı ve belirgin ergiyik havuzu sınırları tespit edilmiştir. SLM alaşımında kristalit boyutu azaltılmış olup, mikro-gerinme ve dislokasyon yoğunluğu arttırılmıştır. Ayrıca, SLM ile üretilen alaşımlar döküm alaşıma göre daha yüksek mikrosertlik değeri (362±4) göstermiştir. Sonuç olarak, SLM yöntemi Ti-6Al-4V alaşımında ince mikroyapı ve yüksek sertlik sağlarken, üretim yönüne bağlı mikroyapısal anizotropi mekanik performans açısından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin [*FUI-2026-4875*] numaralı projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar destekleri için ilgili birime teşekkür eder.

KAYNAKÇA

Bartolomeu F., Gasik M., Silva F. S., Miranda G. (2022). Mechanical properties of Ti6Al4V fabricated by Laser Powder Bed Fusion: A review focused on the processing and microstructural parameters influence on the final properties. Metals, 12, 986. https://doi.org/10.3390/met12060986

Damisih, Jujur I. N., Sah J., Agustanhakri, Prajitno D. H. (2018). Characteristics microstructure and microhardness of cast Ti-6Al-4V ELI for biomedical application submitted to solution treatment. In AIP conference proceedings (Vol. 1964, No. 1, p. 020037). https://doi.org/10.1063/1.5038319

Dejene N. D., Lemu H. G., Gutema E. M. (2023). Critical review of comparative study of Selective Laser Melting and investment casting for thin-walled parts. Materials, 16, 7346. https://doi.org/10.3390/ma16237346

Dilip J. J. S., Zhang S., Teng C., Zeng K., Robinson C., Pal D., Stucker B. (2017). Influence of processing parameters on the evolution of melt pool, porosity, and microstructures in Ti-6Al-4V alloy parts fabricated by Selective Laser Melting. Progress in Additive Manufacturing, *2*(3), 157–167. https://doi.org/10.1007/s40964-017-0030-2

Formanoir C. de, Michotte S., Rigo O., Germain L., Godet S. (2015). Electron Beam Melted Ti–6Al–4V: Microstructure, texture and mechanical behavior of the as-built and heat-treated material. Materials Science and Engineering A, 652, 105–119. https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.11.052

Jaber H., Kónya J., Kulcsár K., Kovács T. (2022). Effects of annealing and solution treatments on the microstructure and mechanical properties of Ti6Al4V manufactured by Selective Laser Melting. Materials, 15, 1978. https://doi.org/10.3390/ma15051978

Lekoadi, P., Tlotleng, M., Annan, K. A., Maledi, N., Masina, B. (2022). Effect of heat treatment on microstructure, hardness and tensile properties of high-speed Selective Laser Melted Ti6Al4V. MATEC Web of Conferences, 370, 11003–11003. https://doi.org/10.1051/matecconf/202237011003

Liu J., Liu J., Li Y., Zhang R., Zeng Z., Zhu Y., Zhang K., Huang A. (2021). Effects of post heat treatments on microstructures and mechanical properties of Selective Laser Melted Ti6Al4V alloy. Metals, 11, 1593. https://doi.org/10.3390/met11101593

Liu S., Shin Y. C. (2019). Additive manufacturing of Ti6Al4V alloy: A review. Materials and Design, 164, 107552. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.107552

Luan J. H., Jiao Z. B., Liu W. H., Lu Z. P., Zhao W. X., Liu C. T. (2017). Compositional and microstructural optimization and mechanical-property enhancement of cast Ti alloys based on Ti-6Al-4V alloy. Materials Science & Engineering A, 704, 91-101. http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2017.08.018

Milton S., Rigo O., LeCorre S., Morandeau A., Siriki R., Bocher P., Leroy R. (2021). Microstructure effects on the machinability behaviour of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting and Electron Beam Melting process. Materials Science & Engineering A, 823, 141773. https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141773

Rehan M., Zhao T., Yip W. S., To S. S. (2024). Microstructure and machinability of selective laser melted titanium alloy in micro-milling. Journal of Materials Research and Technology, 33, 8491-8502. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.11.204

Tao, P., Zhong, J., Li, H., Hu, Q., Gong, S., & Xu, Q. (2019). Microstructure, Mechanical Properties, and Constitutive Models for Ti–6Al–4V Alloy Fabricated by Selective Laser Melting (SLM). *Metals*, *9*(4), 447–447. https://doi.org/10.3390/met9040447

Wu L., Zeng Y., Dang L., Zhang Y., Zhang H., Mao S., Shen X., Duan W. (2025). Micro-and meso-structures of Ti–6Al–4V formed by SLM process and its formation mechanism. Journal of Materials Research and Technology, 39, 7777-7791. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.11.117

Yan Q., Chen B., Kang N., Lin X., Lv S., Kondoh K., Li S., Li J. S. (2020). Comparison study on microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V alloys fabricated by powder-based selective-laser-melting and sintering methods. Materials Characterization, 164, 110358. https://doi.org/10.1016/j.matchar.2020.110358

Zhao X., Li S., Zhang M., Liu Y., Sercombe T. B., Wang S., Hao Y., Yang R., Murr L. E. (2016). Comparison ofthemicrostructures and mechanical properties of Ti–6Al 4V fabricated by selective laser melting and electron beam melting. Materials and Design, 95, 21-31. http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.12.135

SEÇİCİ LAZER ERGİTME İŞLEM PARAMETRELERİNİN Ti6Al4V ALAŞIMININ YAPISAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Abdulaziz ALKAN
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0206-9610
Dr. Öğr. Üyesi Özkan GÖKÇEKAYA
University of Osaka, Additive Manufacturing Research and Development Center, Osaka, Japan
ORCID ID: 0000-0002-9258-858X
Dilara AYMERGEN
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0009-0009-7445-1879
Karahan OCAK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0009-0007-0777-418X
F. Betül YILMAZ GÜLER
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-9620-8452
Fatih AKSU
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-1719-9509
Doç. Dr. Gülşah AKTAŞ ÇELİK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8580-9022
Prof. Dr. Ş. Hakan ATAPEK
Kocaeli University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-0964-2037

ÖZET

Seçici lazer ergitme (SLM) yöntemi, Ti6Al4V alaşımlarında proses parametrelerine bağlı olarak yoğunluk oranı, hızlı katılaşma koşulları ve mikroyapısal dönüşümler üzerine doğrudan etkili olan bir eklemeli imalat yöntemidir. Bu çalışmada, Ti6Al4V alaşımları SLM yöntemi ile iki farklı proses parametresi (lazer gücü ve tarama hızı) kullanılarak üretilmiş olup, işlem parametrelerinin yapısal özellikler ve sertlik davranışı üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Seçilen proses parametreleri ile üretilen Ti6Al4V alaşımlarının yoğunluk değerleri %97-99 aralığındadır. Her bir üretim koşuluna bağlı olarak malzemelerin karakterizasyon çalışmalarında ışık mikroskobu (IM), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışını difraktometresi (XRD) kullanılmıştır. Elde edilen bulgular; (i) seçici lazer ergitme prosesinin hızlı katılaşma karakterine bağlı olarak alaşımlarda oldukça ince iğnemsi α′ martenzitik fazının oluştuğunu, (ii) farklı lazer gücü ve tarama hızı kombinasyonlarının ergiyik havuz morfolojisi, katmanlar arası mikroyapısal süreklilik ve üretim yönü boyunca gelişen yönlenmiş sütunsal öncül-β tane morfolojisi üzerinde etkili olduğunu, (iii) XRD verilerinden hesaplanan kristalit boyutu, mikro-gerinme ve dislokasyon yoğunluğu değerlerinin proses parametrelerine bağlı olarak değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Üretim parametrelerinin

sertlik davranışı üzerine de belirleyici bir etkisi tespit edilmiş olup, SLM yöntemiyle üretilen Ti6Al4V malzemelerin sertlik değerleri 355–362 HV aralığındadır. Tüm bulgular, seçici lazer ergitme işlem parametrelerinin Ti6Al4V alaşımında hızlı katılaşmaya bağlı faz dönüşümü, yapısal özellikler ve sertlik davranışı üzerine doğrudan etkili olduğunu göstermektedir.
Anahtar kelimeler: Ti6Al4V, SLM, proses parametreleri, mikroyapı, karakterizasyon

EFFECT OF SELECTIVE LASER MELTING PROCESS PARAMETERS ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF Ti6Al4V ALLOY

ABSTRACT

Selective laser melting (SLM) is an additive manufacturing method that directly influences the relative density, rapid solidification conditions, and microstructural transformations of Ti6Al4V alloys depending on the process parameters. In this study, Ti6Al4V alloys are produced using the SLM method under two different process parameters (laser power and scanning speed), and the effects of these parameters on structural characteristics and hardness behavior are comparatively investigated. The density values of the Ti6Al4V alloys produced with the selected process parameters are obtained in the range of 97–99%. For the characterization of the materials produced under each condition, optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffraction (XRD) are employed. The findings have revealed that: (i) due to the rapid solidification nature of the SLM process, a very fine acicular α′ martensitic phase is formed in the alloys; (ii) different combinations of laser power and scanning speed significantly affect the melt pool morphology, interlayer microstructural continuity, and the oriented columnar prior-β grain morphology developed along the build direction; and (iii) crystallite size, microstrain, and dislocation density values calculated from XRD data vary depending on the process parameters. It is also determined that the production parameters have a decisive effect on hardness behavior, with the hardness values of SLM-produced Ti6Al4V materials ranging between 355–362 HV. The results demonstrate that SLM process parameters have a direct impact on phase transformation associated with rapid solidification, structural characteristics, and hardness behavior in Ti6Al4V alloys.
Keywords: Ti6Al4V, SLM, process parameters, microstructure, characterization

1. GİRİŞ

Ti6Al4V alaşımı, titanyum alaşımları içerisinde en yaygın kullanım alanına sahip tipik bir α+β alaşımıdır (Khorasani *vd.* 2018). Düşük yoğunluğu, yüksek mukavemet/ağırlık oranı, üstün korozyon direnci, biyouyumluluğu ve yüksek yorulma dayanımı gibi özellikleri sayesinde havacılık, biyomedikal ve kimya endüstrilerinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Srivastava *vd.* 2022). Bununla birlikte, düşük termal iletkenliği ve yüksek oksijen reaktivitesi gibi özellikleri geleneksel üretim sürecinde çeşitli zorluklara neden olmaktadır (Gemeda *vd.* 2024). Ayrıca, ileri mühendislik uygulamalarının gerektirdiği karmaşık geometrili parçaların geleneksel yöntemlerle üretiminde önemli sınırlamalar bulunmaktadır (Kalay & Özkul 2025). Geleneksel üretim yöntemlerinin yüksek maliyet, düşük talaşlı işlenebilirlik ve yüksek malzeme kaybı gibi dezavantajları nedeniyle, başta SLM olmak üzere çeşitli eklemeli imalat teknikleri ön plana çıkmaktadır (Simoni *vd.* 2021).

SLM yöntemi, metal tozlarının ince katmanlar hâlinde serilerek inert atmosfer altında yüksek enerjili lazer yardımıyla lokal olarak tamamen ergitilmesine dayanan bir katmanlı imalat yöntemidir (Duman & Özsoy 2021). SLM prosesi, teorik yoğunluğa oldukça yakın, yüksek yoğunluklu parçaların tek adımda üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntem,

geleneksel üretim tekniklerinden farklı olarak nihai şekle yakın parça üretimini mümkün kılarak malzeme israfını minimum seviyeye indirmektedir (Olakanmi *vd.* 2015). Ayrıca, topolojik optimizasyon stratejileriyle entegre çalışabilmesi sayesinde iç içe geçmiş hücresel yapılar ve karmaşık geometrili parçaların üretimine imkân tanımaktadır (Thompson *vd.* 2016).

SLM prosesi sırasında katılaşma, yapı ekseni ve en yüksek ısı akışı yönüne paralel şekilde gerçekleşen epitaksiyel tane büyümesi ile karakterize edilir (Frazier 2014). Bu durum, mikroyapıda baskın sütunsal öncül β tanelerinin oluşumuna neden olmaktadır. Aynı zamanda, proses sırasında oluşan çok yüksek soğuma hızları denge dışı katılaşma kinetiğini tetikleyerek iğnesel α′ martenzit fazının yapı içerisinde homojen şekilde dağılmasına da yol açmaktadır (Martina *vd.* 2012). Ergiyik havuzlarında meydana gelen yüksek ısı girdisi ve hızlı katılaşma davranışı ise malzeme içerisinde kalıntı gerilmelerin birikmesine neden olmakta ve özellikle çekme özelliklerinde belirgin anizotropik davranışların ortaya çıkmasına da yol açmaktadır (Lu *vd.* 2019; Parry *vd.* 2016).

SLM yönteminde mikroyapı ve yoğunluk kontrolü açısından lazer gücü, tarama hızı, tarama aralığı ve katman kalınlığı gibi proses parametreleri kritik öneme sahiptir (Hanzl *vd.* 2015). Bu parametrelerin kombinasyonu ile belirlenen hacimsel enerji yoğunluğu, ergiyik havuzu morfolojisini ve termal alanları doğrudan kontrol eden temel bir faktördür (Tan *vd.* 2017). Uygun parametrik optimizasyon, mikroyapıdaki faz dağılımını ve kalıntı gerilme profilini doğrudan etkileyerek malzemenin sertlik, çekme dayanımı ve yorulma davranışı gibi temel mekanik özelliklerini belirlemektedir (Pham *vd.* 2020; Wang *vd.* 2023). Bu çalışmada, SLM yöntemi ile üretilen Ti6Al4V alaşımında farklı lazer gücü ve tarama hızının oluşturduğu termal koşulların mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, SLM işlem parametrelerinin Ti6Al4V alaşımında hızlı katılaşmaya bağlı faz dönüşümü, yapısal özellikler ve sertlik davranışı üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme üretimi

Bu çalışmada Ti6Al4V alaşımları Tablo 1'de verilen üretim parametreleri kullanılarak çift yönlü (XY) tarama stratejisi kullanılarak 10 × 10 × 10 mm boyutlarında imal edilmiştir. İşlem parametrelerinin yapısal özellikler üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla lazer gücü ve tarama hızı değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Seçilen proses parametreleri ile üretilen alaşımlar, birinci ve ikinci üretim olarak sınıflandırılmış ve sırasıyla SLM-1 ve SLM-2 olarak adlandırılmıştır. Üretilen alaşımların yoğunlukları Arşimet prensibine göre belirlenmiş olup, üretilmiş alaşımların yoğunlukları %97–99 aralığındadır.

Tablo 1. SLM üretim parametreleri.

	P (W)	V (mm/s)	h (mm)	d (mm)	Enerji (E)
SLM-1	360	1200	0,1	0,06	0,0018
SLM-2	75	250	0,1	0,06	0,0018

2.2 Mikroyapısal karakterizasyon

SLM prosesiyle üretilen Ti6Al4V alaşımlar, detaylı mikroyapısal karakterizasyon çalışmaları için metalografik olarak hazırlanmıştır. Homojen ve düzgün bir yüzey elde etmek amacıyla numune yüzeylerine sırasıyla 120, 320, 600, 1000 ve 2500 mesh SiC zımpara kağıtları kullanılarak kademeli zımparalama işlemi uygulanmıştır. Kesitler arası yüzey hazırlama koşullarında tutarlılığın sağlanabilmesi için tüm numuneler aynı zımparalama prosedürü uygulanmıştır. Zımparalama işleminin ardından, alaşım yüzeyleri 3 µm elmas süspansiyon kullanılarak parlatılmıştır. Ti6Al4V alaşımına ait faz morfolojisinin ve SLM prosesine özgü ergiyik havuz izlerinin gözlenebilmesi için parlatılmış yüzeyler Kroll reaktifi (% 4 HF, % 6

HNO_3 ve % 90 saf su) kullanılarak kontrollü bir şekilde dağlanmıştır. Metalografik işlemlerinin ardından Ti6Al4V alaşımlarında mikroyapısal özelliklerin belirlenmesi amacıyla ışık mikroskobu (IM, Olympus BX41M-LED) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM, Jeol JSM 6060) kullanılarak faz analizleri gerçekleştirilmiştir. IM incelemelerinde genel mikroyapı, ergiyik havuz morfolojisi, katmanlar arası süreklilik ve üretim yönüne bağlı katılaşma özellikleri değerlendirilmiştir. SEM analizlerinde ise ergiyik havuz bölgelerindeki mikroyapısal ayrıntılar, üretim yönüne bağlı öncül β faz morfolojisi ve ince iğnemsi α′ martenzitik faz yapısı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Faz tanımlaması ve kristalografik değerlendirmeler için Rigaku Ultima+ model XRD kullanılmıştır. XRD analizleri, Cu-Kα radyasyonu kullanılarak 20° ile 80° arasındaki 2θ açı aralığında ve 1°/dak. tarama hızıyla yapılmıştır. Elde edilen XRD pikleri üzerinden malzemelerin faz yapıları değerlendirilmiş, pik genişlemeleri esas alınarak kristalit boyutu, kafes gerilimi ve dislokasyon yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Kristalit boyutu denklem 1'de verilen Scherrer eşitliği kullanılarak, kafes gerilimi denklem 2'de yer alan mikro-gerinim bağıntısı yardımıyla ve dislokasyon yoğunluğu ise denklem 3'te verilen Williamson–Smallman eşitliğine göre belirlenmiştir. Formüllerde bulunan D: kristalit boyutunu, K: Scherrer sabitini (0.9), λ: X-ışını dalga boyunu (1.54056 Å), β yarı pik genişliğini (FWHM), ε: mikro-gerinmeyi, θ: Bragg açısını ve δ: dislokasyon yoğunluğunu ifade etmektedir.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta cos\theta} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4tan\theta} \quad (2)$$

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (3)$$

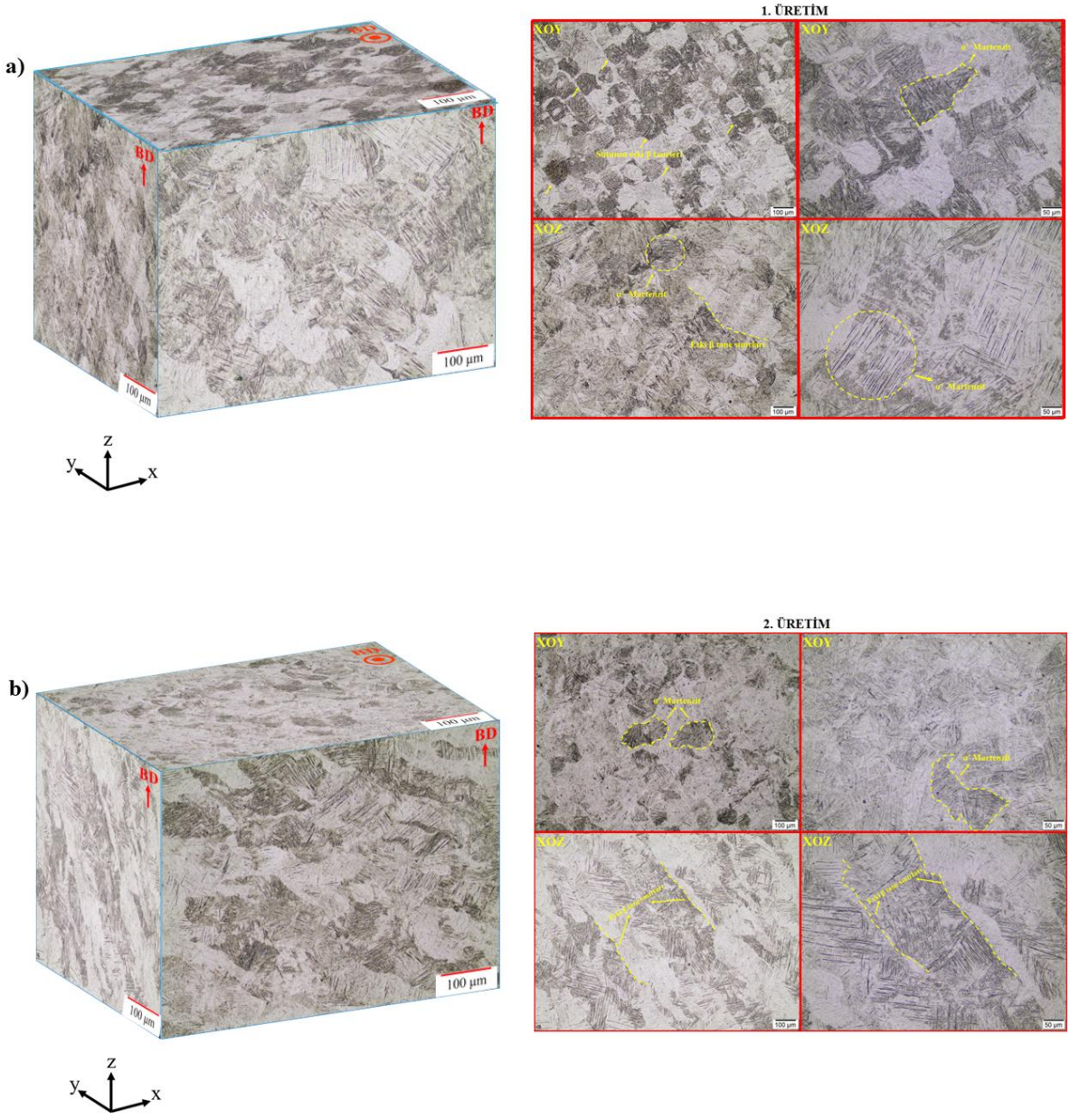
Sertlik testleri, malzemelerin 3 farklı düzleminden alınmak amacıyla Emcotest marka mikrosertlik cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testlerde 0.2 kgf yük uygulanmış ve elde edilen sertlik değerleri hassas şekilde kaydedilmiştir. Çoklu ölçümler yapılarak hem ortalama sertlik değeri hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Mikroyapısal karakterizasyon

Şekil 1'de farklı proses parametreleriyle üretilen numunelere ait XOY ve XOZ düzlemlerinden elde edilen dağlanmış IM görüntüleri verilmiştir. Her iki üretim koşulunda da SLM prosesine özgü yüksek sıcaklık gradyanları ve hızlı soğuma hızları nedeniyle difüzyonsuz dönüşüm meydana gelmiş ve önceki β taneleri içerisinde iğnesel morfolojide martenzitik α′ fazı oluşmuştur. Bununla birlikte, proses parametrelerindeki değişime bağlı olarak mikroyapı morfolojisinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Şekil 1a'da verilen SLM-1 alaşımında, yüksek tarama hızına bağlı olarak ergiyik havuzunun katılaşma süresi kısalmış ve daha yüksek soğuma hızları eşliğinde katılaşma sonlanmıştır. Bu durum, XOY düzleminde ince sütunsu önceki β taneleri içerisinde yoğun ve ince iğnesel α′ martenzit oluşumunu teşvik etmiştir. XOZ düzleminde ise katmanlı üretim sürecine bağlı epitaksiyel kristal büyümesi sonucu büyüme doğrultusunda uzanan ve birbirine paralel konumlanan önceki β tane sınırları belirgin şekilde gözlenmiştir. Şekil 1b'de verilen SLM-2 numunesinde ise daha düşük tarama hızı ve lazer gücü nedeniyle katılaşma nispeten daha düşük soğuma hızlarında gerçekleşmiştir. Soğuma hızındaki bu azalma, martenzitik dönüşüm morfolojisini etkileyerek daha kaba ve daha az keskin iğnesel α′ fazlarının oluşmasına neden olmuştur. XOY düzleminde α′ faz yoğunluğunun SLM-1'e kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. XOZ düzleminde ise üretim yönüne paralel şekilde uzanan önceki β tane sınırlarının korunduğu ve epitaksiyel büyüme davranışının devam ettiği

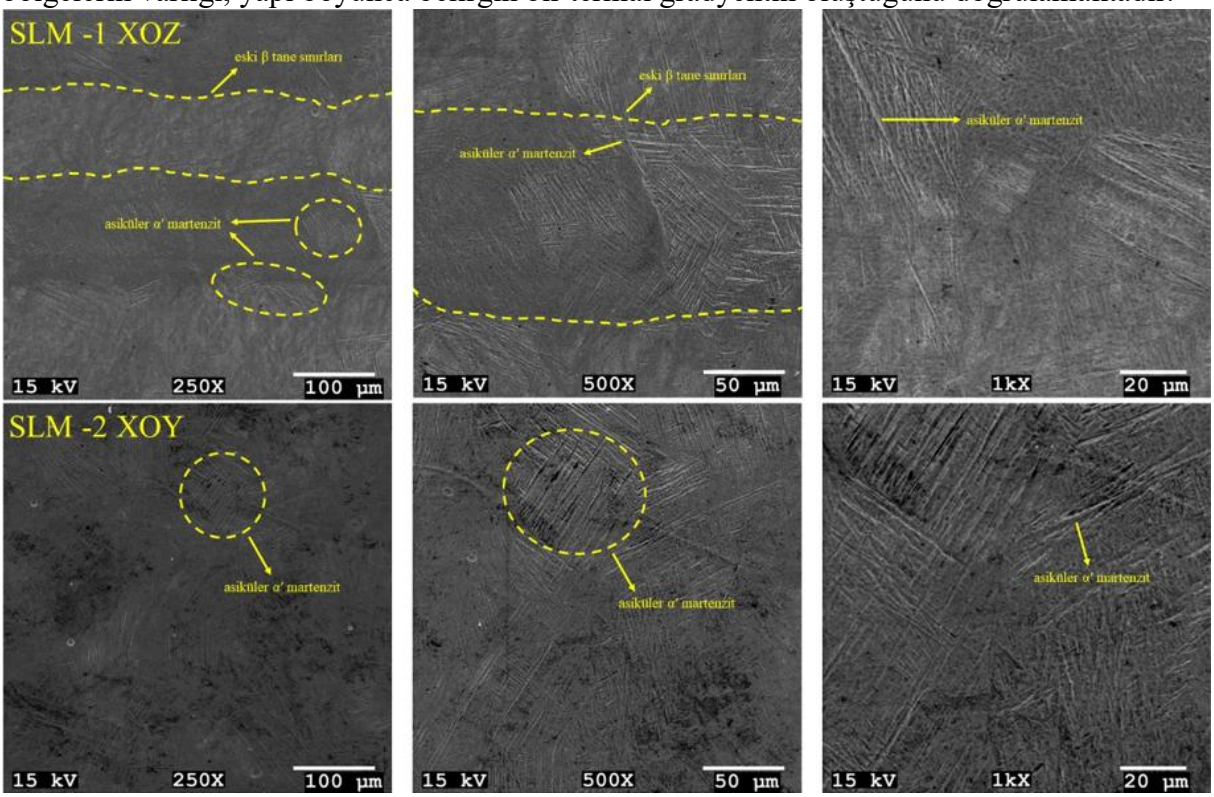
belirlenmiştir. Bununla birlikte, düşük soğuma hızına bağlı olarak SLM-2'de daha kaba martenzitik yapı oluşumu gözlenmiştir.



Şekil 1. Ti6Al4V alaşımlarına ait IM görüntüleri; (a) SLM-1 ve (b) SLM-2.

Şekil 2'de Ti6Al4V alaşımına ait SEM mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Daha yüksek lazer gücü ve tarama hızında üretilen SLM-1 numunesine ait görüntüler XOZ düzleminden ve daha düşük parametrelerle üretilen SLM-2 numunesine ait görüntüler ise XOY düzleminden elde edilmiştir. Her iki alaşımda da SLM prosesinin doğasındaki hızlı katılaşma koşullarının bir sonucu olarak ince iğnesel α′ martenzitik yapı belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. SLM-1 alaşımının XOZ düzlemine ait görüntülerinde belirgin şekilde yönlenmiş ve tabakalı bir yapı gözlenmektedir. Hızlı katılaşma nedeniyle difüzyonsuz β→α′ dönüşümünün baskın olduğu

anlaşılmaktadır. Özellikle 250X büyütmede ergime havuzlarına karşılık gelen bant benzeri bölgelerin varlığı, yapı boyunca belirgin bir termal gradyentin oluştuğunu doğrulamaktadır.



Şekil 2. Ti6Al4V alaşımlarına ait SEM görüntüleri.

Yüksek büyütmeli SEM görüntüleri önceki β taneleri içerisinde gelişen ince α′ martenzit latalarının termal gradyent yönünde hizalandığına işaret etmektedir. Yüksek lazer gücü ve tarama hızının yoğun tabakalı ve epitaksiyel bir katılaşma mekanizmasını teşvik ettiği ve buna bağlı olarak da malzemenin anizotropik özellikler sergilemesi kaçınılmazdır. Öte yandan, SLM-2 alaşımında XOY düzlemine ait görüntüleri incelendiğinde mikroyapının daha heterojen olduğu ve lokal olarak yoğun iğnesel α′ martenzitik kolonileri içerdiği belirlenmiştir. Özellikle 500X ve 1000X büyütmelerde α′ martenzit latalarının birbirine geçmiş bir morfoloji oluşturduğu belirgindir. Daha düşük lazer gücü ve tarama hızının birlikte kullanılması, ergiyik havuzunda daha uzun süreli bir termal etkileşime neden olarak *in-situ* temperleme etkisinin açığa çıkması olasıdır. Bu durum, bazı bölgelerde daha kaba martenzitik lataların oluşmasına ve mikroyapısal yönlenmenin lokal olarak farklılık göstermesine neden olmuştur.

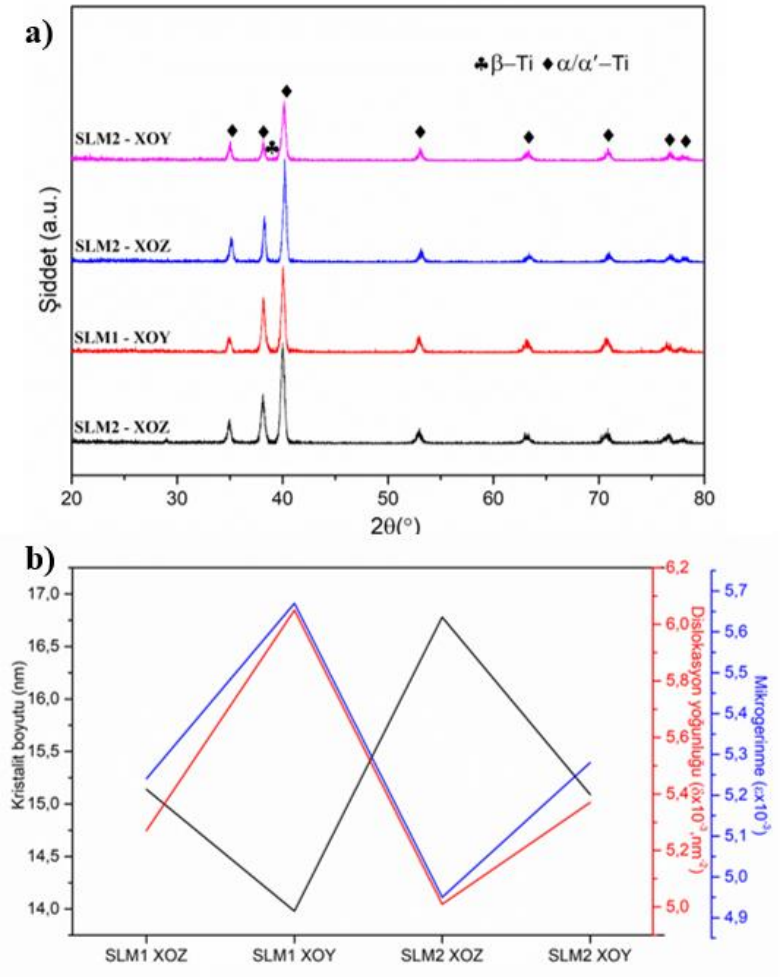
3.2 Fazlara ait yapısal özelliklerin değerlendirilmesi

Şekil 3a'da verilen XRD faz analiz sonuçları incelendiğinde tüm alaşımlarda baskın fazın hekzagonal yakın paket (hcp) yapıya sahip α/α′ fazları olduğu görülmektedir. SLM prosesine özgü yüksek soğuma hızları, β-Ti fazının difüzyon kontrollü dönüşümünü büyük ölçüde bastırarak difüzyonsuz kayma mekanizması ile iğnesel α′ martenzit oluşumunu teşvik etmiştir. Bununla birlikte, daha düşük lazer gücü ve tarama hızıyla üretilen SLM-2 alaşımının XOY düzleminde, bcc yapılı β-Ti fazına ait zayıf bir kırınım pikinin tespit edilmesi proses sırasında artan termal birikim ve buna bağlı yerel ısıl etkileşimler sonucunda sınırlı miktarda kalıntı β fazının korunabileceğine işaret etmektedir. SLM-1 alaşımında yüksek soğuma hızları ve daha kısa süreli termal etkileşim nedeniyle XOY düzleminde kristalit boyutunun minimum değere (~14.0 nm) indirgendiği ve buna karşılık dislokasyon yoğunluğu (~6.0×10^{13} m^{-2}) ve mikro-gerinimin (~5.65×10^{-3}) maksimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3b). XOZ düzleminde ise epitaksiyel büyüme yönünde gerçekleşen ısı transferi ve kısmi termal gevşeme etkisiyle

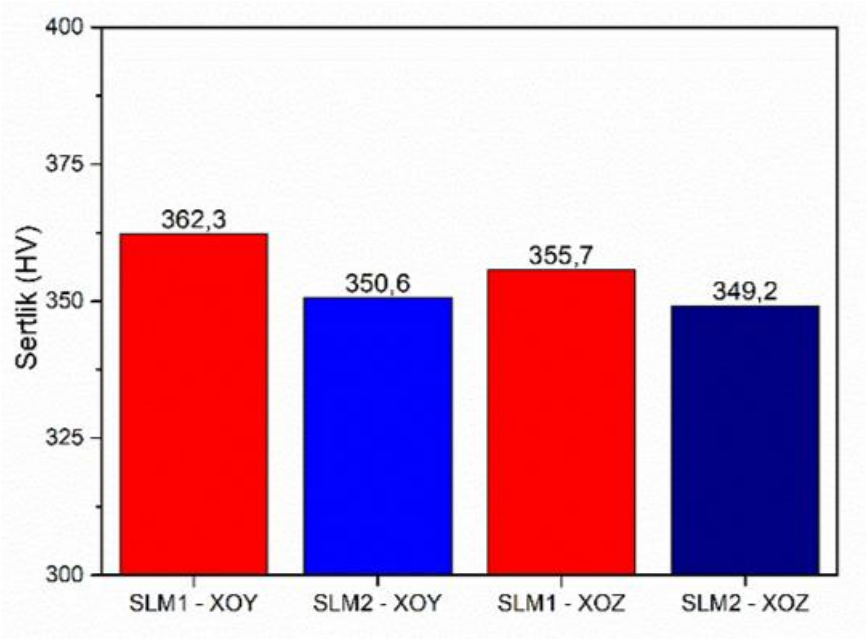
kristalit boyutunda artış (~15.1 nm) gözlenmiştir ve buna paralel olarak dislokasyon yoğunluğunda azalma meydana gelmiştir. SLM-2 alaşımı daha düşük tarama hızı nedeniyle daha uzun lazer-toz etkileşim süresine maruz kalarak proses sırasında kısmi bir *in-situ* ısıl tavlama etkisine maruz kalmıştır. Bu durum, dislokasyonların yeniden düzenlenmesi ve kısmi annihilasyonu ile iç gerilmelerin azalmasına neden olmuştur. Özellikle XOZ düzleminde kristalit boyutunun maksimum seviyeye (~16.8 nm) ulaştığı, dislokasyon yoğunluğu ve mikro-gerinme değerlerinin ise en düşük seviyeye gerilediği belirlenmiştir.

3.3 Sertlik verisinin değerlendirilmesi

Şekil 4'te SLM ile üretilen alaşımların değişken düzlemlerine ait sertlik değerleri verilmiştir. Elde edilen bu mikroyapısal ve kristalografik sonuçlar dikkate alındığında sertlik değişkenliği irdelenebilmektedir. SLM-2 alaşımına kıyasla daha ince martenzitik matriks yapısına sahip hızlı katılaşmış SLM-1 alaşımında en yüksek sertlik değerleri (355-362 HV) izlenmiştir. SLM-1 alaşımında daha yüksek dislokasyon yoğunluğu ve daha ince kristalit yapısının var olması da SLM-2 alaşımına kıyasla daha yüksek sertlik değerleri sergilemesine nedendir.



Şekil 3. Ti6Al4V alaşımına ait XRD spektrası (a) ve hesaplanan yapısal özellikler (b).



Şekil 4. Ti6Al4V alaşımlarına ait sertlik değerleri.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, SLM yöntemi ile farklı proses parametreleri (lazer gücü ve tarama hızı) kullanılarak üretilen Ti6Al4V alaşımının mikroyapısal, kristalografik ve mekanik özellikleri incelenmiş olup, elde edilen temel bulgular aşağıda özetlenmiştir:

(i) SLM prosesine özgü yüksek soğuma hızları, difüzyon kontrollü β fazı dönüşümünü büyük ölçüde baskılayarak mikroyapıda baskın olarak iğnesel α′ martenzit fazının oluşumuna yol açmıştır.

(ii) Lazer gücü ve tarama hızındaki değişimlerin, ergiyik havuzun termal döngülerini ve soğuma hızı üzerinde belirleyici olduğu ve buna bağlı olarak mikroyapı kontrolünde doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Yüksek tarama hızı ve yüksek lazer gücü koşullarında (SLM-1), yüksek soğuma hızı nedeniyle daha ince iğnemsi α′ martenzitik yapı oluşumu teşvik edilmiştir. Buna karşılık, daha düşük tarama hızıyla üretilen SLM-2 numunesinde azalan soğuma hızı, *in-situ* temper etkisine benzer bir termal bir süreç oluşturarak martenzitik yapının daha kaba morfolojiye dönüşmesine ve lokal termal heterojenlikler nedeniyle sınırlı miktarda kalıntı β fazının korunmasına yol açmıştır.

(iii) XRD verilerinden elde edilen kristalografik analizler, mikroyapısal parametrelerin termal işlem koşullarına yüksek duyarlılık gösterdiğini ortaya koymuştur. SLM-1 alaşımında kristalit boyutu minimum seviyede olup, alaşım SLM-2 alaşımına kıyasla daha yüksek mikro-gerinme ve dislokasyon yoğunluğuna sahiptir.

(iv) Üretim doğrultusuna paralel XOZ düzleminde gözlenen epitaksiyel tane büyümesi ve ısı akış yönünde yönlenmiş önceki β tane sınırları, her iki üretim koşulunda da korunmuş olup, yapısal anizotropinin SLM sürecinde devam ettiğini göstermektedir.

(v) Elde edilen mikroyapısal ve kristalografik farklılıkların, mekanik davranış üzerinde doğrudan etkili olduğu belirlenmiştir. SLM-1 alaşımında gözlenen ince iğnesel yapı ve yüksek dislokasyon yoğunluğu en yüksek sertlik değerlerini (355-362 HV) alaşıma kazandırmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin [*FUI-2026-4875*] numaralı projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar destekleri için ilgili birime teşekkür eder.

KAYNAKÇA

Khorasani, A. M., Gibson, I., Goldberg, M., Littlefair, G. (2018). A survey on mechanisms and critical parameters in machining of titanium alloys. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, *95*, 2289–2314.

Srivastava M., Rathee S., Patel V., Kumar A., Koppad P. G. (2022). A review of various materials for additive manufacturing: Recent trends and processing issues. Journal of Materials Research and Technology 21, 2612–2641.

Gemeda B. A, Sinha D. K, Mengesha G. A, Gautam S. S. (2024). Multi-objective parametric optimization process of hybrid reinforced titanium metal matrix composite through Taguchi-Grey relation analysis (TGRA). Journal of Engineering and Applied Science 71(1), 146.

Kalay E., Özkul İ. (2025). Applications of additive manufacturing technologies in the production of boron-based ceramics. Journal of Boron 10(3), 95–110. DOI: 10.30728/boron.1639273

Simoni F., Huxol A., Villmer F. J. (2021). Improving surface quality in selective laser melting based tool making. Journal of Intelligent Manufacturing 32(7), 1927–1938.

Duman B., Özsoy K. (2021). Toz yatak füzyon birleştirme eklemeli imalatta kusur tespiti için öğrenme aktarımı kullanan derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 37(1), 361–376. DOI: 10.17341/gazimmfd.870436

Olakanmi E. O., Cochrane R. F., Dalgarno K. W. (2015). A review on selective laser sintering/melting (SLS/SLM) of aluminium alloy powders: Processing, microstructure, and properties. Progress in Materials Science 74, 401–477.

Thompson M. K., Moroni G., Vaneker T., Fadel G., Campbell R. I., Gibson I., Martina F. (2016). Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. CIRP Annals 65(2), 737–760.

Frazier W. E. (2014). Metal Additive Manufacturing: A Review. Journal of Materials Engineering and Performance 23(6), 1917–1928. DOI: 10.1007/s11665-014-0958-z

Martina F., Mehnen J., Williams S. W., Colegrove P., Wang F. (2012). Investigation of the benefits of plasma deposition for the additive layer manufacture of Ti–6Al–4V. Journal of Materials Processing Technology 212(6), 1377–1386.

Lu X., Lin X., Chiumenti M., Cervera M., Hu Y., Ji X., Huang W. (2019). Residual stress and distortion of rectangular and S-shaped Ti-6Al-4V parts by Directed Energy Deposition: Modelling and experimental calibration. Additive Manufacturing 26, 166–179.

Parry L., Ashcroft I. A., Wildman R. D. (2016). Understanding the effect of laser scan strategy on residual stress in selective laser melting through thermo-mechanical simulation. Additive Manufacturing 12, 1–15.

Hanzl P., Zetek M., Bakša T., Kroupa T. (2015). The influence of processing parameters on the mechanical properties of SLM parts. Procedia Engineering 100, 1405–1413.

Tan J. H., Wong W. L. E, Dalgarno K. W. (2017). An overview of powder granulometry on feedstock and part performance in the selective laser melting process. Additive Manufacturing 18, 228–255.

Pham M. S., Dovgyy B., Hooper P. A. et al. (2020). The role of side-branching in microstructure development in laser powder-bed fusion. Nature Communications 11, 749. DOI: 10.1038/s41467-020-14453-3

Wang J., Zhu R., Liu Y., Zhang L. (2023). Understanding melt pool characteristics in laser powder bed fusion: An overview of single- and multi-track melt pools for process optimization. Advanced Powder Materials 2(4), 100137.

SIKIŞTIRILABİLİR, VİSKOZ OLMAYAN BİR SIVI İÇEREN İÇİ BOŞ SİLİNDİRİN VİSKOELASTİKLİĞİNİN, BU SİSTEMDE YAYILAN QUASİ-SCHOLTE DALGALARININ DİSPERSİYONUNA ETKİSİ

Muhammet Yuşa CANSIZ
Ministry of Transport and Infrastructure, Rep. of Türkiye, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0009-0006-6827-4667
Doç. Dr. Tarık KOÇAL
Dept. of Marine Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-3528-2437
Prof. Dr. Surkay D. AKBAROV
Dept. of Mechanical Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey
Dept. of Theoretical and Continuum Mechanics, Baku State University, Baku
ORCID ID: 0000-0001-6886-6247

ÖZET
Polimer ve kompozit malzemelerden yapılmış yapısal elemanların tahribatsız test yöntemleriyle incelenmesi, bu malzemelerin viskoelastik özelliklerinin dalga yayılımını nasıl etkilediğine dair teorik bir anlayış gerektirir. Bu çalışma, sıkıştırılabilir viskoz olmayan bir akışkan içeren viskoelastik dairesel içi boş bir silindirde yayılan eksenel simetrik Quasi-Scholte dalgalarının dispersiya özelliklerini araştırmaktadır. Literatürdeki mevcut çalışmalar genellikle sönümleme etkilerini frekanstan bağımsız sabitler veya basit modellerle ele alırken, bu araştırma, silindir malzemesinin reolojik davranışını yüksek hassasiyetle tanımlayan Rabotnov'un kesirli üstel operatörlerini kullanmaktadır. Çalışma kapsamında, silindirin hareketi üç boyutlu viskoelastodinamik teorisinin kesin denklemleriyle, akışkan hareketi ise doğrusallaştırılmış Euler denklemleriyle modellenmiştir. Malzemenin kalıcı hafıza özelliklerini ve karakteristik sürünme süresini temsil etmek için sisteme boyutsuz reolojik parametreler dahil edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak, malzeme viskoelastisitesinin Quasi-Scholte dalgalarının dağılımı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Katı-akışkan arayüzünde süreklilik koşulları ve dış yüzeyde çekme kuvveti içermeyen sınır koşulları uygulanarak elde edilen karmaşık dağılım denklemi, özel bir sayısal algoritma ve bilgisayar programı aracılığıyla çözülmüştür. Sayısal analizlerden elde edilen bulgular, malzemenin viskoelastik yapısının dalga hızında hem niceliksel hem de niteliksel bir değişikliğe yol açtığını göstermektedir. İdeal elastik yapılarda maksimum yayılma hızı statik limit değerlerinde gözlemlenirken, viskoelastik karakterin etkisiyle bu maksimum noktanın belirli bir dalga sayısı değerine doğru kaydığı belirlenmiştir. Ayrıca, dalga zayıflamasının reolojik parametrelerdeki artışla azaldığı ve viskoelastisitenin dalga hızını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, sıvı içeren boru sistemlerinin yapısal sağlık izleme süreçlerinde daha doğru teorik modellerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.
Anahtar kelimeler: Quasi-Scholte Dalgaları, Viskoelastik İçi Boş Silindir, Sıkıştırılabilir İdeal Akışkan, Dispersiyon Eğrileri, Zayıflama Eğrileri, Reolojik Parametreler.

THE INFLUENCE OF THE VISCOELASTICITY OF THE HOLLOW CYLINDER CONTAINING A COMPRESSIBLE INVISCID FLUID ON THE DISPERSION OF QUASI-SCHOLTE WAVES PROPAGATING ON THIS SYSTEM

ABSTRACT

The inspection of structural elements made from polymeric and composite materials using non-destructive testing methods requires a theoretical understanding of how the viscoelastic properties of these materials affect wave propagation. This study investigates the dispersion properties of axisymmetric Quasi-Scholte waves propagating in a viscoelastic circular hollow cylinder containing a compressible, inviscid fluid. While existing studies in the literature often address damping effects using frequency-independent constants or simple models, this research utilizes Rabotnov's fractional exponential operators, which define the rheological behavior of the cylinder material with high precision. Within the scope of the study, while the motion of the cylinder is modeled using the exact equations of three-dimensional viscoelastodynamics theory, the fluid motion is modeled by the linearized Euler equations. Non-dimensional rheological parameters have been incorporated into the system to represent the hereditary properties of the material and its characteristic creep time. Using these parameters, the influence of material viscoelasticity on the dispersion of Quasi-Scholte waves has been analyzed. The complex dispersion equation, obtained by applying continuity conditions at the solid-fluid interface and traction-free boundary conditions on the outer surface, was solved via a specific numerical algorithm and computer program. Findings from the numerical analyses indicate that the viscoelastic structure of the material leads to both quantitative and qualitative changes in wave velocity. While the maximum propagation velocity in ideal elastic structures is observed near the static limit values, it has been determined that the effect of viscoelastic character causes this maximum point to shift toward a specific wavenumber value. Furthermore, it was observed that wave attenuation decreases with an increase in rheological parameters, and viscoelasticity significantly reduces the wave velocity. This study contributes to the development of more accurate theoretical models for the structural health monitoring of fluid-filled piping systems.

Keywords: Quasi-Scholte Waves, Viscoelastic Hollow Cylinder, Compressible Inviscid Fluid, Dispersion Curves, Attenuation Curves, Rheological Parameters.

MİMARLIK TARİHİNDE 3D MODELLEME VE AR/VR UYGULAMALARINA İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Öğr. Gör. Dr. Osman Ziyaettin YAĞCI
Karabuk University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 78600 Safranbolu, Karabük
ORCID ID: 0000-0002-7129-1891

ÖZET
Bu çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve artırılmış/sanal gerçeklik (AR/VR) uygulamalarının kullanımını inceleyen bibliyometrik bir analiz sunmaktadır. Araştırma kapsamında, Web of Science veri tabanında "architectural history", "3D modeling", "augmented reality", "virtual reality" ve ilgili anahtar kelimeler kullanılarak literatür taraması yapılmıştır. Elde edilen veriler, Biblioshiny yazılımı ile analiz edilerek yayın sayıları, yazar işbirlikleri, ülkeler arası dağılım ve anahtar kelime trendleri görselleştirilmiştir. Analiz sonuçları, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin, mimarlık tarihine ilişkin eğitim, belgeleme ve sanal rekonstrüksiyon çalışmalarında artan bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışma, literatürdeki mevcut eğilimleri ortaya koyarken, gelecekteki araştırmalar için potansiyel boşlukları ve öncelikli konuları belirlemeye katkı sağlamayı hedeflemektedir.
Anahtar kelimeler: Mimarlık tarihi, 3D modelleme, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, dijital rekonstrüksiyon, bibliyometrik analiz

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF 3D MODELING AND AR/VR APPLICATIONS IN ARCHITECTURAL HISTORY

ABSTRACT
This study presents a bibliometric analysis examining the use of 3D modeling and augmented/virtual reality (AR/VR) applications in architectural history. The research involved a literature search in the Web of Science database using keywords such as "architectural history," "3D modeling," "augmented reality," "virtual reality," and related terms. The collected data were analyzed using Biblioshiny software to visualize publication counts, author collaborations, international distributions, and keyword trends. The analysis results indicate that 3D modeling and AR/VR technologies are playing an increasingly significant role in education, documentation, and virtual reconstruction within architectural history. The study aims to highlight current trends in the literature while contributing to the identification of potential gaps and priority topics for future research.
Keywords: Architectural history, 3d modeling, augmented reality, virtual reality, digital reconstruction, bibliometric analysis

1. GİRİŞ
Günümüzde dijital teknolojiler, mimari mirası koruma ve belgelemenin ötesine geçerek, geçmişin mekânsal ve kültürel dokusunu yeniden canlandırmakta, mimari değişimi zaman ekseninde inceleme ve tarihsel anlatıları interaktif bir ortamda deneyimleme imkânı sunarak mimarlık tarihi disiplinini bütünüyle dönüştürmektedir.
Özellikle sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, arkeolojik alanlardaki eksik mimari elemanların tamamlanarak harap olmuş yapıların yeniden inşasında kritik bir simülasyon aracı olarak işlev görmektedir (Tektaş & Öztürk, 2024). Bunun yanı sıra fotogrametri tekniği, tarihi yapıların restorasyon süreçlerinde detaylı 3D modeller oluşturarak, cephe yüzeylerinin ve iç

mekanların en hassas şekilde belgelenmesine olanak sağlamaktadır (Büyükkuru, 2023). Söz konusu dijital yöntemler, yalnızca yapısal verilerin korunmasını değil, aynı zamanda kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasında erişilebilirliği artırarak mimarinin toplumsal ve sosyal boyutuna katkı sağlamaktadır (Tektaş, 2024).

Bu bağlamda, sanal gerçeklik uygulamaları koruma uzmanlarına herhangi bir fiziksel müdahale öncesinde restorasyon süreçlerini planlama ve analiz etme konusunda stratejik bir çalışma ortamı sunmaktadır (Ertürk & Değirmenci, 2023). Ayrıca bu teknolojiler, seçilen dijital yöntemlerin iş akışıyla uyum içerisinde olması sayesinde yapılı çevrenin çok katmanlı yorumlanmasını ve tarihsel süreçlerin daha derinlemesine anlaşılmasını mümkün kılmaktadır (Başdemir, 2025).

Bu bağlamda geliştirilen interaktif görselleştirme yazılımları, arkeolojik kazı sahalarındaki verilerin bütüncül bir yapıda temsil edilmesine olanak tanıyarak bilimsel araştırma süreçlerine metodolojik bir derinlik kazandırmaktadır (Aş, 2019; Ergin, 2023). Bununla birlikte, dijital ortamda gerçekleştirilen bu modelleme ve görselleştirme çalışmaları, tarih bilincinin oluşturulmasında ve kültürel mirasın toplumun her kesimine ulaşabilir kılınmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Köse, 2023; Tektaş & Öztürk, 2024).

Mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte artan mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları, kullanıcıların tarihi eserlerle olan etkileşimini güçlendirerek kültürel mirasın sanal platformlarda daha dinamik bir şekilde deneyimlenmesine imkân tanımaktadır (Yiğit & Uysal, 2021). Ayrıca LiDAR, yer altı radarı ve 3D lazer tarama gibi ileri ölçüm teknikleri ile elde edilen hassas veriler, geçmişin mimari dinamiklerini ortaya koyan zenginleştirilmiş arşivlerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır (Kajita vd., 2023).

Bu teknolojik entegrasyon, yapısal deformasyonların ve malzeme bozulmalarının yüksek doğrulukla analiz edilmesini mümkün kılarak, koruma çalışmalarında verimliliği artıran dijital bir altyapı teşkil etmektedir (Yakar & Yilmaz, 2025). Özellikle dijital ikiz teknolojisinin entegrasyonu, tarihsel yapılardaki çevresel etkilerin ve doğal afetlerin simüle edilmesine olanak tanıyarak, proaktif koruma stratejilerinin geliştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır (Altun, 2025). Bu kapsamda elde edilen veriler sayesinde fiziksel alanların ziyaretçi yoğunluğu azaltılarak eserlerin maruz kaldığı fiziksel tahribatın önüne geçilmesi hedeflenmekte ve kültürel varlıkların sürdürülebilirliği sağlanmaktadır (Uzunel & Özdemir, 2022). Ayrıca bu saran teknolojiler, tarihi mekanların geçmişteki görkemli hallerini zaman ve mekân kısıtlaması olmaksızın sunarak, kullanıcılara kültürel mirasla duygusal bir bağ kurma ve mirası gerçek önemine uygun şekilde kavrama fırsatı sunmaktadır (Ergen, 2020).

Bu bütünleşik ve disiplinler arası yaklaşımlar, kültürel mirasa yönelik koruma ve yönetim süreçlerinde dijital verilerin sürekliliğini ve tutarlılığını sağlamak amacıyla standartlaştırılmış veri protokollerinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır (Altun, 2025).

Ayrıca, bu verilerin yapı bilgi modelleme ile dijital ikizler üzerinden entegre edilmesi, tarihi yapıların uzun dönemli korunması adına daha az invaziv ve önleyici stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Mazzetto, 2024). Bununla birlikte, HBIM ile nesnelerin interneti arasındaki kesintisiz veri akışı, büyük ölçekli ham verilerin yönetimi konusunda zorluklar yaratsa da, bu sistemler kültürel mirasın tahribatına karşı öngörücü yapısal analizlerin önünü açmaktadır (Barhoumi & Hajji, 2024).

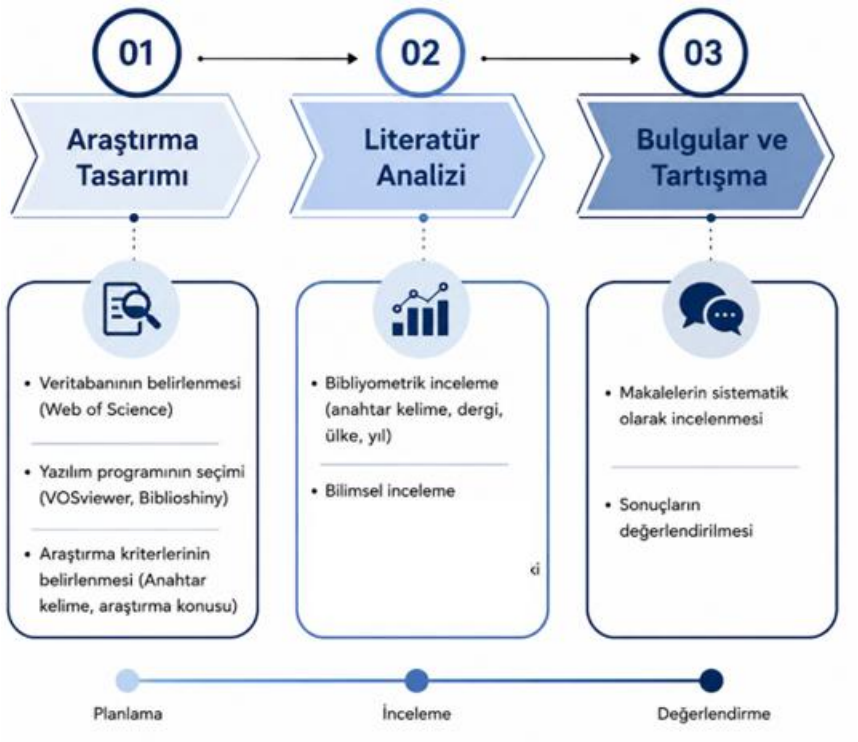
Tarihi yapılara uygulanan bu dijital yaklaşımlar, geometrik ve çevresel verilerin semantik modelleme ile birleştirilmesi sayesinde, koruma stratejilerinin değer odaklı bir anlayışla yeniden kurgulanmasına imkân vermektedir (Colace vd., 2026). Böylece, koruma uzmanları ve tarihçiler, geçmişin mimari dinamiklerini daha şeffaf bir veri seti üzerinden yorumlayarak, yapılı çevrenin özgün dokusunu gelecek nesillere daha sadık bir şekilde aktarmanın yolunu açmaktadır.Bununla birlikte, dijital ikizlerin inşaat sektörü üzerindeki etkisi, bibliyometrik ve

bilimsel analizlerle desteklenen sistematik literatür çalışmaları sayesinde her geçen gün daha geniş bir araştırma perspektifi kazanmaktadır. Bu akademik yoğunluk, teorik bilgi birikimini pratik koruma uygulamalarıyla buluşturarak, kültürel mirasın dijitalleşme sürecindeki metodolojik boşlukların giderilmesine ve disiplinler arası iş birliklerinin güçlendirilmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Altun, 2025; Mazzetto, 2024).

Bu doğrultuda çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin kullanımına ilişkin literatürü bibliyometrik analiz yöntemiyle inceleyerek, araştırma eğilimlerini, kavramsal odakları ve alandaki gelişim dinamiklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

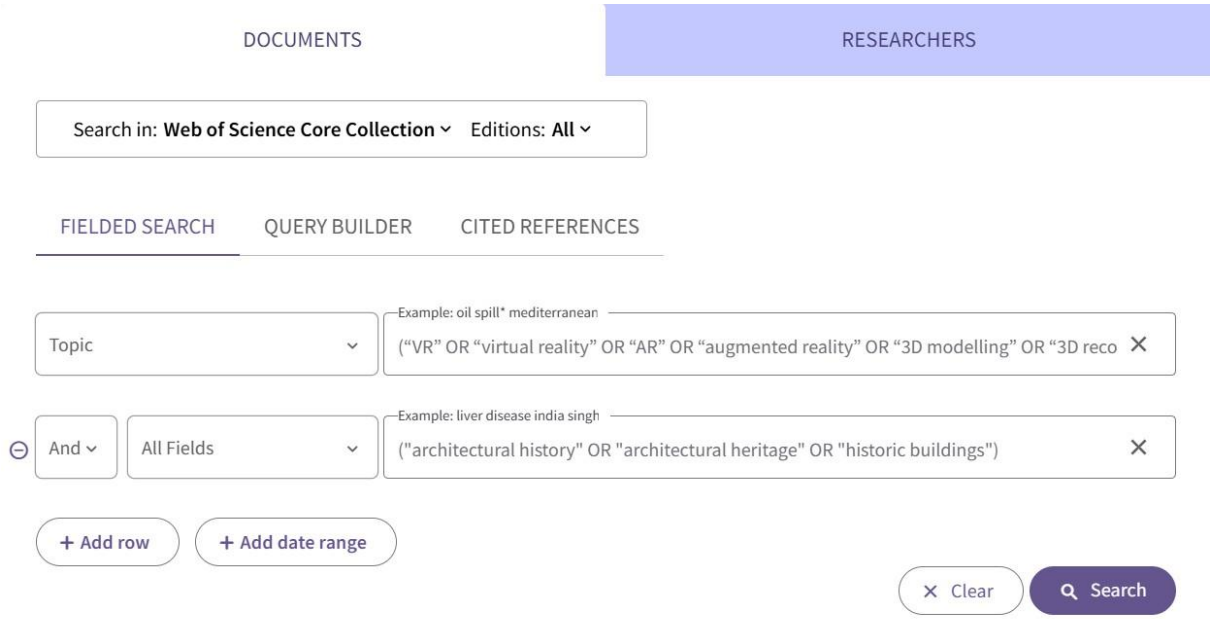
2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve artırılmış/sanal gerçeklik (AR/VR) uygulamalarının kullanımını incelemek amacıyla bibliyometrik analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Literatür taraması için Web of Science Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Arama sürecinde iki temel terim grubu uygulanmıştır: birinci grup, "3D modeling", "3D reconstruction", "augmented reality" ve "virtual reality" terimleri ile dijital modelleme ve AR/VR teknolojilerini; ikinci grup ise "architectural history", "architectural heritage" ve "historic buildings" terimleri ile mimarlık tarihi ve kültürel miras bağlamını kapsamaktadır. İkinci grup, birinci grup ile AND operatörü aracılığıyla birleştirilmiş ve tarama All Fields kapsamında gerçekleştirilmiştir. (Şekil 2).



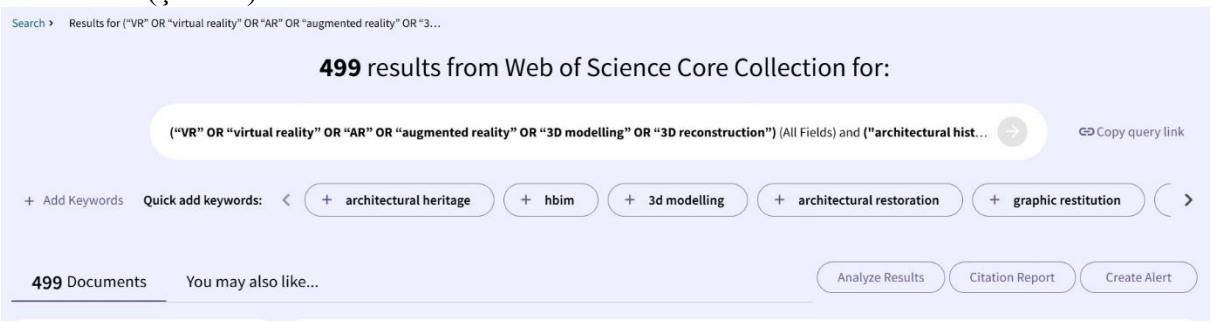
Şekil 1. Araştırma sürecinin iş akış şeması

Elde edilen veriler yalnızca Article (Makale) türündeki yayınlar seçilerek sınırlanmıştır; bu, literatür taramasının özgün araştırma odaklı çalışmalarla sınırlı olmasını ve bulguların güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Konferans bildirileri, derleme makaleleri veya editoryal içerikler analiz dışında bırakılmıştır.



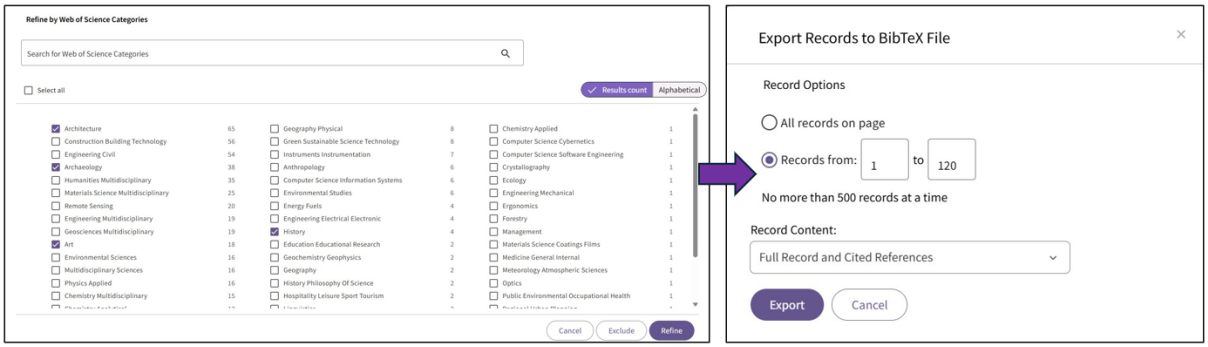
Şekil 2. Araştırma sürecinde kullanılan terim grupları

İlk tarama, "VR" OR "virtual reality" OR "AR" OR "augmented reality" OR "3D modelling" OR "3D reconstruction" ve ("architectural history" OR "architectural heritage" OR "historic buildings" terimleri ile tüm alanlarda yapılmış ve toplam 499 yayın elde edilmiştir. Bu işlemden sonra yalnızca makale (article) türündeki çalışmalar seçilerek 273 adet çalışma listelenmiştir (Şekil 3). Sonraki aşamada, yayınlar Web of Science kategorileri üzerinden filtrelenmiş ve yalnızca architecture (mimarlık), art (sanat), history (tarih) ve archeology (arkeoloji) kategorisindeki çalışmalar seçilmiştir. Bu filtreleme sonucunda toplam yayın sayısı 120'ye düşmüştür, bu da mimarlık tarihi ve dijital teknolojiler konusuna odaklanılmış literatürü temsil etmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. WOS taraması sonucu konuyla ilgili ortaya çıkan dökümanların sayısal veri görünümü

Bu veri seti, bibliyometrik analiz için kullanılmış; yayın sayıları, anahtar kelime ağları, yazar işbirlikleri ve trendler Biblioshiny ve VOSviewer ile görselleştirilmiştir. Bu yaklaşım, hem literatürdeki güncel eğilimleri hem de araştırma boşluklarını belirlemeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 4. WOS kategorileri üzerinden "architecture" sekmesinin seçilmesi ve BibTex uzantılı olarak dışa aktarılma aşaması

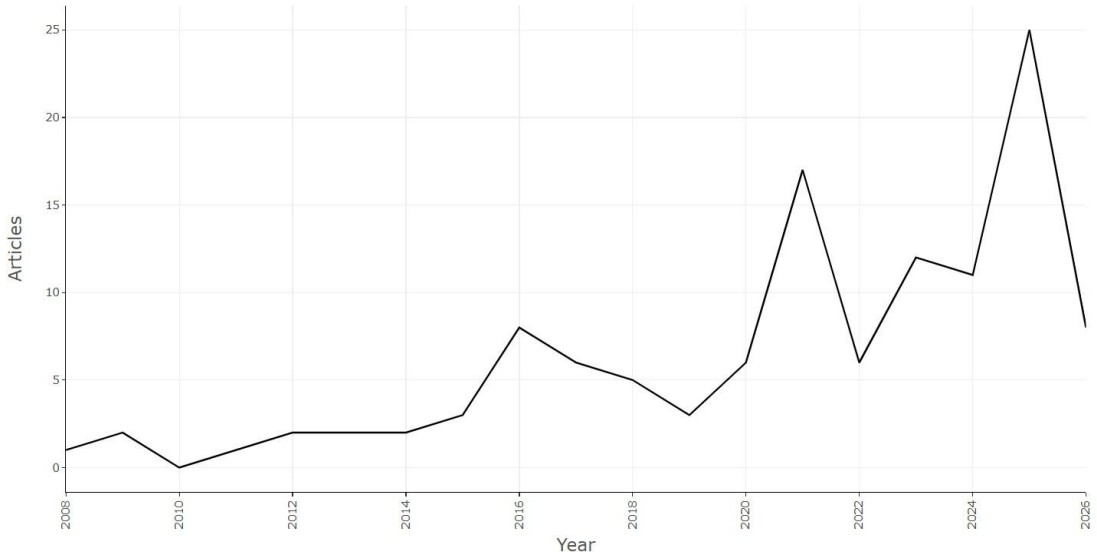
3. BULGULAR

2008–2026 yılları arasındaki veriler, mimarlık tarihi, 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik literatürün düzenli bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Toplam 120 belgenin 35 farklı kaynakta yayımlanması alanın akademik yaygınlığını gösterirken, 362 yazar, belge başına düşen 3,13 ortak yazar ve %21,67 uluslararası işbirliği oranı araştırmaların disiplinlerarası ve işbirlikçi yapısını yansıtmaktadır. Ayrıca 519 anahtar kelime ve %12,25 yıllık büyüme oranı, alanın kavramsal çeşitliliğe sahip ve giderek daha fazla ilgi gören bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir. (Şekil 5).



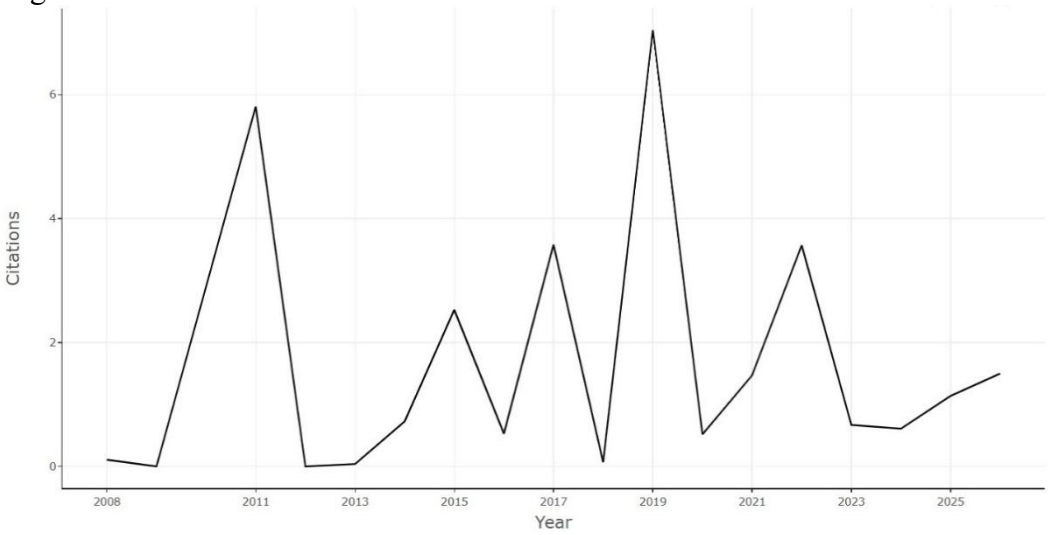
Şekil 5. Ana bilgiler, "Main İnformation" grafiği

Şekil 6'da yer alan çizgi grafik, incelendiğinde, 2016 sonrası yayın sayılarında görülen hızlı artış ve 2025 yılında yaklaşık 25 makale ile ulaşılan zirve, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında son yıllarda yoğun akademik ilgi gören güncel bir araştırma konusu hâline geldiğini göstermektedir.



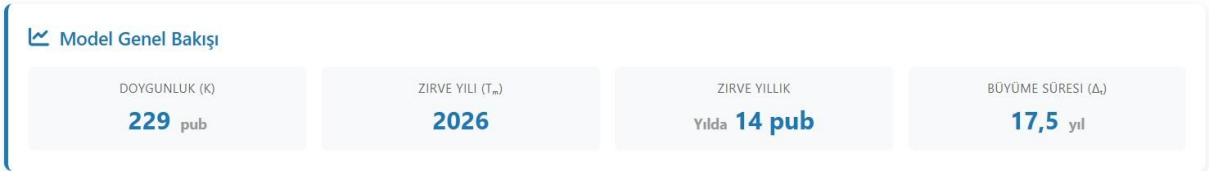
Şekil 6. Yıllık bireysel yayın oranlarını gösteren grafik

Şekil 7'de verilen grafik incelendiğinde, 2011 ve özellikle 2019 yıllarında ortalama atıf sayılarında görülen zirveler, 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik bazı çalışmaların literatürde yüksek akademik etki yarattığını ve alanın görünürlüğünün giderek arttığını göstermektedir.



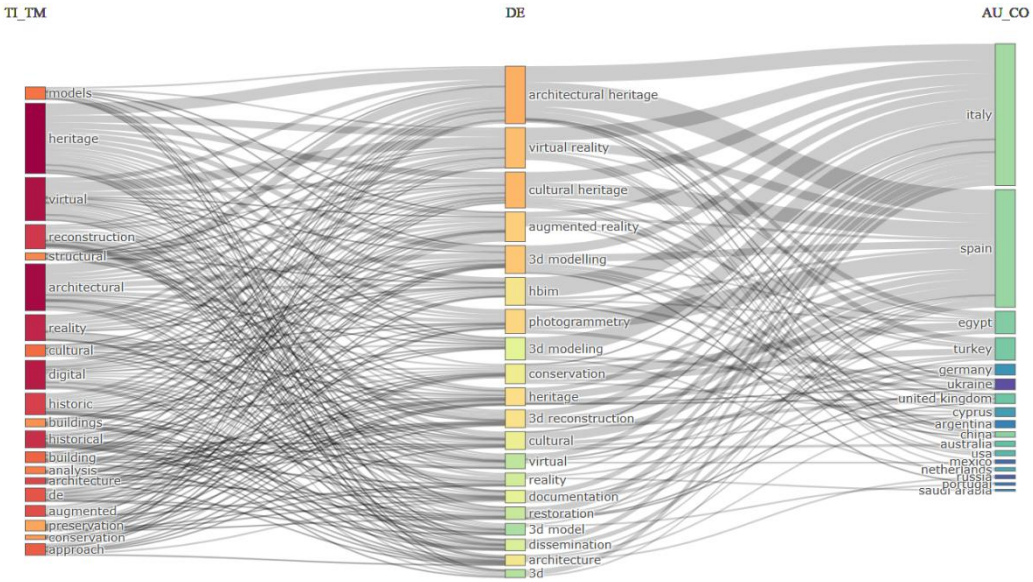
Şekil 7. Yıllara göre yayınların yıllık ortalama atıf sayısını gösteren grafik

Şekil 8'deki grafikte, 2026 yılının yayın üretiminde zirve yıl olarak öngörülmesi ve büyüme süresinin 17,5 yıl olması, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında uzun vadeli gelişim potansiyeline sahip, yükselen bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir.



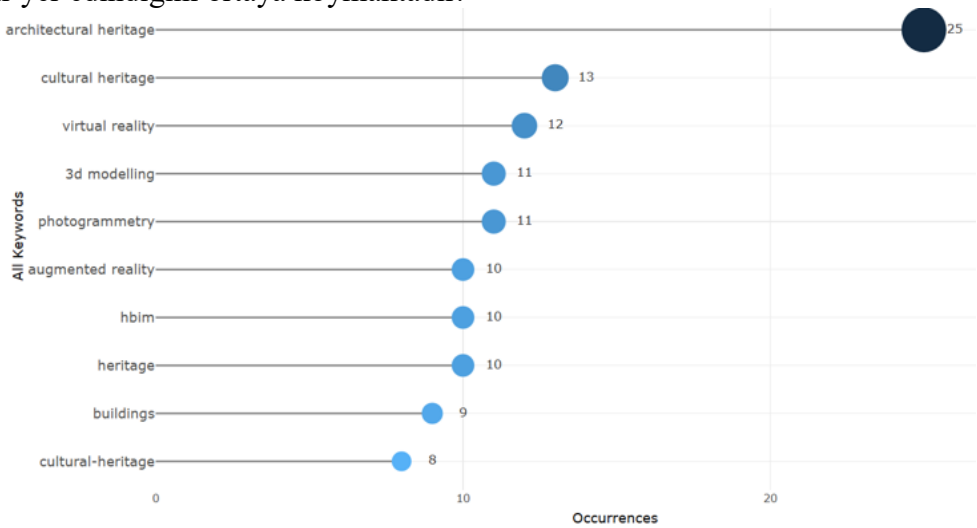
Şekil 8. Bireysel üretim yaşam döngüsünü gösteren grafik

Şekil 9'da görülen üç alanlı grafik incelendiğinde, "Heritage", "virtual" ve "architectural" kavramlarının özellikle "virtual reality", "HBIM" ve "3D reconstruction" ile güçlü ilişkiler kurması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın dijital korunması ve sanal rekonstrüksiyonu üzerine yoğunlaştığını gösterirken, İtalya ve İspanya'nın öne çıkması Avrupa merkezli akademik etkinin belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.



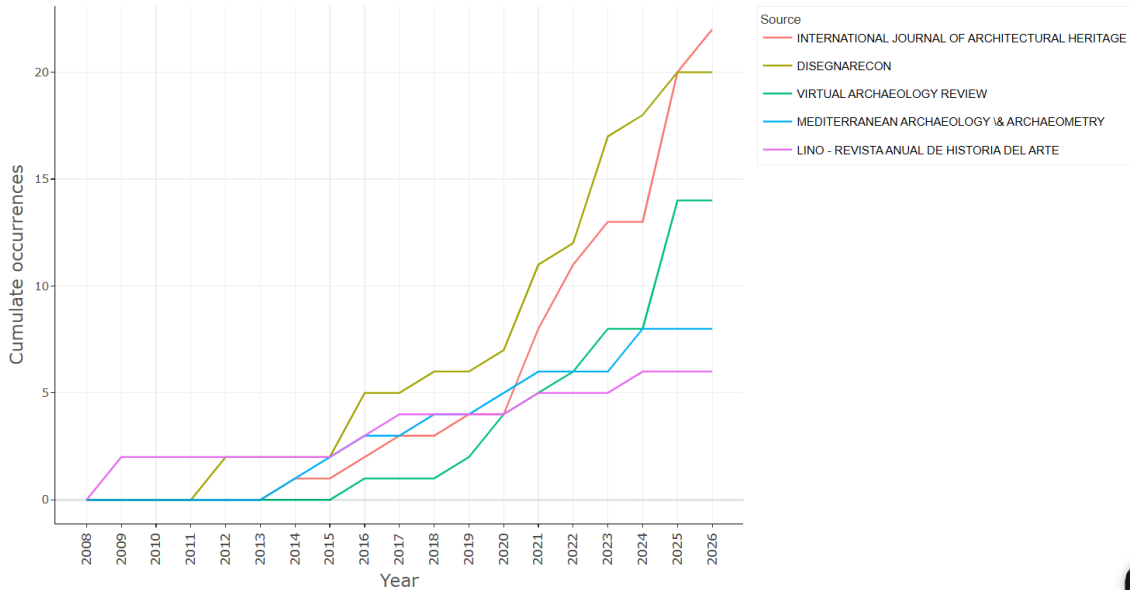
Şekil 9. Anahtar kelime, başlık ve ülkeleri gösteren üç alanlı grafik

En sık kullanılan kelimeleri gösteren Şekil 10'da yer alan grafikte yer alan veriler incelendiğinde, "Architectural heritage" kavramının 25 kullanım ile en baskın anahtar kelime olması, literatürün ağırlıklı olarak mimari mirasın korunması ve dijital belgelenmesine odaklandığını gösterirken, "virtual reality", "photogrammetry", "augmented reality" ve "HBIM" kavramlarının yoğun kullanımı dijital rekonstrüksiyon teknolojilerinin araştırmalarda önemli bir yer edindiğini ortaya koymaktadır.



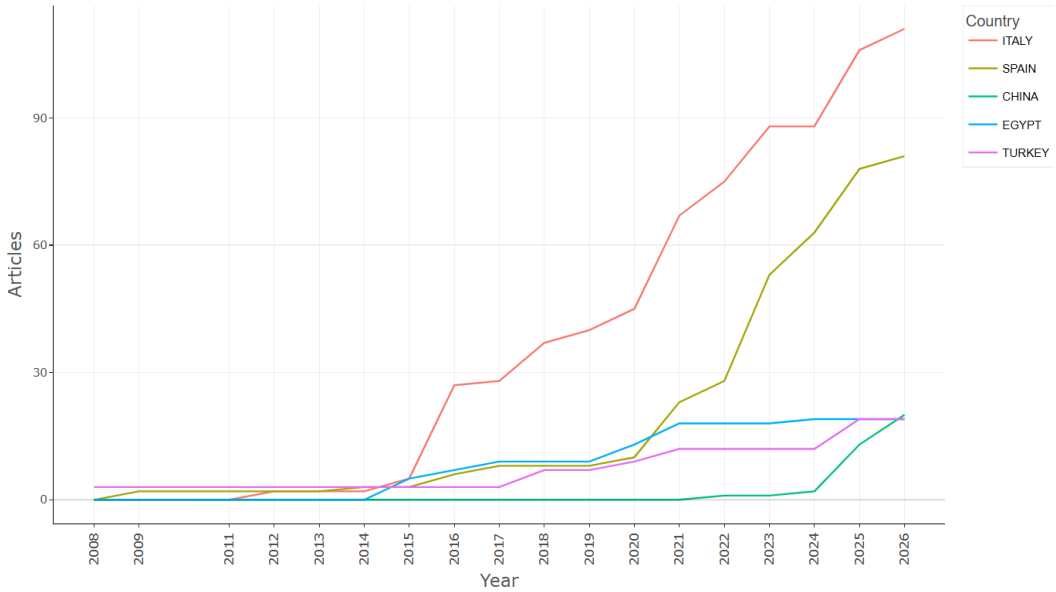
Şekil 10. En sık kullanılan kelimeleri gösteren grafik

Şekil 11'de kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik verilmiştir. Grafik incelendiğinde, International Journal of Architectural Heritage, Disegnarecon ve Virtual Archaeology Review dergilerindeki yayın artışı, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerine yönelik araştırmaların son yıllarda özellikle dijital miras ve sanal rekonstrüksiyon odaklı uzmanlaşmış akademik dergilerde yoğunlaştığını göstermektedir.



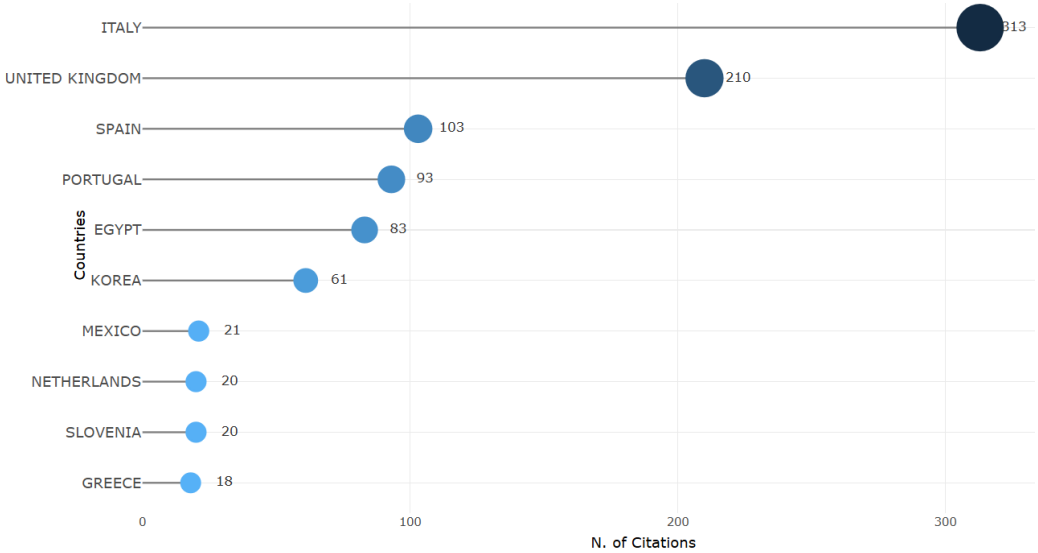
Şekil 11. Kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik

Şekil 12'de ki ülkelerin zaman içindeki üretimi gösterimi incelendiğinde, İtalya ve İspanya'nın yayın üretiminde belirgin biçimde öne çıkması, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerine yönelik mimari miras çalışmalarının büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, Çin, Mısır ve Türkiye'nin son yıllardaki yükselişi alanın küresel ölçekte yaygınlaşmaya başladığını ortaya koymaktadır.



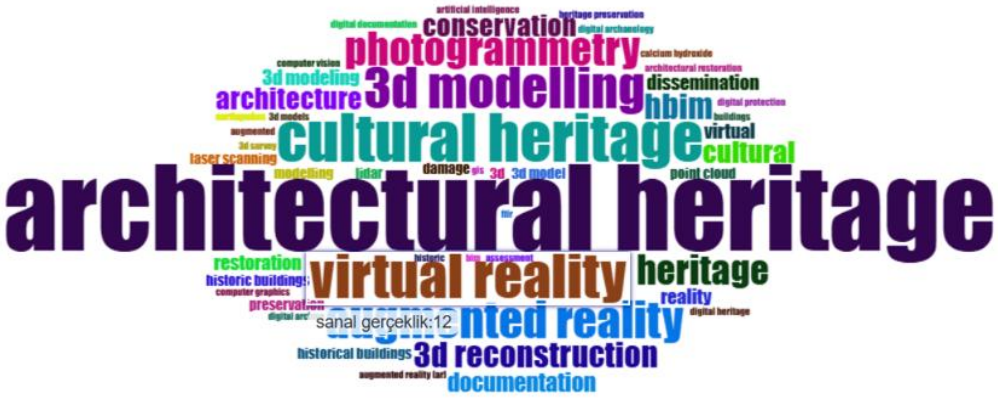
Şekil 12. Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren grafik

En fazla alıntı yapılan ülkelerin verildiği Şekil 13'te ki grafiğe göre; İtalya'nın 313 atıf ile literatürde açık ara en yüksek akademik etkiye sahip ülke olması, mimari mirasın dijital belgelenmesi ve AR/VR uygulamalarına yönelik çalışmaların büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, Birleşik Krallık, İspanya ve Portekiz'in yüksek atıf değerleri bu etkinin Avrupa genelinde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.



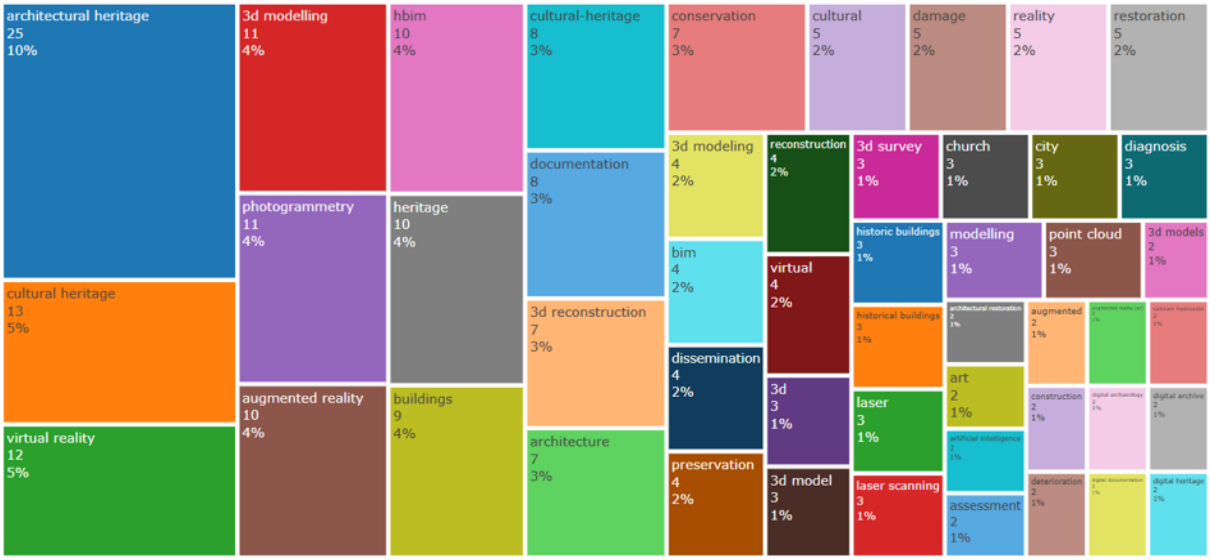
Şekil 13. En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren grafik

Şekil 14'de verilen yazarlara göre kelime bulutunu gösteren grafik, incelendiğinde, "Architectural heritage" kavramının en baskın terim olarak öne çıkması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın dijital belgelenmesi ve korunmasına odaklandığını gösterirken, "virtual reality", "3d modelling" ve "augmented reality" kavramlarının yoğun kullanımı sanal rekonstrüksiyon teknolojilerinin araştırmalarda önemli bir yer edindiğini ortaya koymaktadır.



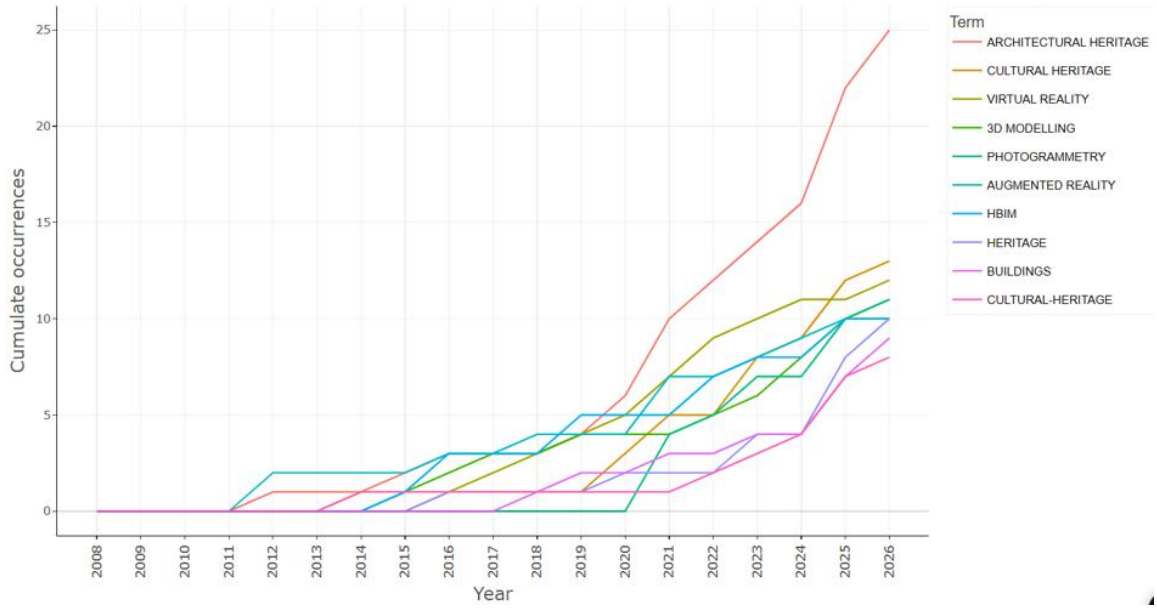
Şekil 14. Yazarların seçimine göre kelime bulutunu gösteren grafik

Şekil 15'te gösterilen "tree map" grafiği, incelendiğinde, Ağaç haritası incelendiğinde, literatürde en baskın kavramın "architectural heritage" (%10, 25 kullanım) olduğu görülmektedir. Bunu "cultural heritage" ve "virtual reality" (%5) ile "3d modelling", "photogrammetry", "HBIM" ve "heritage" (%4) kavramları takip etmektedir. Bu durum, araştırmaların büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal gerçeklik uygulamaları ve 3D modelleme teknolojileri üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.



Şekil 15. Kelime kullanım yoğunluğunu gösteren "tree map" grafiği

Şekil 16'da verilen sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik, "Architectural heritage" kavramının 2020 sonrası dönemde hızla yükselmesi ve "virtual reality", "3D modelling" ile "photogrammetry" terimlerinin belirgin artış göstermesi, literatürün giderek dijital modelleme ve sanal teknolojiler odaklı geliştiğini ortaya koymaktadır.



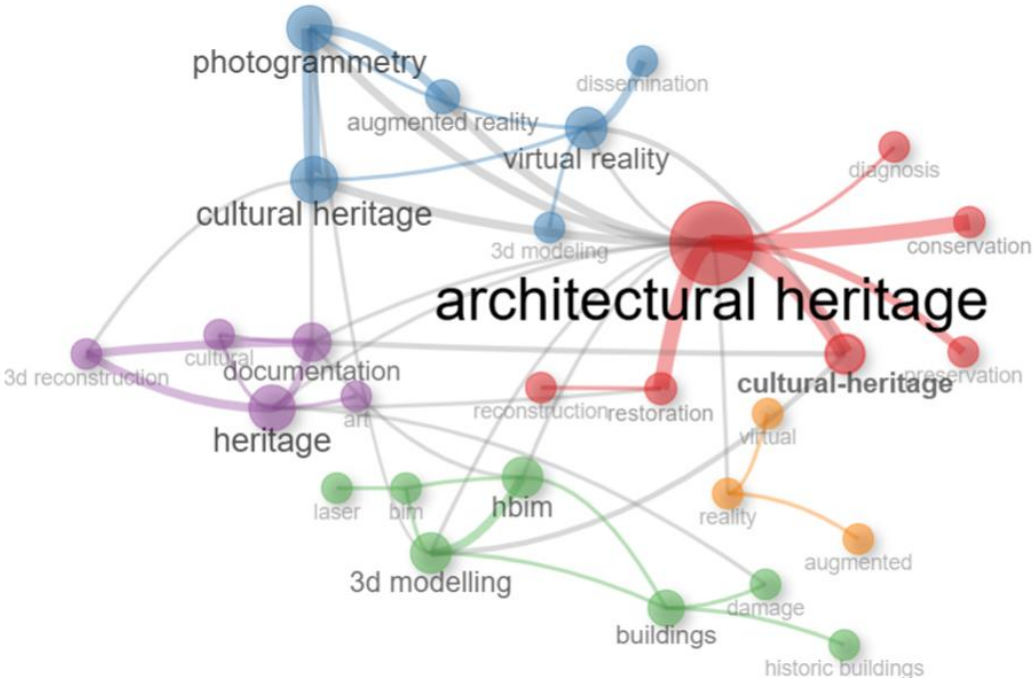
Şekil 16. Sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik

Şekil 17'de verilen "trend topic" grafiğinde yer alan veriler, "Mimari miras" kavramının 25 kullanım ile en yüksek sıklığa sahip olması, literatürün büyük ölçüde kültürel mirasın korunması ve dijital belgelenmesine odaklandığını gösterirken, "sanal gerçeklik", "3 boyutlu modelleme" ve "HBIM" kavramlarının yükselişi araştırmaların sanal rekonstrüksiyon ve dijital koruma teknolojileri etrafında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Terim	Sıklık	Yıl (1. Çeyrek)	Yıl (Ortanca)	Yıl (3. Çeyrek)
Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...
hbim	10	2017	2020	2023
sanal gerçeklik	12	2019	2021	2022
artırılmış gerçeklik	10	2016	2021	2022
mimari	7	2018	2021	2024
mimari miras	25	2021	2023	2025
kültürel miras	13	2021	2023	2025
3 boyutlu modelleme	11	2018	2023	2024
kültürel miras	8	2023	2024	2025
miras	10	2023	2025	2025
binalar	9	2021	2025	2025

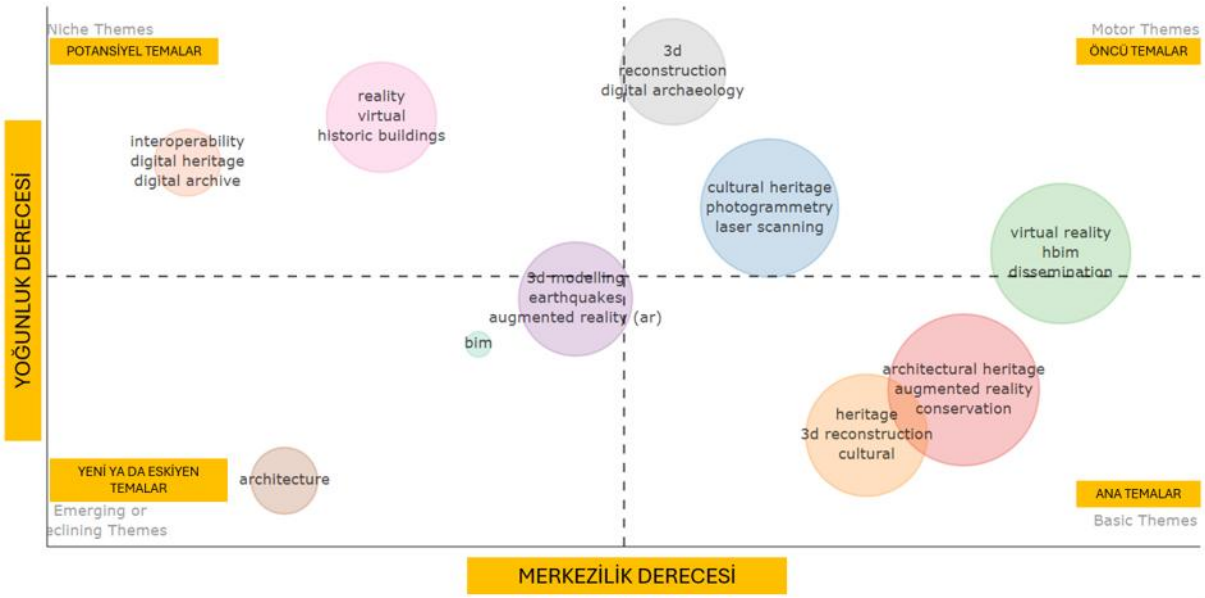
Şekil 17. Literatürde yer alan konuların kullanım sıklığını ve yıllar içindeki dağılımı

Şekil 18'de verilen grafik, "Architectural heritage" kavramının ağın merkezinde yer aldığını ve "virtual reality", "photogrammetry", "3d modelling" ile güçlü ilişkiler kurduğunu, literatürün büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal rekonstrüksiyonu ve koruma süreçleri üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.



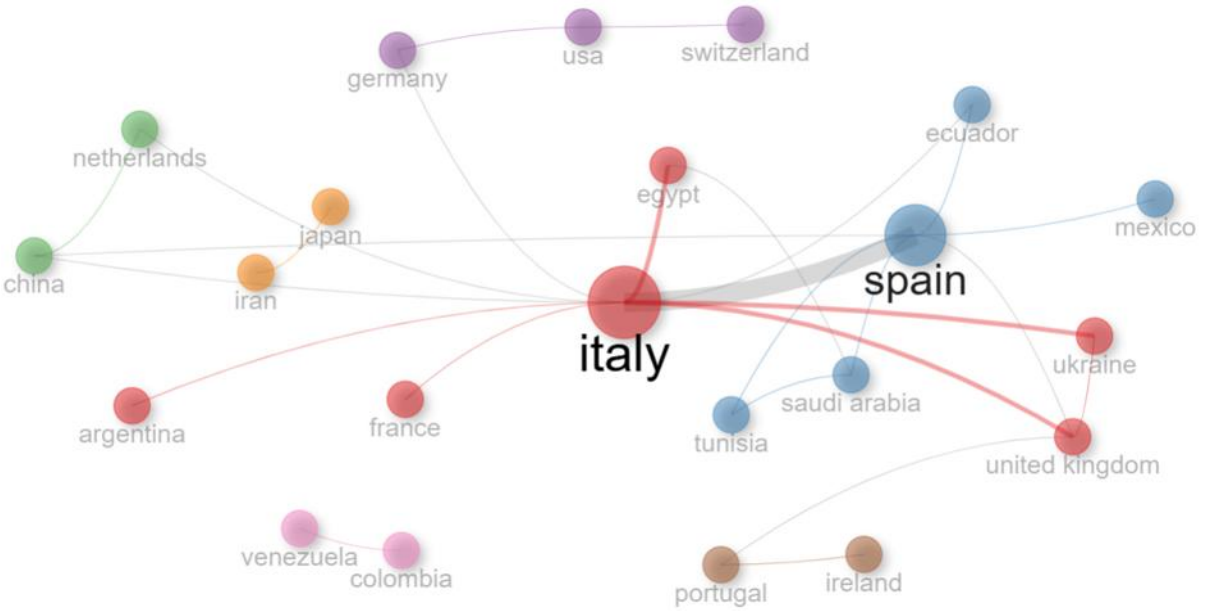
Şekil 18. Literatürdeki anahtar kavramlar arasındaki birlikte oluşum ağını grafik

Şekil 19'da yer alan tematik haritada, "Virtual reality", "HBIM" ve "3d reconstruction" kavramlarının öncü ve merkezi temalar olarak öne çıkması, literatürün büyük ölçüde dijital koruma, sanal rekonstrüksiyon ve etkileşimli miras teknolojileri üzerine yoğunlaştığını gösterirken, "digital archive" ve "interoperability" gibi kavramların daha sınırlı çalışılması bu alanlarda gelişime açık araştırma boşlukları bulunduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 19. Tematik harita grafiği

Şekil 20'de verilen grafik, literatürdeki ülkeler arası işbirliği ağını göstermektedir. İtalya ve İspanya'nın ülkeler arası işbirliği ağında merkezî konumda yer alması, mimari mirasın dijital belgelenmesi ve AR/VR uygulamalarına yönelik araştırmaların büyük ölçüde Avrupa merkezli geliştiğini gösterirken, farklı kıtalara yayılan bağlantılar alanın giderek uluslararası ve disiplinlerarası bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır.



Şekil 20. Ülkeler arası işbirliği ağı grafiği

4. SONUÇ

Bu bibliyometrik analiz, mimarlık tarihinde 3D modelleme ve AR/VR uygulamalarına yönelik literatürün son yıllarda belirgin bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle 2020 sonrası dönemde yayın üretimindeki hızlı artış, dijital teknolojilerin kültürel miras çalışmalarında giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Yıllık üretim grafikleri ve büyüme oranları, alanın hâlen gelişim sürecinde olduğunu ve akademik ilginin artarak devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelime analizleri, literatürde en baskın kavramların “architectural heritage”, “cultural heritage”, “virtual reality”, “3D modelling” ve “augmented reality” olduğunu göstermektedir. Bu durum, araştırmaların büyük ölçüde mimari mirasın dijital belgelenmesi, sanal rekonstrüksiyonu ve etkileşimli teknolojiler aracılığıyla yeniden deneyimlenmesi üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Ayrıca HBIM, fotogrametri ve 3D rekonstrüksiyon gibi kavramların öne çıkması, dijital koruma yöntemlerinin literatürde güçlü bir yer edindiğini göstermektedir.

Tematik harita ve birlikte oluşum ağı analizleri, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve dijital rekonstrüksiyon teknolojilerinin literatürde merkezi araştırma alanları hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte dijital arşivleme, birlikte çalışabilirlik ve bazı teknik kavramların daha sınırlı yoğunluğa sahip olması, bu alanlarda gelişime açık araştırma boşluklarının bulunduğunu göstermektedir.

Ülkeler arası işbirliği ve atıf analizleri ise İtalya ve İspanya’nın literatürde hem üretim hem de akademik etki açısından öncü ülkeler olduğunu göstermektedir. Avrupa merkezli bu yoğunlaşma, kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik çalışmaların özellikle Avrupa’da güçlü bir akademik altyapı kazandığını ortaya koymaktadır. Genel olarak çalışma, 3D modelleme ve AR/VR teknolojilerinin mimarlık tarihi alanında yalnızca bir görselleştirme aracı olmaktan çıkarak, kültürel mirasın belgelenmesi, korunması ve yeniden yorumlanması süreçlerinde temel bir araştırma alanına dönüştüğünü göstermektedir.

REFERANSLAR

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of informetrics, 11(4), 959-975.

ALTUN, C. Y. (2025). Geçmişi Geleceğe Aktarmak: Kültürel Miras Alanında Dijital İkiz Oluşturma. Turkish Studies, 20(4), 2947.

Aş, H. (2019). Saran Mimari Yazilim Ve Teknolojilerinin Kültürel Mirasi Koruma Çalişmalarinda Kullanimi. Tasarım Enformatiği, 1(2), 92-106.

El Barhoumi, N., & Hajji, R. (2024). HBIM and extended reality for cultural mediation of historical heritage: A review. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, 125-132.

Başdemir, H. (2025). İHA, Fotogrametri, Sanal ve Artırılmış Gerçeklik Entegrasyonuyla Mimari Mirasın Korunması ve Tanıtılması: Bir Örnek Çalışma. Geomatik, 11(1), 97-109.

Büyükkuru, M. (2023). Kültürel Mirasin Aktariminda Dijital Teknolojilerin Kullanimi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, 13(İhtisaslaşma), 134-150.

Colace, F., Limongiello, M., Lorusso, A., Pellegrino, M., Santaniello, D., & Santoriello, A. (2026). Digital Twin for Cultural Heritage: A Computational Approach to Predictive Conservation. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, e00519.

Ergen, F. D. (2020). A literature review on the applicability of augmented and virtual reality technologies in cultural heritage areas of Isparta province. Journal of Tourism Theory and Research, 6(1), 62.

Ergin, İ. D. A. (2023). Digital approach in conservation of heritage: 3D virtual reconstruction applications in ancient cities. Journal of Architectural Sciences and Applications, 8(2), 969-987.

Birinci Ertürk, N., & Değirmenci, F. N. (2023). Sanal Gerçeklik (Vr) Teknolojilerinin Mimarlik Sektöründeki Yeri. Karesi Journal of Architecture, 2(2), 24-36.

Kajita, H. S., & Boys, J. (2023). Activating Social Housing Archives: (Meeting Minutes). I D. van den Heuvel, F. Tanış, & W. van de Sande (red.), Architecture Archives of the Future: Tenth Annual Conference: Proccedings (s. 247-253). TU Delft.
Köse, S. (2023). Dijital Arkeoloji Uygulamaları: Ayanis Örneği. Külliye, 4(1), 256-281.
Mazzetto, S. (2024). Integrating emerging technologies with digital twins for heritage building conservation: an interdisciplinary approach with expert insights and bibliometric analysis. Heritage, 7(11), 6432-6479.
Atıcı Tektaş, E. (2024). Kent Belleğini Twinmotion İle Geleceğe Aktarma: Eskişehir Hamamyolu Çarşi Örneği. Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 9(18), 51-68.
Tektaş, E. A., & Öztürk, A. Ç. Kent Belleğini Twinmotion İle Geleceğe Aktarma: Eskişehir Hamamyolu Çarşi Örneği. Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 9(19), 183-200.
Tektaş, E. A., & Öztürk, A. Ç. (2024). Kolektif Belleğin Dijital Ortama Aktarilmasi Sürecine Bir Yaklaşim. Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi, 8(4), 504-519.
Uzunel, Ö., & Özdemir, B. Ş. (2022). Somut Kollektif Hafizanin Kayit Altina Alinmasinda Çağdaş Teknolojilerin Kullanimi: Lazer Tarayicilar. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, 12(Dijitalleşme), 270-286.
Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2025). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Modern Teknolojilerin Rolü. Kültürel Miras Araştırmaları, 6(2), 94-110.
Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2021). Tarihi eserlerin 3B modellenmesi ve artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 1032-1043.

MİMARLIK TARİHİNDE KAYBOLAN KÜLTÜREL MİRASIN YAPAY ZEKÂ İLE BELGELENDİRİLMESİNE İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Öğr. Gör. Dr. Osman Ziyaettin YAĞCI
Karabuk University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 78600 Safranbolu, Karabük
ORCID ID: 0000-0002-7129-1891

ÖZET
Bu çalışma, mimarlık tarihinde kaybolmuş kültürel mirasın belgelendirilmesinde yapay zekâ uygulamalarının rolünü araştırmayı amaçlayan bibliyometrik bir analiz sunmaktadır. Araştırma kapsamında, Web of Science veri tabanında "architectural history", "lost heritage", "artificial intelligence" ve ilgili anahtar kelimeler kullanılarak ilgili literatür taranmıştır. Elde edilen veriler, Biblioshiny yazılımı aracılığıyla analiz edilerek yayın sayıları, yazar işbirlikleri, ülkeler arası dağılım ve anahtar kelime trendleri görselleştirilmiştir. Analiz sonuçları, yapay zekâ ve 3D/dijital belgeleme yöntemlerinin, kaybolan kültürel mirasın yeniden yapılandırılması ve korunmasında artan bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışma, literatürdeki mevcut eğilimleri ortaya koyarken, gelecekteki araştırmalar için potansiyel boşlukları ve öncelikli konuları belirlemeye yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Sonuçların, hem akademik araştırmalar hem de kültürel mirasın dijital korunması ve belgelendirilmesi süreçlerine destek olması hedeflenmektedir.
Anahtar kelimeler: Mimarlık tarihi, kaybolan kültürel miras,yapay zekâ, 3d belgeleme, dijital belgeleme, bibliyometrik analiz

DETERMINATION OF THE ENRICHMENT LEVELS OF RARE EARTH ELEMENTS IN PERLITE MINERALS

ABSTRACT
This study presents a bibliometric analysis aimed at investigating the role of artificial intelligence (AI) applications in the documentation of lost cultural heritage within architectural history. The research involved a literature search in the Web of Science database using keywords such as "architectural history," "lost heritage," "artificial intelligence," and related terms. The collected data were analyzed using the Biblioshiny software to visualize publication counts, author collaborations, international distributions, and keyword trends. The analysis results indicate that AI and 3D/digital documentation methods are playing an increasingly significant role in the reconstruction and preservation of lost cultural heritage. The study highlights current trends in the literature while identifying potential gaps and priority topics for future research. The findings aim to provide guidance for both academic studies and the digital preservation and documentation processes of cultural heritage.
Keywords: Architectural history, lost cultural heritage, artificial intelligence, 3d reconstruction, digital documentation, bibliometric analysis

1. GİRİŞ
Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı algoritmaların tarihsel verileri analiz ederek kaybolmuş mimari yapıların dijital ortamda yeniden inşası ve korunmasındaki dönüştürücü kapasitesini irdelemektedir (Özkuyumcu & Önaç, 2025; Özkuyumcu & Önaç, 2025). Özellikle derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri, görsel dokümantasyon ile mekânsal verilerin

yorumlanmasında geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek kültürel mirasın sürdürülebilirliğini dijital arşivleme süreçleriyle desteklemektedir (Büyüktaş, 2025).

Söz konusu teknolojik yaklaşımlar, metin tabanlı verilerden görsel çıktı üretme ve üç boyutlu yeniden kurgulama süreçlerinde, uzman değerlendirmeleriyle desteklenen yeni nesil bir koruma paradigmasının önünü açmaktadır (Arzomand vd., 2024; Koutsoupias vd., 2026). Özellikle üretken çekişmeli ağlar gibi makine öğrenimi modelleri, tarihi yapılardaki eksik veya hasarlı bölümlerin tahmin edilmesinde etkin bir yöntem sunarak restitüsyon süreçlerine hız kazandırmaktadır (Karadağ, 2022).

Bu bağlamda, yapısal bozulmaların daha hızlı ve doğru teşhis edilmesi, müdahale kararlarının veriye dayalı bir kesinlikle alınmasını sağlayarak koruma uygulamalarında bütüncül bir dijital metodoloji oluşturmaktadır (Alihan & İbrahimgil, 2019; Ararat, 2023). Bunun yanı sıra, dijital ikiz teknolojileri aracılığıyla oluşturulan yüksek sadakatli kopyalar, çevresel faktörlerin ve doğal afetlerin tarihi doku üzerindeki etkilerinin simüle edilmesine olanak tanıyarak proaktif koruma stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir (Altun, 2025).

Ayrıca, geniş veri kümelerinin işlenmesi sayesinde bu sistemler kültürel mirasın hem somut hem de somut olmayan yönlerini kapsayan çok katmanlı bir arşivleme disiplini meydana getirmektedir (Bozkurt, 2025; Ghaith & Hutson, 2024). Bu disiplinlerarası yaklaşım, 1985 yılından günümüze uzanan geniş kapsamlı bibliyometrik analizler (Prados-Peña et al., 2023) ve 2020 yılı itibarıyla literatürde yerini alan temel çalışmaların (Zhao vd., 2020) sunduğu veriler ışığında mevcut eğilimleri haritalandırarak, akademik çalışmaların gelecekteki odak noktalarını belirlemek için kritik bir temel oluşturmaktadır.

Literatürdeki mevcut eğilimler, Türkiye ölçeğinde yapay zekâ destekli kültürel miras uygulamalarına yönelik akademik araştırmaların henüz sınırlı bir düzeyde olduğunu ve bu alanda daha kapsamlı deneysel çalışmaların eksikliğini ortaya koymaktadır (Kutlu, 2025). Bu bağlamda yapılan bilimsel çalışmalar, sınıflandırma, bilgisayarlı görü ve 3D rekonstrüksiyon gibi temel tekniklerin entegrasyonuyla mimari mirasın dijitalleştirilmesinde literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir (Gîrbacia, 2024; Li vd., 2026).

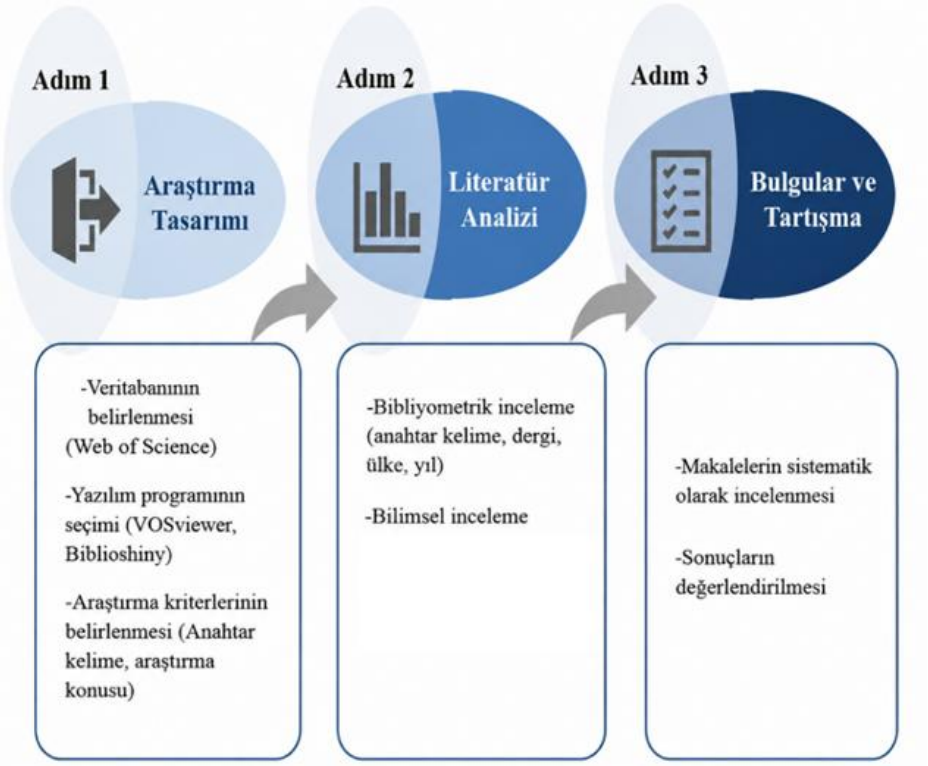
Bununla birlikte, bibliyometrik verilerin analizi, teknoloji odaklı yaklaşımların kültürel miras yönetimi ve değerlendirme süreçlerinde disiplinler arası bir iş birliğine evrildiğini göstermektedir (Li et vd., 2025). Bu gelişme, nesnelerin zaman içindeki durumunu önceden tahmin edebilen sistemler sayesinde, konservasyon ve restorasyon planlarında önceliklendirme stratejilerinin daha etkin bir biçimde kurgulanmasına olanak tanımaktadır (Erkut, 2025).

Ayrıca dijital ikizlerin Nesnelerin İnterneti ile entegre edilmesi, tarihi yapıların yapısal sağlığının gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlayarak koruma uygulamalarında pasif yöntemlerden proaktif bir yaklaşıma geçişi zorunlu kılmaktadır (Mazzetto, 2024). Bibliyometrik incelemeler, bu tür ileri düzey otomasyon ve veri analitiği uygulamalarının literatürde 3D tarama teknikleri, sanal gerçeklik ve yapı bilgi modelleme ile kümelendiğini ve giderek daha karmaşık bir ekosisteme dönüştüğünü ortaya koymaktadır (Lucchi, 2023). Bununla birlikte, araştırma trendleri; uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve bilgisayarlı görüntüleme biliminin bu karmaşık yapıda giderek daha merkezî bir konuma yerleştiğini işaret etmektedir (Li vd., 2025). Öte yandan, literatürdeki ortak çalışma ağları, İtalya, İspanya ve Yunanistan merkezli akademik ağların bu alandaki öncü rolünü vurgularken, kültürel mirasın dijitalleşmesinde veri sahipliği ve otantiklik gibi etik tartışmaların da teknolojik ilerlemelerle eş zamanlı olarak gündeme geldiğini göstermektedir (Alias vd., 2025; Muhtar vd., 2024).

2. MATERYAL VE METOD

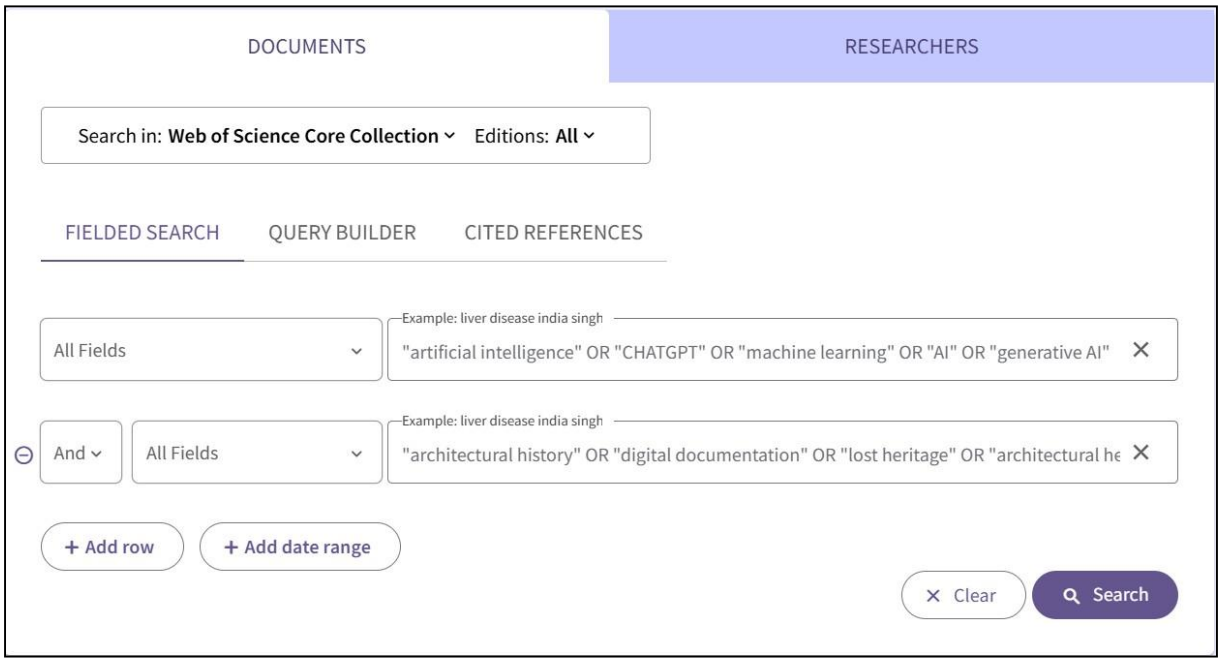
Bu çalışma, mimarlık tarihinde kaybolan kültürel mirasın yapay zekâ ve dijital belgelenme yöntemleri bağlamında incelenmesi amacıyla bibliyometrik analiz yöntemiyle

gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Literatür taraması için Web of Science Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Arama sürecinde iki temel terim grubu uygulanmıştır: birinci grup, "artificial intelligence", "CHATGPT", "machine learning", "AI" ve "generative AI" ile yapay zekâ ve ilgili teknolojileri; ikinci grup ise "architectural history", "digital documentation", "lost heritage" ve "architectural heritage" ile mimarlık tarihi ve kaybolmuş kültürel miras bağlamını kapsamaktadır. İkinci grup, birinci grup ile AND operatörü aracılığıyla birleştirilmiş ve tarama All Fields kapsamında yapılmıştır (Şekil 2).



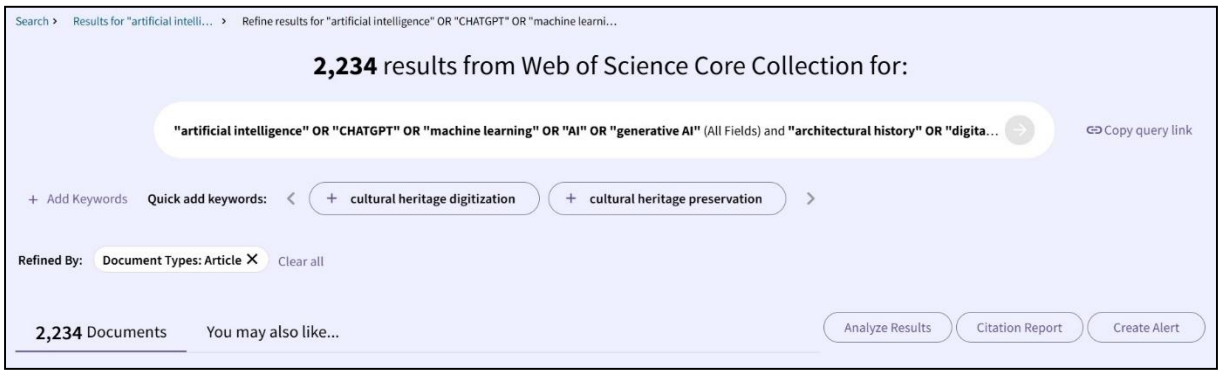
Şekil 1. Araştırma sürecinin iş akış şeması

Elde edilen veriler yalnızca Article (Makale) türündeki yayınlar seçilerek sınırlanmıştır; bu, literatür taramasının özgün araştırma odaklı çalışmalarla sınırlı olmasını ve bulguların güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Konferans bildirileri, derleme makaleleri veya editoryal içerikler analiz dışında bırakılmıştır.



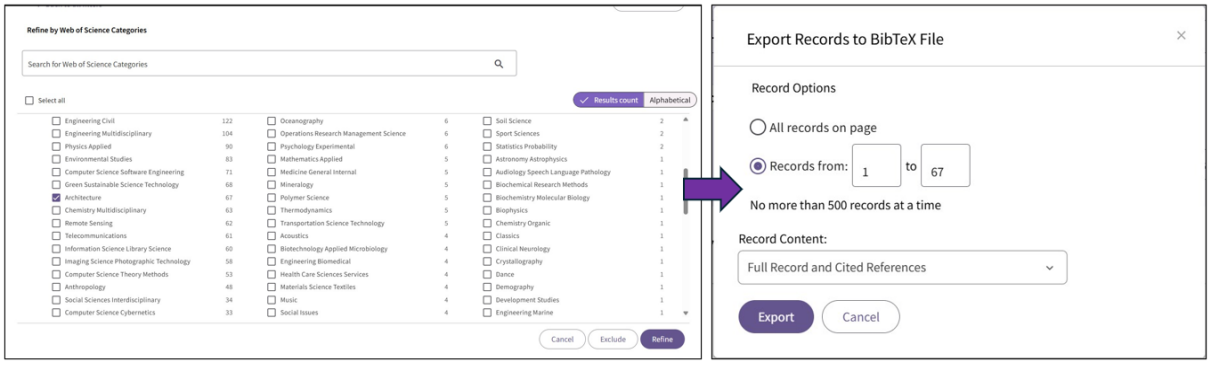
Şekil 2. Araştırma sürecinde kullanılan terim grupları

İlk tarama, "artificial intelligence" OR "CHATGPT" OR "machine learning" OR "AI" OR "generative AI" ve "architectural history" OR "digital documentation" OR "lost heritage" OR "architectural heritage" terimleri ile tüm alanlarda yapılmış ve toplam 2.234 yayın elde edilmiştir. Bu sayıya yalnızca makale (Article) türündeki çalışmalar dahil edilmiştir (Şekil 3). Bu işlemden sonra, yayınlar Web of Science kategorileri üzerinden filtrelenmiş ve yalnızca Architecture (Mimarlık) kategorisindeki çalışmalar seçilmiştir. Bu filtreleme sonucunda toplam yayın sayısı 67'ye düşmüştür, bu da mimarlık tarihi ve kaybolan kültürel miras bağlamında yapay zekâ ve dijital belgelenme konusuna odaklanılmış literatürü temsil etmektedir.



Şekil 3. WOS taraması sonucu konuyla ilgili ortaya çıkan dökümanların sayısal veri görünümü

Bu veri seti, bibliyometrik analiz için kullanılmış; yayın sayıları, anahtar kelime ağları, yazar işbirlikleri ve trendler Biblioshiny ve VOSviewer ile görselleştirilmiştir. Bu yaklaşım, hem literatürdeki güncel eğilimleri hem de araştırma boşluklarını belirlemeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 4. WOS kategorileri üzerinden "architecture" sekmesinin seçilmesi ve BibTex uzantılı olarak dışa aktarılma aşaması

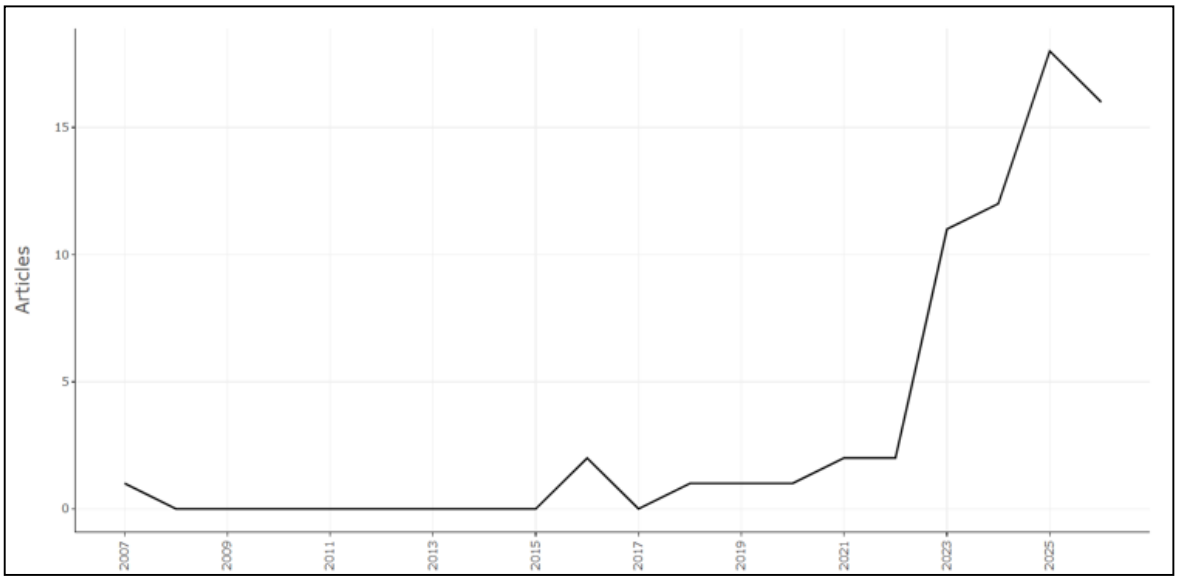
3. BULGULAR

2007–2026 yılları arasını kapsayan analizde, toplam 67 makalenin 17 farklı kaynaktan elde edilmesi alanın odaklı bir literatür yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Toplam 217 yazar, 9 tek yazarlı doküman, %22,39 uluslararası işbirliği oranı ve belge başına düşen 3,54 ortak yazar, araştırmaların disiplinlerarası ve işbirlikçi karakterini ortaya koymaktadır. Ayrıca 369 anahtar kelime, 3.092 referans, 2,28 yıllık ortalama belge yaşı ve %15,71 yıllık büyüme oranı, araştırma alanının güncel, hızlı gelişen ve artan akademik ilgiye sahip bir yapı gösterdiğini kanıtlamaktadır. (Şekil 5).



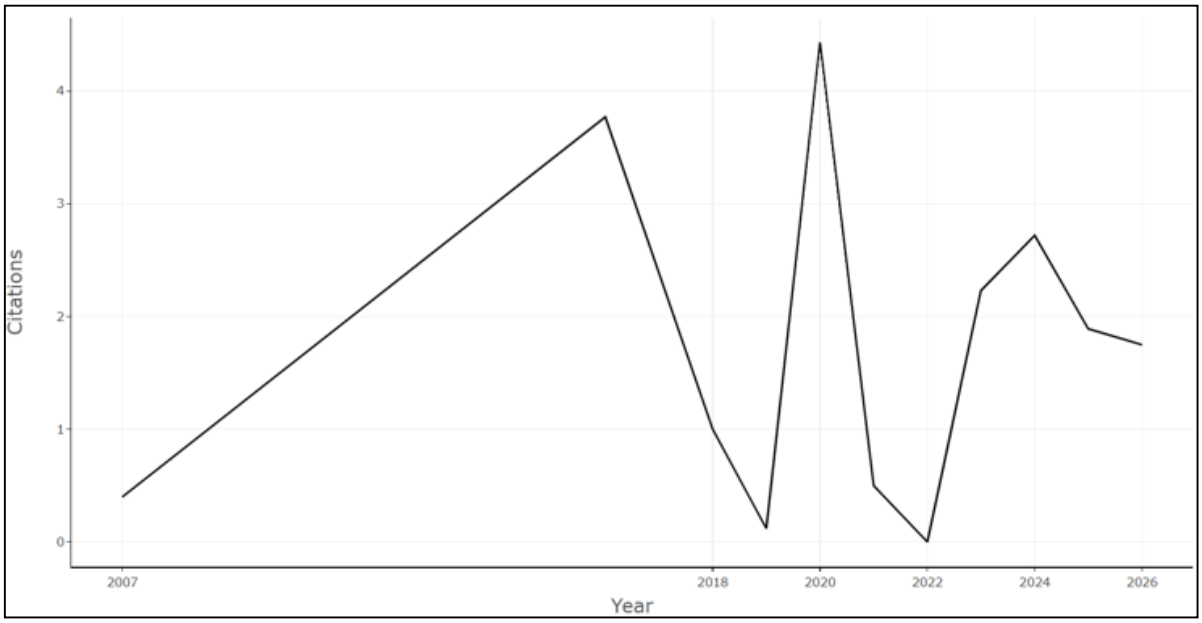
Şekil 5. Ana bilgiler, "Main İnformation" grafiği

Şekil 6'da yer alan çizgi grafik, 2007–2020 yılları arasında durağan kalan yayın üretimi, 2021 sonrası hızla artarak 2024–2025 döneminde zirveye ulaşmış ve yapay zekâ ile makine öğrenimi uygulamalarına yönelik akademik ilginin belirgin biçimde arttığını göstermiştir.



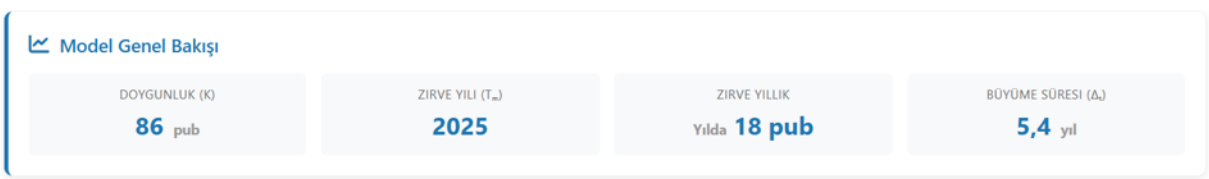
Şekil 6. Yıllık bireysel yayın oranlarını gösteren grafik

Şekil 7'de verilen grafik, 2020 yılında ortalama atıf sayısında belirgin bir zirve oluşması, alandaki bazı çalışmaların yüksek akademik etki yarattığını gösterirken, 2021 sonrası dönemde devam eden artış araştırma konularına yönelik ilginin giderek güçlendiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 7. Yıllara göre yayınların yıllık ortalama atıf sayısını gösteren grafik

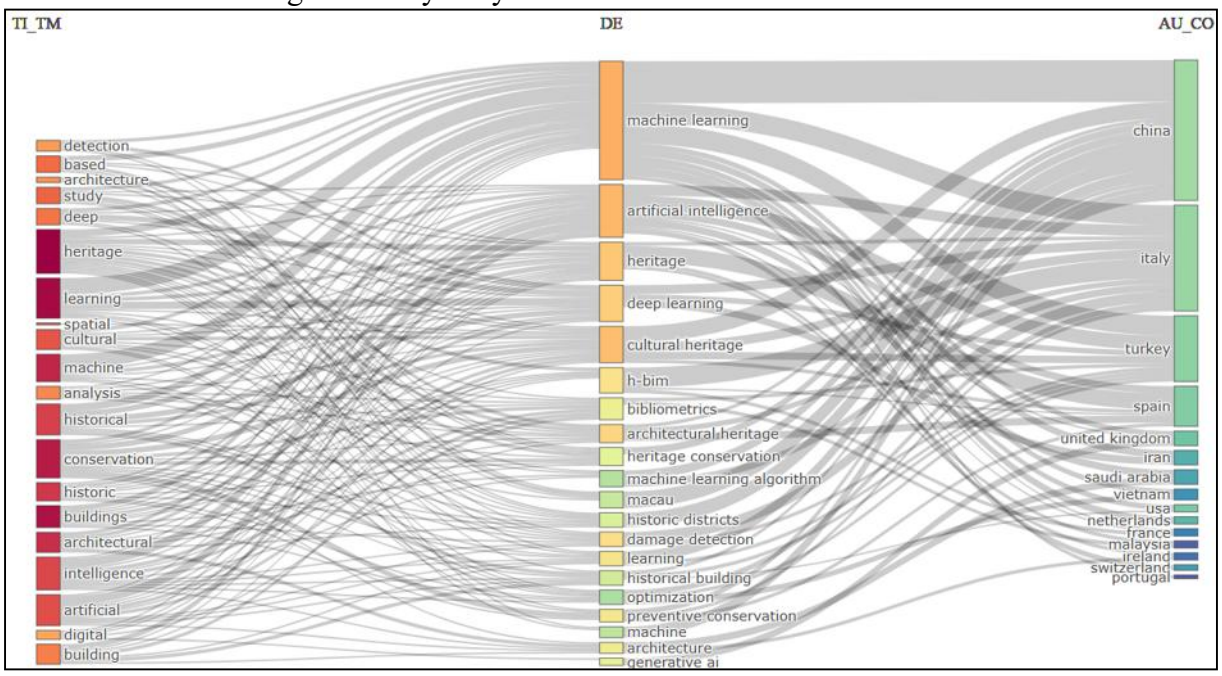
Şekil 8'deki grafik, 2025 yılının yayın üretiminde zirve yıl olarak öne çıkması ve toplam 86 yayınlık yoğunluk değeri, araştırma alanının hızla gelişen ve kısa sürede yüksek akademik üretim kapasitesine ulaşan dinamik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. Bireysel üretim yaşam döngüsünü gösteren grafik

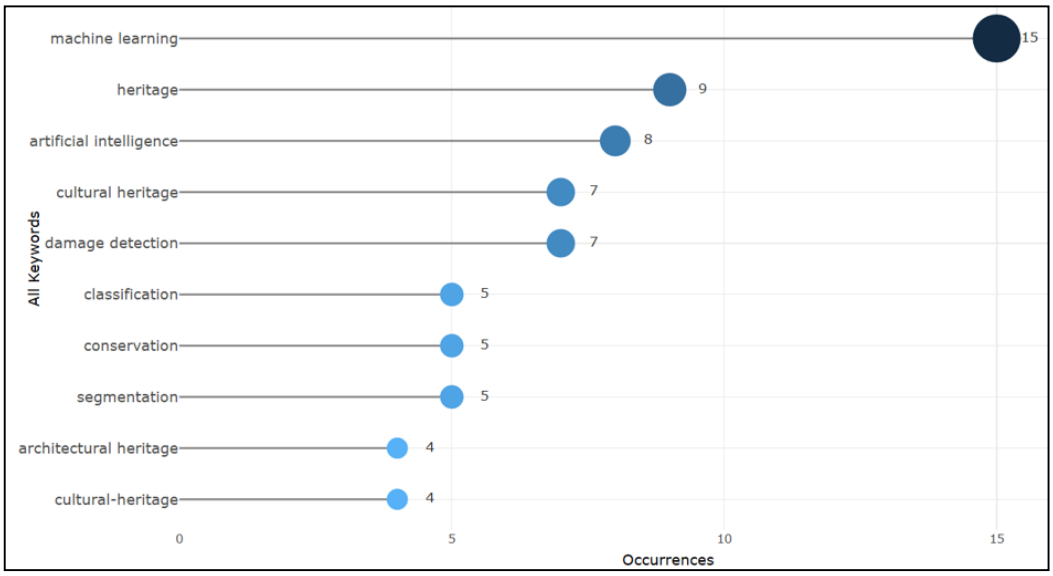
Şekil 9'da görülen grafikte, üç alanlı bir bağlantı yapısı üzerinden literatürdeki anahtar kelime, makale başlık terimleri ve yazar ülkeleri arasındaki ilişkiler görselleştirilmiştir. Sol kolon, makale başlıklarında kullanılan terimleri gösterirken, orta kolon yazarların belirlediği anahtar kelimeleri (Keywords) sunmaktadır ve sağ kolon ise ilgili çalışmaların yazarlarının bulunduğu ülkeleri temsil etmektedir. Çizgilerin yoğunluğu, özellikle "machine learning" ve "artificial intelligence" terimlerinin Çin, İtalya ve Türkiye gibi ülkelerden gelen çalışmalarla güçlü bağlar kurduğunu göstermektedir.

Bu durum, yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin mimarlık tarihi ve kültürel miras bağlamında uluslararası düzeyde yoğun bir akademik etki ve işbirliği ağı oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca "heritage" ve "cultural heritage" gibi anahtar kelimelerin farklı ülke bağlantıları, araştırmanın disiplinlerarası ve coğrafi çeşitliliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır. Genel olarak, bu görsel, literatürdeki anahtar konuların, kavramsal odakların ve ülke katkılarının birbirleriyle nasıl ilişkilendiğini açık bir şekilde sunarak, araştırma alanındaki temel trendleri ve küresel dağılımı ortaya koymaktadır.



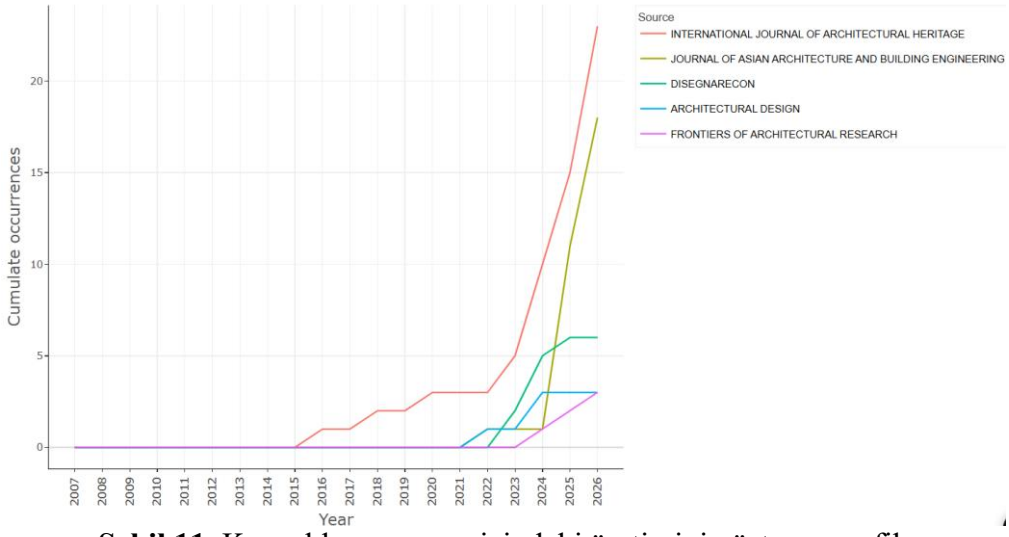
Şekil 9. Anahtar kelime, başlık ve ülkeler üç alanlı grafik

En sık kullanılan kelimeleri gösteren Şekil 10'da yer alan grafikte yer alan veriler, "Machine learning" (15) kavramının en yüksek kullanım sıklığına sahip olması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ ve veri odaklı teknolojiler etrafında şekillendiğini göstermektedir; ayrıca "heritage", "artificial intelligence" ve "cultural heritage" kavramlarının yoğun kullanımı, araştırmaların kültürel mirasın dijital korunması ve hasar tespiti üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.



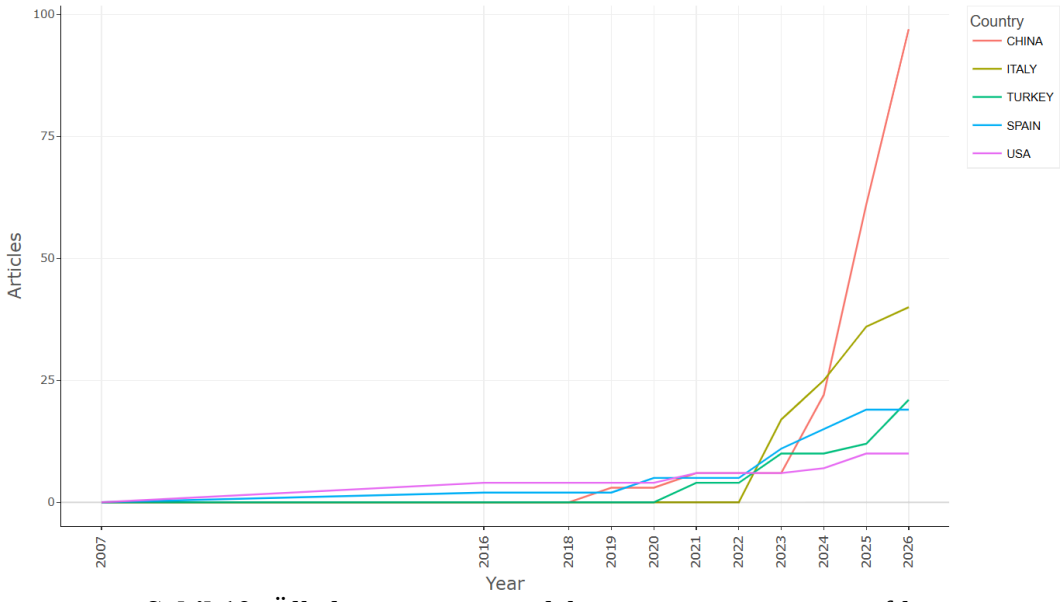
Şekil 10. En sık kullanılan kelimeleri gösteren grafik

Şekil 11'de verilen kaynakların zaman içinde üretimini gösteren grafiğe göre, 2023 sonrası dönemde özellikle International Journal of Architectural Heritage ve Journal of Asian Architecture and Building Engineering dergilerindeki yayın artışı, yapay zekâ ve dijital miras teknolojilerine yönelik araştırmaların uzmanlaşmış akademik dergilerde yoğunlaştığını göstermektedir.



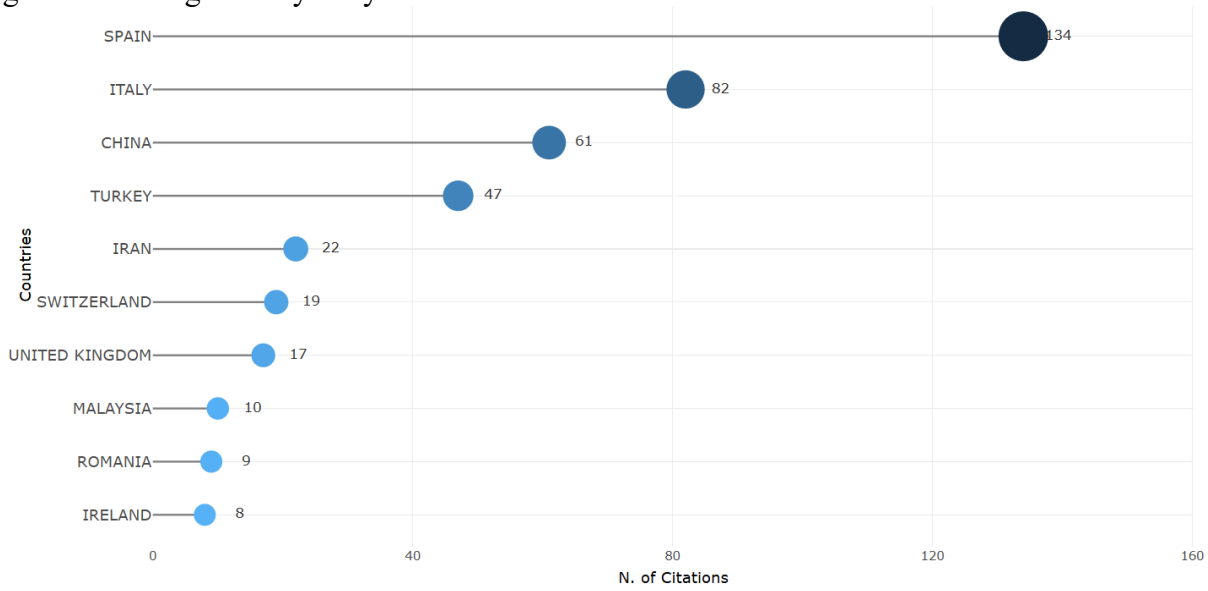
Şekil 11. Kaynakların zaman içindeki üretimini gösteren grafik

Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren Şekil 12'de ki grafik incelendiğinde, Çin'in 2023 sonrası dönemde yayın üretiminde hızlı bir yükseliş göstermesi, yapay zekâ destekli kültürel miras çalışmalarında Asya merkezli akademik etkinin güçlendiğini ortaya koyarken, İtalya ve İspanya'nın düzenli üretimi Avrupa'nın alandaki öncü konumunu sürdürdüğünü göstermektedir.



Şekil 12. Ülkelerin zaman içindeki üretimini gösteren grafik

En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren Şekil 13'te verilen grafik incelendiğinde, İspanya'nın 134 atıf ile en yüksek akademik etkiye sahip ülke olarak öne çıkması, Avrupa merkezli araştırmaların literatürde güçlü bir görünürlüğe ulaştığını gösterirken, Çin ve Türkiye'nin yükselen atıf değerleri Asya ülkelerinin de alandaki etkisini giderek artırdığını ortaya koymaktadır.



Şekil 13. En fazla alıntı yapılan ülkeler ve alıntı sayılarını gösteren grafik

Şekil 14'te verilen yazarlara göre kelime bulutunu gösteren grafik, Kelime bulutunda "machine learning", "artificial intelligence" ve "cultural heritage" kavramlarının baskın şekilde öne çıkması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ destekli dijital koruma ve kültürel miras çalışmalarına odaklandığını göstermektedir.



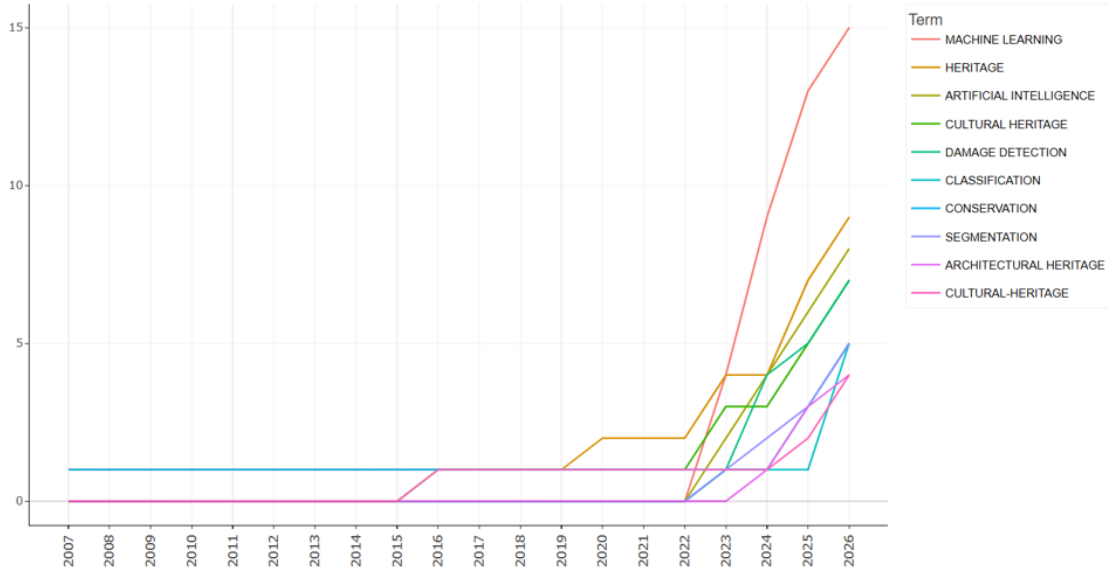
Şekil 14. Yazarların seçimine göre kelime bulutunu gösteren grafik

Şekil 15'de gösterilen "tree map" grafiği, incelendiğinde, Machine learning" kavramının %9 oran ve 15 kullanım ile en baskın terim olması, araştırmaların ağırlıklı olarak yapay zekâ ve veri odaklı teknolojiler etrafında şekillendiğini gösterirken, "heritage" ve "artificial intelligence" kavramlarının yoğun kullanımı kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik çalışmaların literatürde merkezi bir konuma ulaştığını ortaya koymaktadır.



Şekil 15. Kelime kullanım yoğunluğunu gösteren "tree map" grafiği

Şekil 16'da verilen sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik, Machine learning" kavramının 2023–2026 döneminde keskin bir artış göstermesi, yapay zekâ tabanlı yöntemlerin literatürde baskın araştırma alanı hâline geldiğini ortaya koyarken, "heritage" ve "cultural heritage" kavramlarının yükselişi kültürel mirasın dijital korunmasına yönelik akademik ilginin giderek arttığını göstermektedir.



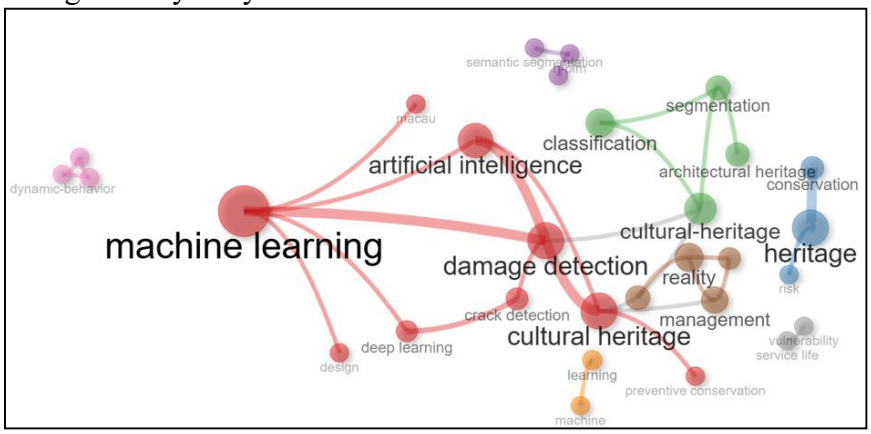
Şekil 16. Sözcüklerin yıllar içinde kullanımı gösteren grafik

Şekil 17'de verilen "trend topic" grafiğinde yer alan veriler, Makine öğrenimi", "yapay zekâ" ve "cultural heritage" kavramlarının 2024–2026 döneminde öne çıkması, literatürün yapay zekâ destekli kültürel miras uygulamalarına yöneldiğini gösterirken, "hasar tespiti" ve "koruma" gibi alt temaların da giderek önem kazandığını ortaya koymaktadır.

Terim	Sıklık	Yıl (1. Çeyrek)	Yıl (Ortanca)	Yıl (3. Çeyrek)
Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...	Filtrele...
makine öğrenimi	15	2024	2024	2025
yapay zeka	8	2024	2024	2025
hasar tespiti	7	2024	2024	2026
miras	9	2023	2025	2025
kültürel miras	7	2023	2025	2026
koruma	5	2025	2025	2026
sınıflandırma	5	2026	2026	2026

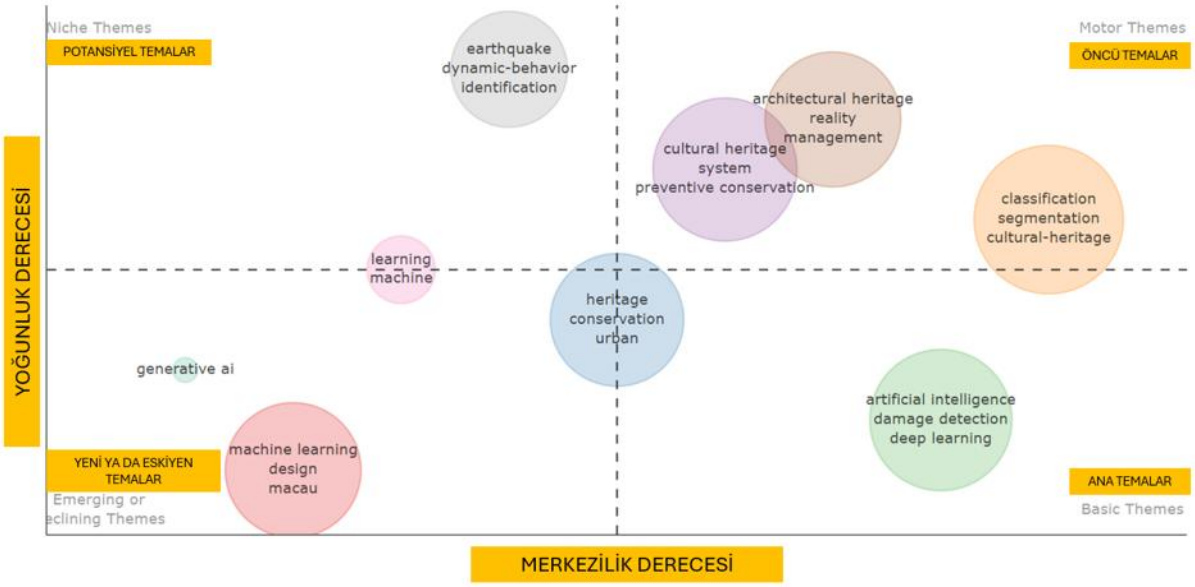
Şekil 17. Literatürde yer alan konuların kullanım sıklığını ve yıllar içindeki dağılımı

Şekil 18'de verilen grafik, Machine learning" ve "artificial intelligence" kavramlarının merkezî konumda yer alması, literatürün büyük ölçüde yapay zekâ tabanlı yöntemler etrafında şekillendiğini gösterirken, "damage detection" ve "cultural heritage" kavramlarıyla kurulan güçlü ilişkiler teknolojik uygulamaların kültürel mirasın korunması ve analizinde yoğun biçimde kullanıldığını ortaya koymaktadır.



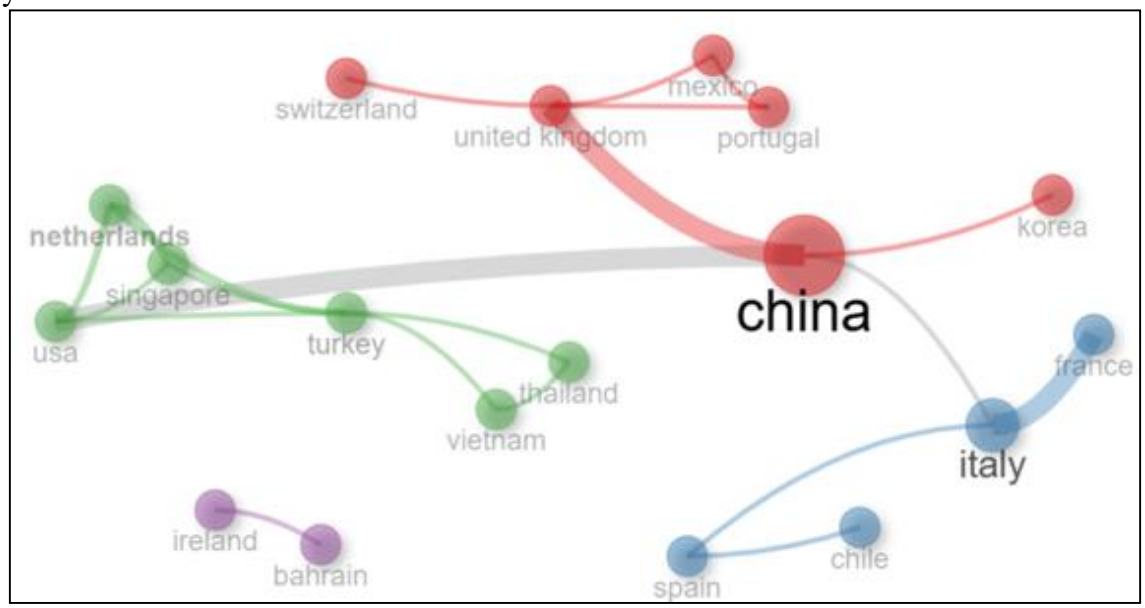
Şekil 18. Literatürdeki anahtar kavramlar arasındaki birlikte oluşum ağını grafik

Şekil 19'da yer alan tematik harita, "Classification", "segmentation" ve "cultural-heritage" kavramlarının yüksek merkezilik ve yoğunluk göstermesi, bu temaların literatürdeki temel araştırma odaklarını oluşturduğunu ortaya koyarken, "generative AI" ve "machine learning design" gibi kavramların gelişmekte olan yeni araştırma alanları olarak öne çıktığını göstermektedir.



Şekil 19. Tematik harita grafiği

Şekil 20'de verilen grafik, Çin'in ülkeler arası işbirliği ağında en merkezi konumda yer alması, yapay zekâ destekli kültürel miras çalışmalarında küresel akademik etkileşimin büyük ölçüde Çin merkezli geliştiğini gösterirken, İtalya, İspanya ve Türkiye gibi ülkelerin oluşturduğu bağlantılar araştırma alanının uluslararası ve disiplinlerarası bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır.



Şekil 17. Ülkeler arası işbirliği ağı grafiği

4. SONUÇ

.Bu bibliyometrik analiz, mimarlık tarihinde kaybolan kültürel mirasın yapay zekâ ile belgelenmesi alanındaki literatürün yapısını, trendlerini ve işbirliği dinamiklerini ortaya koymaktadır. Analizler, 2007–2026 döneminde literatürün hızlı bir gelişim gösterdiğini ve 2023–2025 yıllarında bireysel yayın üretiminin zirveye ulaştığını göstermektedir. Anahtar kelime analizleri ve ağaç haritalar, literatürde "machine learning", "artificial intelligence" ve "heritage" gibi teknolojik ve kültürel kavramların baskın olduğunu ortaya koyarken, "cultural heritage", "damage detection" ve "conservation" gibi alt temalar, metodolojik çeşitliliği ve uygulamaya yönelik yönleri temsil etmektedir. Kelime kullanımının yıllar içindeki değişimi, teknolojik yaklaşımların ve kültürel miras odaklı çalışmaların özellikle son dönemde artan bir ilgi gördüğünü göstermektedir.

Bununla birlikte, literatür taramasında özellikle beklenen bir kavram olan "digital documentation" WOS sonuçlarında görünmemiştir. Bu durum, çalışmaların terminoloji farklılıkları nedeniyle taramaya dahil olamaması veya literatürde bu terimin henüz yeterince kullanılmaması ile açıklanabilir; böylece araştırma alanında belirli bir terminolojik boşluğun veya kavramsal farklılığın varlığı ortaya çıkmaktadır.

Tematik harita ve birlikte oluşum analizleri, ana ve öncü temaların belirginleştiğini, kavramlar arasındaki ilişkileri ve literatürdeki kavramsal kümelenmeleri göstermektedir. Ülkeler arası işbirliği ağı ise Çin'in merkezi rol oynadığını, Avrupa ve Asya ülkelerinin bölgesel işbirlikleri oluşturduğunu ve araştırmaların giderek uluslararası ve disiplinlerarası bir karakter kazandığını ortaya koymaktadır. Genel olarak, çalışma literatürdeki teknolojik uygulamaların kültürel miras belgelenmesinde baskınlığını, alt temaların metodolojik çeşitliliğini ve küresel işbirliği eğilimlerini net bir şekilde ortaya koymakta ve alanın güncel trendleri ile öncelikli araştırma konuları hakkında yol gösterici bir değerlendirme sunmaktadır.

REFERANSLAR

Alias, N. F., Latip, N., Ismail, N., & Elrawi, O. (2025). Mapping the digital frontier: A bibliometric exploration of heritage preservation technologies. J. Inf. Syst. Technol. Manag, 10, 1-21.

Alihan, N., & İbrahimgil, A. (2024, June). Tarihi Binalarda Derin Öğrenme Yöntemi ile Cephe Elemanı Tespiti ve Yaş Tahmini: 2. TBMM Binası, Büyük Postane Binası ve Ankara Palas Örneği. In SETSCI-Conference Proceedings (Vol. 18, pp. 69-73). SETSCI-Conference Proceedings

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of informetrics, 11(4), 959-975.

ALTUN, C. Y. (2025). Geçmişi Geleceğe Aktarmak: Kültürel Miras Alanında Dijital İkiz Oluşturma. Turkish Studies, 20(4), 2947.

Ararat, M. B. (2023). Tarihi Yapılarda Yapay Zeka Destekli Hasar Tespiti Için Bir Model Önerisi, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Hasan Kalyoncu University Institutional Repository.

Arzomand, K.,Rustell, M. and Kalganova, T. (2024) 'From ruins to reconstruction: Harnessing text-to-image AI for restoring historical architectures', Challenge Journal of Structural Mechanics, 10 (2), pp. 69 - 85.

Bozkurt, H. G. (2025). Somut Olmayan Kültürel Miras Alanında Yapay Zeka, Veri Analitiği ve Makine Öğrenmenin Potansiyeli: Yenilikçi Yöntemler ve Uygulamalar. Dünya İnsan Bilimleri Dergisi, 2025(2), 305-322.

Büyüktaş, Ö. (2025). Dijital Koruma ve Yapay Zekâ: Literatür Üzerine Bir İnceleme (pp. 63–72).
Erkut, B. (2025). Uluslararası Müzelerde Yapay Zekâ Uygulamaları: Ziyaretçi Deneyimi ve Koleksiyon Yönetimi Üzerine Bir Derleme. UNIMUSEUM, 8(1), 18-37.
Ghaith, K., & Hutson, J. (2024). A qualitative study on the integration of artificial intelligence in cultural heritage conservation. *Metaverse*, *5*(2).
Gîrbacia, F. (2024). An Analysis of Research Trends for Using Artificial Intelligence in Cultural Heritage. Electronics, 13(18), 3738.
Karadag, I. (2023). Machine learning for conservation of architectural heritage. *Open House International*, *48*(1), 23-37.
Koutsoupias, N., Bitzenis, A., & Nosios, M. (2026). A Comprehensive Study of Artificial Intelligence in Preserving and Advancing Asia Minor's Heritage. *Digital*, *6*(1), 21.
Kutlu, İ. (2025). Scientific mapping of artificial intelligence (AI) assisted applications in historical building conservation. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 25(2), 1258–1278.
Li, B., Lim, Y. L., & Li, W. (2026). Systematic review: a bibliometric analysis of building technology and its potential applications to artificial intelligence in the field of cultural heritage conservation from 2013 to 2023. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 25(2), 1021–1043.
Li, W., Xie, Q., Ao, J., Lin, H., Ji, S., Yang, M., & Sun, J. (2025). Systematic review: a scientometric analysis of the status, trends and challenges in the application of digital technology to cultural heritage conservation (2019–2024). *npj Heritage Science*, *13*(1), 90.
Li, X., Chiabrando, F., & Sammartano, G. (2026). Machine Learning and Deep Learning for Cultural Heritage Conservation: A Bibliometric and Task-Oriented Review. Remote Sensing, 18(4), 628.
Lucchi, E. (2023). Digital twins for the automation of the heritage construction sector. *Automation in Construction*, *156*, 105073.
Mazzetto, S. (2024). Integrating Emerging Technologies with Digital Twins for Heritage Building Conservation: An Interdisciplinary Approach with Expert Insights and Bibliometric Analysis. Heritage, 7(11), 6432-6479.
Muhtar, M., Tuhumury, J. J., & Rukoyah, R. (2024). Bibliometric Perspectives on Digital Technologies in Cultural Heritage Analyzing Research Trends and Innovations. The Eastasouth Journal of Social Science and Humanities, 2(01), 75-88.
Özkuyumcu, S. A., & Önaç, A. K. (2025). Performance Analysis Of Artificial Intelligence Tools In Digitization Of Lost Cultural Heritage: Saray-I Amire. Turkish Journal of Forest Science, 9(1), 12-24.
Prados-Peña MB, Pavlidis G, García-López A (2025), "New technologies for the conservation and preservation of cultural heritage through a bibliometric analysis". Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Vol. 15 No. 3 pp. 664–686.
Zhao, M., Wu, X., Liao, H. T., & Liu, Y. (2020, April). Exploring research fronts and topics of Big Data and Artificial Intelligence application for cultural heritage and museum research. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 806, No. 1, p. 012036). IOP Publishing.

ULUSLARARASI TÜRK KLASİK BATI MÜZİĞİ PİYANO İCRACILARININ ÇIKARDIĞI ALBÜMLERİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Hakan BAĞCI
Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bölümü, E-posta:
ORCID ID*: 0000-0001-5312-3168*
Erhan Furkan ALAN
Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzikoloji/Performans Programı
ORCID ID: 0009-0008-5372-1908

Özet
Müzik tarihinde piyano icracılığı, 19. yüzyıldan günümüze uzanan süreçte teknolojik gelişmelerle paralel olarak evrilmiş; taş plaklardan manyetik bantlara, kompakt disklerden günümüzün dijital akış platformlarına kadar geniş bir diskografi alanı oluşturmuştur. Bu devinim içerisinde Türk piyanistleri, hem ulusal kimliklerini hem de evrensel müzik literatüründeki yetkinliklerini sergiledikleri kayıtlarla önemli bir külliyat meydana getirmişlerdir. Mevcut çalışma, uluslararası düzeyde tanınırlığa sahip Türk klasik batı müziği piyanistlerinin yayımladıkları albümleri; repertuvar tercihleri, seçilen besteciler, dönem üslupları ve kayıt kronolojisi bağlamında ayrıntılı bir biçimde incelemek amacıyla hazırlanmıştır.

Araştırmada, nitel araştırma desenlerinden tarama (survey) modeli kullanılmış ve veriler kapsamlı bir doküman incelemesi yoluyla elde edilmiştir. Çalışmanın örneklem grubunu, Türkiye'de ve uluslararası sahne üzerinde kariyerini kanıtlamış, diskografisinde en az beş adet solo albüm kaydı bulunan on (10) piyano icracısının yayımladığı ilk beş albüm oluşturmaktadır. Toplamda 50 albüm üzerinden yapılan bu analizle, piyanistlerin eser seçimindeki ortak eğilimleri, Türk piyano çalışmalarının tarihsel gelişimi ve kayıt endüstrisindeki güncel durum verilerle ortaya konulmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, Türk piyanistlerin albüm üretiminin 1983-2004 yılları arasında dijital kayıt teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte en verimli dönemini yaşadığını göstermektedir. 2005 yılından itibaren ise internet tabanlı tüketim alışkanlıklarının ve streaming servislerinin yükselişiyle, geleneksel fiziki albüm formatından uzaklaşıldığı ve tekli (single) yayınlara bir eğilim olduğu saptanmıştır. Ayrıca icracıların repertuvar tercihlerinde Türk beşleri ve çağdaş Türk bestecileri ile Batılı besteciler arasında dengeli bir dağılım gözetildiği, içeriklerin ise teknik ve duygusal ifade olanakları nedeniyle ağırlıklı olarak Romantik dönem eserlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın, müzikoloji ve diskografi alanında araştırma yapacak uzmanlar ile profesyonel albüm hazırlığındaki icracılar için kuramsal bir kaynak teşkil edeceği öngörülmektedir.
Anahtar Kelimeler: *Piyano, Piyano İcrası, Türk Piyanistler, Diskografi, Müzik Kayıtları.*

INVESTIGATION OF ALBUMS RELEASED BY INTERNATIONAL TURKISH PIANO PERFORMERS IN CLASSICAL MUSIC

Abstract

In the history of music, piano performance has evolved in parallel with technological advancements from the 19th century to the present day, creating a vast discography spanning from shellac records to magnetic tapes, from compact discs to today's digital streaming platforms. Within this evolution, Turkish pianists have produced a significant body of work through recordings that showcase both their national identity and their mastery of the universal musical repertoire. The present study has been prepared with the aim of examining in detail the albums released by Turkish classical Western music pianists of international renown, within the context of their repertoire choices, selected composers, stylistic periods and recording chronology.

The study employed the survey model from qualitative research designs, and data were obtained through a comprehensive document review. The sample group consists of the first five albums released by ten (10) pianists who have established their careers both in Turkey and on the international stage and have at least five solo albums in their discography. Through this analysis of a total of 50 albums, the common trends in the pianists' choice of repertoire, the historical development of Turkish piano works, and the current state of the recording industry have been revealed through the data.

The findings of the research indicate that Turkish pianists' album production reached its peak between 1983 and 2004, coinciding with the widespread adoption of digital recording technologies. From 2005 onwards, however, with the rise of internet-based consumption habits and streaming services, a shift away from the traditional physical album format and a trend towards single releases was observed. Furthermore, it was found that performers maintained a balanced distribution in their repertoire choices between the 'Turkish Five' and contemporary Turkish composers on the one hand, and Western composers on the other; the content, however, consisted predominantly of works from the Romantic period due to the technical and emotional expressive possibilities they offer. It is anticipated that this study will serve as a theoretical resource for specialists conducting research in musicology and discography, as well as for performers preparing professional albums.

Keywords: *Piano, Piano Performance, Turkish Pianists, Discography, Music Recordings.*

KAMU İHALE KURUMU (KİK) VE FIDIC SÖZLEŞMELERİ BAĞLAMINDA, PROJELERDE ORTAYA ÇIKAN UYUŞMAZLIKLARIN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Murat DEMİR
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. **ORCID ID**: 0009-0001-1606-6034

Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. **ORCID ID**: 0000-0002-4405-9341

ÖZET
Bu çalışma, Kamu İhale Kurumu (KİK) mevzuatı ile FIDIC sözleşme şartlarını, inşaat projelerinde ortaya çıkan uyuşmazlıkların çözümü bakımından mühendislik yönetimi perspektifiyle karşılaştır-maktadır. Araştırmada süre uzatımı, hakediş, fiyat farkı, proje değişikliği, kabul ve ödeme uyuşmazlıkları temel inceleme alanları olarak belirlenmiştir. KİK rejiminde idari başvuru, kurul incelemesi ve yargı denetimi; FIDIC rejiminde ise bildirim, talep, Mühendis kararı, Uyuşmazlık Çözüm/Önleme Kurulu (DAB/DAAB), askıya alma ve tahkim mekanizmaları birlikte değerlendirilmiştir. Nitel ağırlıklı karşılaştırmalı analiz yöntemi benimsenmiş; vaka kartı tekniği aracılığıyla her uyuşmazlık türünde hangi karar testinin işletildiği incelenmiştir. Analiz; süre, maliyet, öngörülebilirlik, yönetilebilirlik ve belgelendirme yükü ölçütleri çerçevesinde yapılandırılmıştır. Bulgular, KİK tarafında dosya bütünlüğü, idari izlenebilirlik ve somut nedensellik ispatının; FIDIC tarafında ise süreç sıralaması, bildirim disiplini, usuli eşikler ve sözleşmesel risk tahsisinin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Geçici hakediş gecikmesinin otomatik süre hakkı doğurmadığı, fiyat farkının sorumluluk bazlı dönemsel ayrıştırmaya bağlı olduğu, bildirim süre aşımının FIDIC'te teknik olarak haklı talepleri dahi düşürebildiği ve DAB atama zincirindeki usul hatalarının esasa geçişi engelleye-bildiği vaka örnekleriyle somutlaştırılmıştır. Sonuç olarak çalışma, uyuşmazlık çözüm performansının yalnızca hukuki dayanaklara değil; kayıt kalitesine, sözleşme yönetimine ve proje kontrol disiplinine doğrudan bağlı olduğunu göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Kamu İhale Kurumu, FIDIC, sözleşme yönetimi, uyuşmazlık çözümü, inşaat projeleri

COMPARATIVE ANALYSIS OF DISPUTE RESOLUTION METHODS IN PROJECTS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TURKISH PUBLIC PROCUREMENT AUTHORITY (PPA) AND FIDIC

ABSTRACT

This study comparatively examines dispute resolution mechanisms in construction projects under Turkish Public Procurement Authority (KIK/PPA) regulations and FIDIC conditions of contract from an engineering management perspective. Core dispute areas include extensions of time, interim payments, price adjustment, variations, acceptance, and payment-related conflicts. Under the KIK regime, administrative applications, board reviews, and judicial control are assessed; under the FIDIC regime, notice and claim procedures, Engineer decisions, DAB/DAAB mechanisms, suspension, and arbitration are evaluated together. A qualitative comparative analysis method is adopted, and the case card technique is used to identify the operative decision tests in each dispute type. The analysis is structured around time, cost, predictability, manageability, and documentation burden. Findings reveal that file integrity, administrative traceability, and proof of concrete causation are decisive under the KIK regime, whereas procedural sequencing, notice discipline, contractual thresholds, and risk allocation play central roles under the FIDIC regime. Case findings demonstrate that delayed interim payments do not automatically generate extension of time rights, price adjustments depend on period-based responsibility allocation, notice time-bar provisions can extinguish even technically valid FIDIC claims, and procedural errors in DAB appointments may prevent the merits from being reached. Overall, the study shows that dispute resolution performance depends not only on legal grounds but also on record quality, contract administration, and project control discipline.

Keywords: Public Procurement Authority, FIDIC, contract administration, dispute resolution, construction projects

GİRİŞ

İnşaat projeleri; teknik tasarım, maliyet kontrolü, süre yönetimi, tedarik süreçleri, saha koşulları ve çok taraflı sözleşmesel ilişkilerin eş zamanlı olarak yürütüldüğü karmaşık üretim süreçleridir. Bu çok değişkenli yapı, projelerde uyuşmazlık riskini sürekli hale getirmekte; özellikle süre uzatımı, hakedişi, fiyat farkı, değişiklik talimatı, kabul işlemleri ve ödeme yükümlülükleri gibi alanlarda taraflar arasında farklı yorumların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle uyuşmazlıklar yalnızca hukuki bir sorun olarak değil, proje performansını doğrudan etkileyen bir mühendislik yönetimi problemi olarak ele alınmalıdır. Uyuşmazlığın ne zaman tespit edildiği, nasıl kayda geçirildiği, hangi belgelerle desteklendiği ve hangi karar merciine hangi usul sırasıyla taşındığı, projenin süre ve maliyet sonuçları üzerinde belirleyici olabilmektedir.

Türkiye'de kamu yapım işleri ağırlıklı olarak 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ve 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu çerçevesinde yürütülmektedir. Bu sistemde kamu kaynağının korunması, idari denetim, saydamlık ve mevzuata uygunluk temel ilkeler olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, uluslararası projelerde ve dış finansmanlı yapım işlerinde FIDIC sözleşme şartları yaygın biçimde kullanılmakta; bu modelde bildirim, talep, Mühendis kararı, Uyuşmazlık Çözüm/Önleme Kurulu ve tahkim gibi sözleşmesel basamaklar merkezi rol üstlenmektedir. Bu yönüyle KİK ve FIDIC rejimleri yalnızca farklı sözleşme metinlerini değil, aynı zamanda farklı uyuşmazlık yönetimi anlayışlarını temsil etmektedir.

KİK rejiminde uyuşmazlık çözümü çoğu zaman idari dosya bütünlüğü, teknik gerekçelendirme, onay süreçleri ve yargısal denetim ekseninde gelişmektedir. Hakediş, süre uzatımı veya kabul

işlemleriyle ilgili taleplerin başarı şansı; olayın sahadaki etkisinin somut kayıtlarla gösterilmesine, karar mercilerine sunulan dosyanın izlenebilir olmasına ve talebin mevzuatla kurulabilen nedensellik bağına bağlıdır. FIDIC rejiminde ise uyuşmazlık çözüm süreci daha sözleşmesel ve aşamalı bir karakter taşımaktadır. Bildirim süreleri, talep dosyalarının zamanlaması, Mühendis değerlendirmesi, DAB/DAAB süreci ve tahkim öncesi dostane çözüm aşamaları, hakkın varlığı kadar hakkın usulüne uygun kullanılmasını da belirleyici hale getirmektedir.

Literatürde KİK ve FIDIC karşılaştırmaları çoğunlukla hukuki metinler, sözleşme tipleri veya ihale rejimleri üzerinden yapılmaktadır. Bununla birlikte uygulamada uyuşmazlıkların kaderini belirleyen unsur, yalnızca ilgili maddenin içeriği değil, bu maddenin proje yönetimi pratiğinde nasıl işletildiğidir. Bildirim zamanlaması, saha günlükleri, metraj kayıtları, kritik yol analizleri, hakediş belgeleri, değişiklik yazışmaları ve kabul tutanakları gibi teknik belgeler uyuşmazlığın hukuki sonucunu şe-killendiren mühendislik verilerine dönüşmektedir. Bu nedenle çalışma, KİK ve FIDIC rejimlerini sadece normatif açıdan değil, süre, maliyet, öngörülebilirlik, yönetilebilirlik ve belgelendirme yükü bakımından karşılaştırmaktadır.

Bu bildirinin amacı, KİK ve FIDIC sözleşme rejimlerinde inşaat projelerinde ortaya çıkan uyuşmazlık çözüm mekanizmalarını mühendislik yönetimi perspektifiyle karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çalışma, seçilmiş vaka kartları aracılığıyla her iki rejimde hangi karar testlerinin işletildiğini ortaya koymakta; uyuşmazlık çözüm performansının kayıt kalitesi, bildirim disiplini ve proje kontrol sistemiyle ilişkisini tartışmaktadır. Bu kapsamda araştırma, hem akademik literatüre karşılaştır-malı bir katkı sunmayı hem de uygulayıcılara uyuşmazlıkların önlenmesi ve yönetilmesi konusunda uygulanabilir bir değerlendirme çerçevesi sağlamayı hedeflemektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada nitel ağırlıklı karşılaştırmalı analiz tasarımı benimsenmiştir. Araştırmanın temel sorusu, KİK ve FIDIC rejimlerinin benzer uyuşmazlık tipleri karşısında hangi farklı süreç dinamiklerini ürettiğidir. Bu nedenle yöntem, yalnızca kanun ve sözleşme metinlerinin karşılaştırılmasıyla sınırlı tutulmamış; söz konusu metinlerin proje yönetimi pratiğinde doğurduğu sonuçların izlenmesine de odaklanmıştır. Başka bir ifadeyle çalışma, hukuki metin incelemesini saha davranışı ve karar süreçleriyle ilişkilendiren bütünleşik bir araştırma kurgusuna sahiptir.

Araştırma üç tamamlayıcı katmandan oluşmaktadır. Birinci katman normatif çözümlemedir. Bu aşamada 4734 ve 4735 sayılı kanunlar, ilgili kamu ihale mevzuatı, FIDIC sözleşme şartları ve uyuşmazlık çözüm basamakları sistematik olarak ayrıştırılmıştır. İkinci katman süreç çözümlemesidir. Bu aşamada uyuşmazlıkların hangi aşamada tıkandığı, kararın hangi mercide üretildiği ve karar sürecinin süre ile maliyet üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üçüncü katman ise uygulama katmanıdır. Bu aşamada seçilmiş vakalar üzerinden teorik çerçevenin pratik karşılığı değerlendirilmiştir.

Veri seti üç ana kaynaktan oluşturulmuştur: birincil düzenleyici metinler, ikincil akademik literatür ve vaka odaklı uygulama belgeleri. Birincil kaynak grubunda Kamu İhale Kurumu düzenlemeleri, 4734 ve 4735 sayılı kanunlar ile FIDIC 1999 ve 2017 Kırmızı Kitap şartları yer almıştır. İkincil kaynak grubunda hakemli makaleler, tezler ve uyuşmazlık çözüm yöntemlerini tartışan akademik çalışmalar kullanılmıştır. Vaka grubunda ise uyuşmazlık akışının izlenebildiği, süreç adımlarının ayrıştırılabildiği ve karar sonucunun projeye etkisinin görülebildiği örnekler tercih edilmiştir.

Vaka seçimi amaçlı örnekleme yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç, istatistiksel tem-sil üretmekten ziyade, karşılaştırmalı analiz bakımından yüksek açıklama gücüne sahip örnekleri belirlemektir. Bu nedenle her vakanın iki temel koşulu sağlaması aranmıştır:

uyuşmazlığın başlangıcından karar aşamasına kadar süreç izinin takip edilebilir olması ve kararın proje performansı üzerindeki etkisinin değerlendirilebilir nitelik taşıması. Bu kapsamda KİK bağlamında beş, FIDIC bağlamında beş olmak üzere toplam on vaka incelenmiştir.

Vaka kartları, çalışmanın temel analitik aracı olarak kullanılmıştır. Her vaka kartında uyuşmazlık tipi, tetikleyici olay, rejim, dayanak norm, gerekli bildirim, kritik belge/kayıt, karar mercii, karar testi, süre etkisi, maliyet etkisi, öngörülebilirlik/yönetilebilirlik ve mühendislik yorumu alanları yer almıştır. Böylece KİK ve FIDIC örnekleri aynı çözümleme mantığıyla değerlendirilmiş; farklı rejimlere ait uyuşmazlıklar ortak bir analitik matris içinde karşılaştırılabilir hale getirilmiştir.

Karşılaştırma ölçütleri beş başlıkta toplanmıştır: süre etkisi, maliyet etkisi, öngörülebilirlik, süreç yönetilebilirliği ve belgelendirme yükü. Süre etkisi, uyuşmazlığın proje takvimine ve kritik faaliyetlere etkisini; maliyet etkisi, ek ödeme, fiyat farkı, revize fiyat veya finansman sonucu doğurup doğurmadığını; öngörülebilirlik, tarafların karar sonucunu önceden tahmin edebilme düzeyini; yönetilebilirlik, uyuşmazlığın proje akışını kesmeden çözülebilme kapasitesini; belgelendirme yükü ise talebin ispatı için gerekli kayıt yoğunluğunu ifade etmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları, KİK ve FIDIC rejimlerinde uyuşmazlıkların benzer teknik sorunlardan kaynaklansa dahi farklı karar mantıkları içinde sonuçlandığını göstermektedir. Her iki rejimde de uyuşmazlıkların merkezinde süre, maliyet, değişiklik yönetimi, ödeme ve kabul süreçleri yer almakta; bununla birlikte uyuşmazlığın değerlendirilme biçimi, belirleyici kayıt türleri ve kararın tabi olduğu usuli eşikler rejime göre farklılaşmaktadır.

KİK bağlamında incelenen vakalar; geç hakediş ödemesi kaynaklı süre uzatımı, uzatılan sürede fiyat farkı talebi, uygulama projelerinin geç teslimi, revize fiyat tespiti ve proje değişikliği uyuşmazlığı ile geçici kabul itibar tarihi uyuşmazlığı başlıklarında yoğunlaşmıştır. Bu vakalar birlikte değerlen-dirildiğinde, KİK rejiminde uyuşmazlıkların çoğu zaman teknik gerekçenin varlığından ziyade süreç yönetiminin niteliği üzerinden şekillendiği görülmektedir. Hakediş ödemesindeki gecikme tek başına otomatik süre uzatımı sonucu doğurmamakta; gecikmenin sahadaki fiili üretimi durdurduğu veya yavaşlattığı somut kayıtlarla ortaya konulmalıdır. Benzer biçimde, uygulama projelerinin geç teslimi durumunda gecikmenin hangi faaliyetleri ne ölçüde etkilediğinin faaliyet bazında gösterilmesi gerekmektedir.

Maliyet boyutunda KİK vakaları, ek ödeme ve fiyat farkı taleplerinin otomatik sonuçlar üretmediğini göstermektedir. Uzatılan sürenin tamamı için fiyat farkı ödenmesi yerine, gecikme dönemlerinin sorumluluk temelinde ayrıştırılması gerekmektedir. Proje değişikliği ve revize fiyat tespiti uyuşmazlıklarında ise yeni fiyatlandırmaya doğrudan gidilmemekte; öncelikle revize imalatın mevcut sözleşme kalemleriyle eşleştirilip eşleştirilemeyeceği incelenmektedir. Kabul aşamasında ortaya çıkan uyuşmazlıklarda ise sorun çoğu zaman eksik veya kusurlu unsurun varlığından ziyade, bu unsurun kabulü engelleyici nitelikte sayılıp sayılmayacağı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

FIDIC bağlamında incelenen vakalar; mevzuat değişikliğinden kaynaklanan ek maliyet talebi, ön-görülemeyen fiziki koşullar, DAB atama usulü ve karar zinciri, değişiklik talimatının kapsam ve bedel etkisi ile finansal düzenlemeler nedeniyle işin askıya alınması başlıklarında değerlendirilmiş-tir. Bu vakalar, FIDIC rejiminde uyuşmazlık çözümünün yalnızca teknik haklılıkla değil, sözleşmesel usul sırasına uyumla belirlendiğini ortaya koymaktadır. Bildirim süreleri, talep dosyasının kapsamı, Mühendis kararının gerekçesi ve DAB/DAAB sürecinin doğru işletilmesi, uyuşmazlığın esastan incelenebilmesi için ön koşul niteliği taşımaktadır.

FIDIC rejiminde süre etkisi bakımından en belirgin bulgu, bildirim ve talep takviminin kritik önemidir. Teknik olarak haklı görülebilecek bir talep, süresinde bildirilmediğinde veya gerekli

belgelerle desteklenmediğinde hak kaybına yol açabilmektedir. Öngörülemeyen fiziki koşullar veya değişiklik talimatları gibi durumlarda yüklenicinin yalnızca olayın meydana geldiğini göstermesi yeterli değildir; olayın deneyimli bir yüklenici tarafından öngörülemeyecek nitelikte olduğunu, kritik faaliyetlere etkisini ve maliyet sonucunu sözleşmede öngörülen sırayla ortaya koyması gerekir. Bu durum, FIDIC'in uyuşmazlık çözüm kapasitesini güçlü kılmakla birlikte, usul disiplini zayıf olduğunda teknik haklılığın korunmasını zorlaştırmaktadır.

DAB/DAAB mekanizması FIDIC rejiminin ayırt edici unsurudur. Bu mekanizma, uyuşmazlıkların tahkime gitmeden önce teknik ve sözleşmesel uzmanlıkla değerlendirilmesini hedeflemektedir. Ancak DAB atama zincirindeki usul hataları, kararın esasına geçilmesini engelleyebilmekte veya tahkim aşamasında yetki tartışmaları doğurabilmektedir. Bu nedenle FIDIC projelerinde uyuşmazlık çözüm kurulu yalnızca bir karar organı değil, proje boyunca izlenmesi gereken bir sözleşme yönetimi aracıdır. Kurulun zamanında kurulması, başvuru usulünün doğru işletilmesi ve kararların proje kayıtlarıyla desteklenmesi yönetilebilirliği artırmaktadır.

KİK ve FIDIC rejimlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi Tablo 1'de özetlenmektedir. Tablo, iki rejimin aynı uyuşmazlık türlerinde farklı performans koşulları ürettiğini göstermektedir.

Tablo 1 *KİK ve FIDIC rejimlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi*

Ölçüt	**KİK Rejimi**	**FIDIC Rejimi**
Süre etkisi	İdari süreç yoğunluğu ve dosya kalitesine bağlıdır; kritik yol etkisinin somut kayıtlarla ispatı gerekir.	Bildirim-talep takvimi süreyi doğrudan etkiler; geç bildirim hak kaybına yol açabilir.
Maliyet etkisi	Dönemsel sorumluluk ayrımı, hakediş belgeleri ve sözleşme kalemi eşleştirmesi belirleyicidir.	Risk tahsisi, bildirim disiplini ve talep dosyasının kapsamı maliyet sonucunu belirler.
Öngörülebilirlik	Belge kalitesi, idari izlenebilirlik ve mevzuata uygun gerekçelendirme ile artar.	Prosedürel kurallar nettir; ancak süreç disiplini zayıfsa öngörülebilirlik düşer.
Yönetilebilirlik	Kayıt tabanlı süreç yönetimi ve idari dosya bütünlüğü kritik rol oynar.	Proaktif talep yönetimi, Mühendis kararı ve DAB/DAAB süreci yönetilebilirliği artırır.
Belgelendirme yükü	Teknik raporlar, günlükler, metrajlar, hakediş belgeleri ve kabul tutanakları öne çıkar.	Bildirim zincirleri, talep dosyaları, etki analizleri, DAB kayıtları ve yazışma takvimi öne çıkar.

Bulgular, KİK rejiminde uyuşmazlık performansının büyük ölçüde dosya mimarisine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. İdareye sunulan talebin açık, izlenebilir ve teknik olarak gerekçelendirilmiş olması; olay ile sonuç arasındaki nedensellik bağının kurulması; hakediş, metraj, saha günlükleri ve kabul belgelerinin birbiriyle çelişmemesi karar kalitesini artırmaktadır. Bu nedenle KİK projelerinde kayıt yönetimi yalnızca arşivleme faaliyeti değil, uyuşmazlık çözümünün temel ispat mekanizmasıdır.

FIDIC rejiminde ise uyuşmazlık performansını belirleyen ana değişken, süreç sırasının korunmasıdır. Bildirim, ayrıntılı talep, Mühendis değerlendirmesi, DAB/DAAB başvurusu, dostane çözüm ve tahkim zinciri; yalnızca şekli bir prosedür değil, hakkın kullanılabilmesi için kurucu bir süreçtir. Bu zincirdeki aksama, teknik olarak haklı taleplerin dahi zayıflamasına yol

açabilmektedir. Buna karşılık süreç disiplininin güçlü olduğu projelerde FIDIC rejimi, uyuşmazlıkları erken aşamada tanımlama ve tahkime gitmeden yönetme bakımından önemli avantajlar sunmaktadır.

Her iki rejim bakımından ulaşılan ortak sonuç, erken uyarı ve düzenli dokümantasyonun uyuşmazlıkların sıklığını, şiddetini ve yönetilebilirliğini belirgin biçimde etkilediğidir. KİK rejiminde kayıt çoğunlukla olay ile karar arasındaki nedensellik köprüsünü kurarken, FIDIC rejiminde kayıt ve bildirim disiplini hakkın korunması bakımından kurucu bir işlev üstlenmektedir. Bu nedenle uyuşmazlık çözümü, proje sonunda başvurulan reaktif bir hukuk süreci olarak değil, proje başlangıcından itibaren işletilen proaktif bir kontrol sistemi olarak tasarlanmalıdır.

SONUÇLAR

Bu çalışma, KİK ve FIDIC rejimlerinde inşaat projelerinde ortaya çıkan uyuşmazlık çözüm mekanizmalarını mühendislik yönetimi perspektifiyle karşılaştırmış ve uyuşmazlık performansının yalnızca hukuki dayanaklarla açıklanamayacağını ortaya koymuştur. İncelenen vakalar, her iki rejimde de teknik haklılığın tek başına yeterli olmadığını; kayıt kalitesi, bildirim disiplini, süreç sıralaması ve karar merciine sunulan dosyanın bütünlüğünün belirleyici olduğunu göstermektedir.

KİK rejiminde uyuşmazlık çözümü, idari izlenebilirlik ve somut nedensellik ispatı etrafında şekillenmektedir. Hakediş gecikmesi, proje teslimindeki aksama, fiyat farkı veya kabul uyuşmazlığı gibi durumlarda talebin kabul edilebilirliği, olayın proje süresine ve maliyetine etkisinin teknik belgelerle kanıtlanmasına bağlıdır. Bu nedenle KİK projelerinde saha kayıtları, metrajlar, hakediş belgeleri, yazışmalar ve kabul tutanakları bütünleşmiş bir dosya mimarisi içinde yönetilmelidir.

FIDIC rejiminde ise uyuşmazlık çözümü, sözleşmesel usul zincirinin doğru işletilmesine bağlıdır. Bildirim sürelerine uyulmaması, talep dosyasının eksik kurulması veya DAB/DAAB sürecindeki usul hataları, teknik bakımdan güçlü taleplerin dahi sonuçsuz kalmasına neden olabilmektedir. Buna karşılık FIDIC sisteminde bildirim, Mühendis kararı ve uyuşmazlık kurulu mekanizmaları zamanında ve doğru işletildiğinde, uyuşmazlıkların proje akışını kesmeden yönetilmesi mümkün hale gelmektedir.

Çalışmanın uygulamaya yönelik temel önerisi, uyuşmazlık yönetiminin proje başlangıcında planlanmasıdır. Proje başında bildirim, kayıt, onay, hakediş, değişiklik ve talep adımları sorumluluk temelli bir takvime bağlanmalı; kritik yol, maliyet, metraj ve yazışma verileri ortak bir izleme sistemi içinde tutulmalıdır. KİK projelerinde standart kayıt paketleri ve kabul-kapanış kontrol listeleri; FIDIC projelerinde ise bildirim takipçisi (notice tracker), talep dosyası şablonları ve DAB/DAAB süreç kontrol listeleri kullanılmalıdır.

Sonuç olarak KİK ve FIDIC rejimleri arasında mutlak bir üstünlük ilişkisi kurmak yerine, her rejimin kendi karar mantığını ve yönetimsel gerekliliklerini doğru okumak daha tutarlı bir yaklaşımdır. KİK rejimi güçlü bir idari izlenebilirlik ve kamu denetimi çerçevesi sunarken, FIDIC rejimi proaktif bildirim ve çok aşamalı uyuşmazlık çözüm mimarisiyle öne çıkmaktadır. Her iki sistemde de başarılı uyuşmazlık yönetiminin ortak koşulu; düzenli dokümantasyon, erken uyarı, teknik gerekçelendirme ve disiplinli sözleşme yönetimidir.

KAYNAKÇA

Alpkokin, P. (2017). Türk inşaat sektöründe uyuşmazlık çözüm kurulu uygulamaları. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(2), 674–683.*

Can, M. (2025). Uluslararası inşaat sözleşmelerinde (FIDIC Kırmızı Kitap 1999 kapsamında) işin askıya alınması. *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, 31(1), 1127–1137.*

Delibaş Şen, B. ve Erbaş, I. (2022). Yapım aşamasında ortaya çıkan uyuşmazlıkların çözüm yol-ları: KİK ve FIDIC dokümanları üzerinden bir karşılaştırma. *PLANARCH – Design and Planning Research, 6(2), 47–56.*
Demirboga, D. A. (2017). Kamu ihale sözleşmesinin yapılması usulleri (ihale usulleri). *Uyuşmazlık Mahkemesi Dergisi, 181–201.*
Devran, B. (2026). İnşaat sözleşmelerinde idari sebeple süre uzatımı. *Ankara Barosu Dergisi, 84(1), 407–445.*
FIDIC (1999). Conditions of Contract for Construction, 1st Edition (1999 Red Book). *Geneva: FIDIC.*
FIDIC (2017). Conditions of Contract for Construction, 2nd Edition (2017 Red Book). *Geneva: FIDIC.*
Kamu İhale Kurumu (2002a). 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu. Ankara: KİK.
Kamu İhale Kurumu (2002b). 4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu. Ankara: KİK.
Koksal, T. (2010). Uluslararası inşaat sözleşmesi modeli olarak FIDIC inşaat işleri sözleşme şartları. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(1), 85–110.*
Sütçü, O. (2020). Yapım işi ihalelerinde 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ile FIDIC (Kırmızı Ki-tap) standart sözleşmelerinin karşılaştırmalı analizi. *Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.*
Tüzemen Atik, E. (2014). FIDIC Kırmızı Kitap kuralları uyarınca inşaat sözleşmelerinde müteahhidin sorumluluğu. *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 18(2).*
Ün, B., Alboğa, O. ve Erdiş, E. (2023). İnşaat sözleşmeleri kaynaklı uyuşmazlıkların Yargıtay kararları özelinde incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(Ek Sayı), 168–183.*

AKTİF GIDA AMBALAJ FİLMLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞAL EKSTRAKT VE EMÜLGATÖR ETKİSİ

Gizem ÇAKMAK
Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Türkiye.
ORCID ID: 0009-0008-1379-1020
Doç. Dr. Fatma Nur PARIN
Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0003-2048-2951

ÖZET

Günümüzde çevre dostu, biyobozunur ve sürdürülebilir ambalaj materyallerine olan ilgi giderek artmaktadır. Petrol bazlı plastiklerin çevresel sorunlara yol açması nedeniyle, doğal ve biyopolimer esaslı alternatif materyaller üzerine yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Bu kapsamda, biyouyumlu ve film oluşturma kapasitesi yüksek olan polivinil alkol (PVA) ile doğal, toksik olmayan ve antimikrobiyal özelliklere sahip kitosan dikkat çeken polimerler arasında yer almaktadır. PVA, yüksek mekanik dayanım ve esneklik özellikleri sayesinde film yapımında yaygın olarak tercih edilirken, kitosan ise biyobozunur yapısı ve biyolojik aktivitesi sayesinde aktif gıda ambalajı uygulamalarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu iki polimerin birlikte kullanılmasıyla mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikleri geliştirilmiş, fonksiyonel biyofilm yapılarının elde edilmesi mümkün olmaktadır. Siyah üzüm kabuğu, yüksek fenolik bileşik ve doğal pigment içeriği sayesinde biyobozunur film sistemlerinde kullanılabilecek doğal katkılar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, doğal ekstraktların film yapısına ilavesi; mekanik dayanım, esneklik ve yüzey özellikleri gibi film performansını doğrudan etkileyebilmektedir. Benzer şekilde, emülgatör kullanımı da film matrisi içerisindeki dağılımı ve yapı bütünlüğünü etkileyerek fiziksel ve mekanik özelliklerde değişimlere neden olabilmektedir.
Bu çalışmada, PVA/kitosan bazlı aktif biyofilmler üretilmiş ve siyah üzüm kabuğu ekstresi film formülasyonuna polimere göre %5, %10 ve %15 oranlarında ilave edilmiştir. Ayrıca, film yapısındaki dağılım ve yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla Tween 80 iki farklı konsantrasyonda kullanılmıştır. Çalışmanın temel amacı, doğal ekstrakt miktarı ile emülgatör içeriğindeki değişimlerin özellikle filmlerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek ve bu değişimlerin fiziksel ile morfolojik özelliklere yansımalarını karşılaştırmalı olarak incelemektir.
Anahtar kelimeler: Gıda ambalajı, çözücü döküm, kitosan, PVA, siyah üzüm kabuğu, mekanik özellikler

EFFECTS OF NATURAL EXTRACT AND EMULSIFIER ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF ACTIVE FOOD PACKAGING FILMS

ABSTRACT

Nowadays, interest in environmentally friendly, biodegradable, and sustainable packaging materials is increasing steadily. Due to the environmental problems caused by petroleum-based plastics, studies on natural and biopolymer-based alternative materials have gained importance. In this context, polyvinyl alcohol (PVA), which is biocompatible and has a high film-forming

capacity, and chitosan, which is natural, non-toxic, and possesses antimicrobial properties, are among the remarkable polymers. While PVA is widely preferred in film production due to its high mechanical strength and flexibility properties, chitosan provides significant advantages in active food packaging applications thanks to its biodegradable structure and biological activity. By using these two polymers together, it becomes possible to obtain functional biofilm structures with improved mechanical, physical and morphological properties. Black grape peel is among the natural additives that can be used in biodegradable film systems due to its high phenolic compound and natural pigment content. However, the incorporation of natural extracts into the film structure may directly affect film performance such as mechanical strength, flexibility, and surface properties. Similarly, the use of emulsifiers may also cause changes in physical and mechanical properties by affecting the distribution within the film matrix and the structural integrity.

In this study, PVA/chitosan-based active biofilms were produced, and black grape peel extract was added to the film formulation at ratios of 5%, 10%, and 15% based on the polymer. In addition, Tween 80 was used at two different concentrations in order to improve the distribution and surface properties within the film structure. The main aim of the study is to determine the effects of changes in the amount of natural extract and emulsifier content, particularly on the mechanical properties of the films, and to comparatively investigate the reflections of these changes on the physical and morphological properties.

Keywords: Food packaging, solvent casting, chitosan, PVA, black grape peel. Mechanical properties

KAHVE MAKINESI BILEŞENLERI IÇIN KULLANIM SONU STRATEJISI SEÇIMINDE BULANIK AKSIYOMATIK TASARIM YAKLAŞIMI: BULANIK TOPSIS ILE KARŞILAŞTIRMALI BIR ÇALIŞMA

Monypanchakrith SOUS
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara
ORCID: 0009-0006-5928-3393

Sena AYDOĞAN
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara ORCID: 0000-0003-1267-1779

Özet
Uygun bir Kullanım Sonu (End-of-Life, EOL) stratejisinin seçilmesi, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir ürün tasarımının temel unsurlarından biridir; ancak değerlendirme kriterleri doğası gereği öznel ve dilsel yapıdadır. Bununla birlikte, çoğu EOL değerlendirmesi büyük ölçüde dilsel değerlendirmeler şeklinde ifade edilen öznel uzman yargılarına dayandığından, geleneksel deterministik yaklaşımlar sağlam karar verme açısından yetersiz kalmaktadır. Bu sınırlılığı ele almak amacıyla, bu çalışma belirsizlik altında ürün bileşenleri için EOL stratejileri önermek üzere üçgensel bulanık sayılara (Triangular Fuzzy Numbers, TFNs) dayalı Bilgi Aksiyomu temelli bir Bulanık Aksiyomatik Tasarım (Fuzzy Axiomatic Design, FAD) çerçevesi önermektedir. Yeniden Kullanım (Reuse), Yeniden Üretim (Remanufacturing), Birincil Geri Dönüşüm (Primary Recycle), İkincil Geri Dönüşüm (Secondary Recycle), Yakma (Incineration) ve Düzenli Depolama (Landfill) olmak üzere altı EOL stratejisi Tasarım Parametreleri (Design Parameters, DPs) olarak; 14 EOL değerlendirme kriteri ise Fonksiyonel Gereksinimler (Functional Requirements, FRs) olarak ele alınmıştır. Çerçeve, tasarım aralıkları ile sistem aralıkları arasındaki uyumluluğu bulanık bilgi içeriği hesaplamaları aracılığıyla değerlendirmekte olup, daha düşük bilgi içeriği daha yüksek uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik performansını göstermektedir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek amacıyla on bir ürün bileşeninden oluşan bir kahve makinesi vaka çalışması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ayrıca aynı veri kümesi kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, önerilen FAD yaklaşımının sonsuz bilgi içeriği aracılığıyla uygulanamazlık tespiti konusunda daha yüksek bir yeteneğe sahip olduğu ve böylece belirsizlik altında uygun olmayan EOL stratejilerinin daha katı bir şekilde belirlenmesini sağladığı gösterilmiştir. Karşılaştırmalı analiz, iki yöntemin her bir bileşen için farklı sıralamalar üretebildiğini ortaya koymakta olup, bu durum karar verme mantığındaki yapısal farklılıklara işaret etmektedir.
Anahtar Kelimeler: Bulanık Aksiyomatik Tasarım, Kullanım Ömrü Sonu (EOL), Bulanık TOPSIS, Sürdürülebilir Tasarım.

A FUZZY AXIOMATIC DESIGN APPROACH FOR END-OF-LIFE STRATEGY SELECTION OF COFFEE MAKER COMPONENTS: A COMPARATIVE STUDY WITH FUZZY TOPSIS

ABSTRACT

Selecting an appropriate End-of-Life (EOL) strategy is central to circular economy and sustainable product design, yet evaluation criteria are inherently subjective and linguistic. However, most EOL evaluations rely heavily on subjective expert judgments expressed through linguistic assessments, making conventional deterministic approaches insufficient for robust decision-making. To address this limitation, this paper proposes a Fuzzy Axiomatic Design (FAD) framework based on the Information Axiom with triangular fuzzy numbers (TFNs) to recommend EOL strategies for product components under uncertainty. Six EOL strategies Reuse, Remanufacturing, Primary Recycle, Secondary Recycle, Incineration, and Landfill; are treated as Design Parameters (DPs) and 14 EOL evaluation criteria are treated as Functional Requirements (FRs). the framework evaluates the compatibility between design ranges and system ranges through fuzzy information content calculations, where lower information content indicates higher feasibility and sustainability performance. A coffee maker case study consisting of eleven product components is used to demonstrate the applicability and effectiveness of the proposed method. The obtained results are further benchmarked against Fuzzy TOPSIS using the same dataset. In particular, it is shown that the proposed FAD approach has a better capability of infeasibility detection with infinite information content, providing a more rigorous identification of unsuitable EOL strategies under uncertainty. Comparative analysis reveals that the two methods may generate different rankings of each component, indicating inherent differences in decision logic.

Keywords: Fuzzy Axiomatic Design; End-of-Life; Fuzzy TOPSIS; Sustainable Design.

SCALING RENEWABLE ENERGY IN EGYPT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF A UTILITY-SCALE 3.5 GW PV STATION AGAINST GLOBAL BENCHMARKS AND LOCAL THERMAL GENERATION

Mohamed Shawki Negm
Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Sakarya, Turkey
ORCID ID: 0009-0000-7416-2334
Doç. Dr. Ceyda Aksoy Tırmıkçı
Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Sakarya, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-0354-4022

ABSTRACT
This paper presents a utility-scale 3.5GW solar farm project that is intended to operate in Egypt. Therefore, an investigation for the solar radiation of Egypt is conducted in order to determine the solar radiation parameters that would showcase the ability of whether Egypt can depend on solar renewable energy. The parameters indicated a high potential for Egypt to depend on solar energy for future solar stations. Afterwards, it is required to understand the implementation of such huge projects by investigating real projects that share the same scale as the proposed. Therefore, Midong solar farm in China is chosen for this study, where its main parameters will be highlighted. After that, the implementation of the solar farm is initiated in detail, where the estimated CAPEX, Cost Payback Time (CPBT) and Greenhouse Payback Time (GPBT) are reported. Afterwards, a comparison is conducted between the proposed project and the Midong solar farm to deliver more understanding for the project and showcase the advantages and disadvantages of the project compared to the Midong solar farm. Lastly, a comparison between the proposed solar farm and a natural gas electricity station project, which is built in Egypt, is conducted to highlight the importance of the dependency on solar energy and the potential of the proposed project.
Keywords: solar radiation, solar PV, Midong solar farm

1. INTRODUCTION
The world is gradually shifting its energy dependence towards renewable energy sources such as solar and wind. In this context, Egypt has a very high capacity to utilize solar energy, and this indicates that the country can rely on solar energy for its future power stations.
In this paper, a massive 3.5 GW solar PV project planned for operation in Egypt's Western Desert is introduced. This project is not merely a theoretical model, but an implementation step supported by real-world data. The aim of this study is to understand the feasibility of projects of this magnitude and to compare it to local thermal generation.
As a first step, the solar radiation parameters of Egypt and the best production criteria for solar panels have been determined, which is discussed in section 2. Then to understand the scale of the project, one of the world's largest projects, such as the Midong solar farm in China, was used as a reference for global benchmark. Therefore, this project will be discussed in section 3.1. At the next stage, in section 3.2, the proposed project is implemented, and critical data such as estimated cost of investment (CAPEX), Cost Payback Time (CPBT), and Greenhouse Payback Time (GPBT) have been reported as economic and environmental metrics. Finally, the importance of reliance on solar energy and the potential of the project are revealed by comparing the proposed project with existing natural gas power plants in Egypt. The comparison is conducted in section 4.

2. EGYPT'S SOLAR RADIATION

The first step in designing a suitable solar PV model is to obtain solid analysis about the solar radiation of the region that the model is designed to operate at. Thus, it's needed to obtain the Total Solar Tilted Irradiation, which is the sum of the beam and diffuse solar radiation on a surface (A & A., 2006), to understand the general radiation characteristics of Egypt. The reason behind that is to determine the ability to utilize the solar radiation in this region.

The methodology followed for the process will start from the end of the calculations line then get back to the main parameters and continue after that till the calculations of all main factors are covered.

The Total Solar Tilted Irradiation can be calculated using

$$H_T = H_B R_B + H_D R_D + H_\rho \left(\frac{1-cos\beta}{2}\right) \quad (1)$$

which was obtained from (Muneer, 2004) (Tırmıkçı, Yavuz, Özkurt, & Yavuz, 2025).
H_B and H_D are the beam radiation and the diffuse radiation on a horizontal surface, respectively. R_B and R_D are the beam and diffuse tilt coefficients, respectively. H represents horizontal irradiation. ρ is the ground reflectivity constant, and β is the tilt angle of the surface of the generator.

The next part will be to define the main constant factors in our model, starting with the tilt angle of the generator surface, which in our model defined as:

$$\beta = 31.236°$$

The next factor will be the Surface Azimuth angle, which defines the facing direction of the solar PV. it is defined as:

$$Az = 0°$$

The ground reflection (Albedo) constant, according to (Vincenzo, Daliento, & Dhimish, 2024), is defined as

$$\rho = 0.35$$

Additionally, the Solar Constant is given the average value as below:

$$G_{SC} = 1360$$

Then, the latitude angle of the chosen region is defined, which in our case will be Cairo as:

$$\phi = 3.44°$$

The last main constant is the total monthly Global Horizontal Irradiation (GHI), which is obtained using the Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), which is denoted as H and the values obtained are given in Table 1.

Table 1: Average Monthly GHI (kWh/m^2)

Month	H
January	3.70
February	4.52
March	5.79
April	6.98
May	7.54
June	7.81
July	8.17
August	7.53
September	6.37
October	4.97
November	3.90
December	3.34

The next part would be obtaining the daily extraterrestrial solar radiation which is expressed as:

$$H_{0_daily} = \frac{0.024}{\pi} \times G_{SC} \times \left(1 + 0.33cos\frac{2\pi N_{day}}{365}\right) \times \left(cos\phi\ cos\gamma\ sin\omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} sin\phi\ sin\gamma\right) \quad (7)$$

where N_{day} is the number of the day chosen to obtain its extraterrestrial solar radiation, ϕ is the latitude angle, γ is the declination angle, and ω_s is the sunrise hour angle.

$$\gamma = 23.45sin\left((N_{day} + 284)\frac{360}{365}\right) \quad (8)$$

$$\omega_s = cos^{-1}(-tan\phi\ tan\gamma) \quad (9)$$

Equations (8) and (9) are used to obtain the declination angle γ and the sunrise hour angle ω_s respectively.

After obtaining the daily extra-terrestrial solar radiation, it is needed to get the monthly average extra-terrestrial solar radiation H_0 to be used in the upcoming parts. Therefore, the average of each month is to be obtained using the collected daily values.

Before continuing, it is needed to note that H is the Global Horizontal Irradiation (GHI), which was obtained from PVGIS, and H_0 is the monthly average extra-terrestrial solar radiation. Both parameters will be used to obtain the Clearness Index K_t which would help us to obtain the Diffuse Fraction K_d using the model suitable to the region.

$$K_t = \frac{H}{H_0} \quad (10)$$

Now that the K_t is obtained, The Erbs et al. (1982) model for Cairo from (A & A., 2006) (Erbs, Klein, & Duffie, 1982) will be used to obtain the K_d parameter, which is:

$$K_d = \begin{cases} 1 - 0.09K_t & for\ K_t \leq 0.22 \\ 0.9511 - 0.1604K_t + 4.388{K_t}^2 - 16.638{K_t}^3 + 12.336{K_t}^4 & for\ 0.22 \leq K_t \leq 0.80 \\ 0.165 & for\ K_t > 0.80 \end{cases} \quad (11)$$

The next step would be to obtain the Beam Radiation H_B, the Diffuse Radiation H_D, and the Reflection Radiation H_R using the following equations:

$$H_D = H \times K_d \tag{12}$$

$$H_B = H - H_D \tag{13}$$

$$H_R = H \times \rho \times \left(\frac{1 - cos\beta}{2}\right) \tag{14}$$

The next part would be to obtain the Tilt Coefficients R_B and R_D using the following equations:

$$\dot{\omega}_s = min \begin{bmatrix} cos^{-1}(-tan\phi \times tan\gamma) \\ cos^{-1}(-tan\phi\ -\ \beta \times tan\gamma) \end{bmatrix} \tag{15}$$

$$R_B = \frac{\cos(\phi - \beta)\cos\gamma\sin\dot{\omega}_s + \frac{\pi}{180}\dot{\omega}_s \sin(\phi - \beta)\sin\gamma}{\cos\phi\cos\gamma\sin\omega_s + \frac{\pi}{180}\omega_s \sin\phi\sin\gamma} \tag{16}$$

$$R_D = \frac{H_B}{H_0}R_B + \left(1 - \frac{H_B}{H_0}\right) \times \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right) \times \left[1 + \sqrt{\frac{H_B}{H_0}}\left(\sin\frac{\beta}{2}\right)^3\right] \tag{17}$$

Now that all parameters have been obtained, they will be deployed to obtain the Monthly Total Solar Irradiation H_T using equation (1).

Table 2: Average Monthly Radiation Components (MJ/m^2)

Month	H_B	H_D	H_R	H_T
January	11.126	2.1986	0.33802	11.717
February	13.587	2.6849	0.41279	15.638
March	17.394	3.4372	0.52845	19.894
April	20.968	4.1433	0.63703	22.434
May	22.678	4.4813	0.68898	22.454
June	23.486	4.6409	0.71353	22.283
July	24.573	4.8557	0.74654	23.793
August	22.633	4.4724	0.68762	23.518
September	19.143	3.7828	0.58159	21.469
October	14.934	2.9510	0.45371	17.309
November	11.720	2.3160	0.35608	12.783
December	10.047	1.9853	0.30523	9.9127

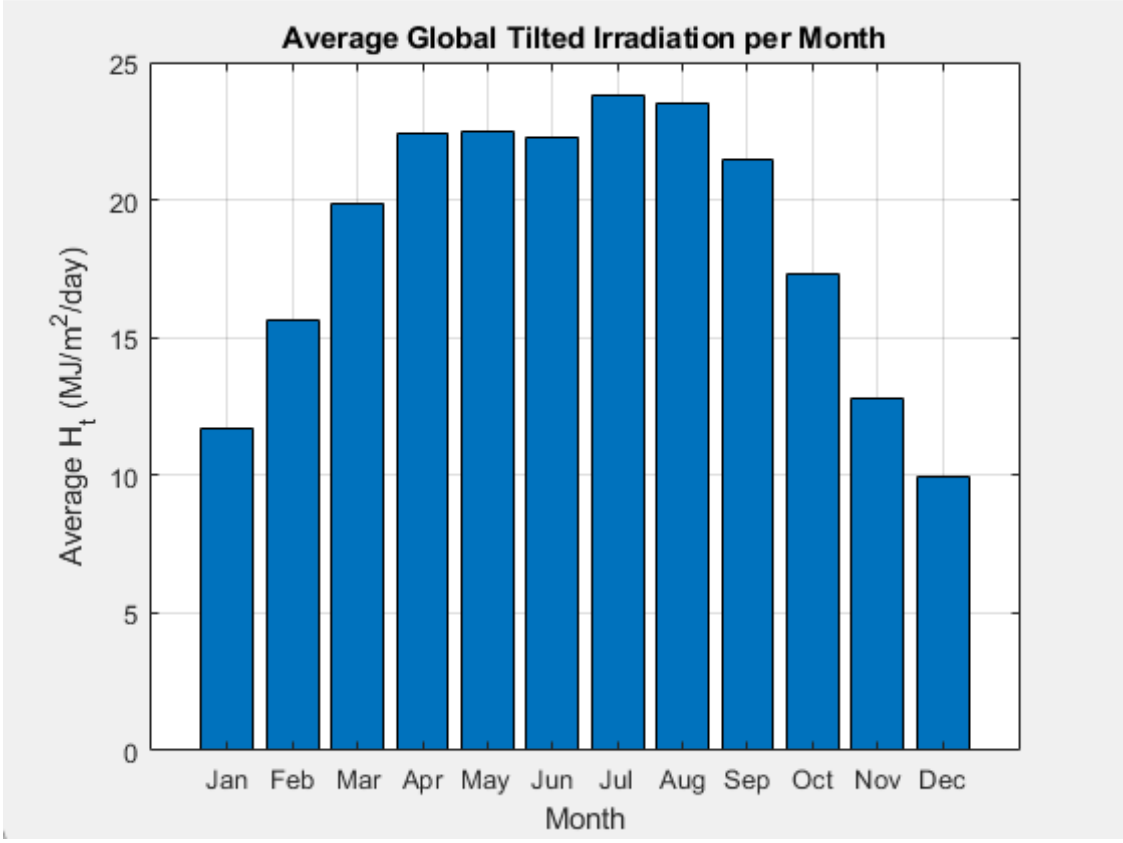


Figure 1: Monthly Average GTI (H_T)

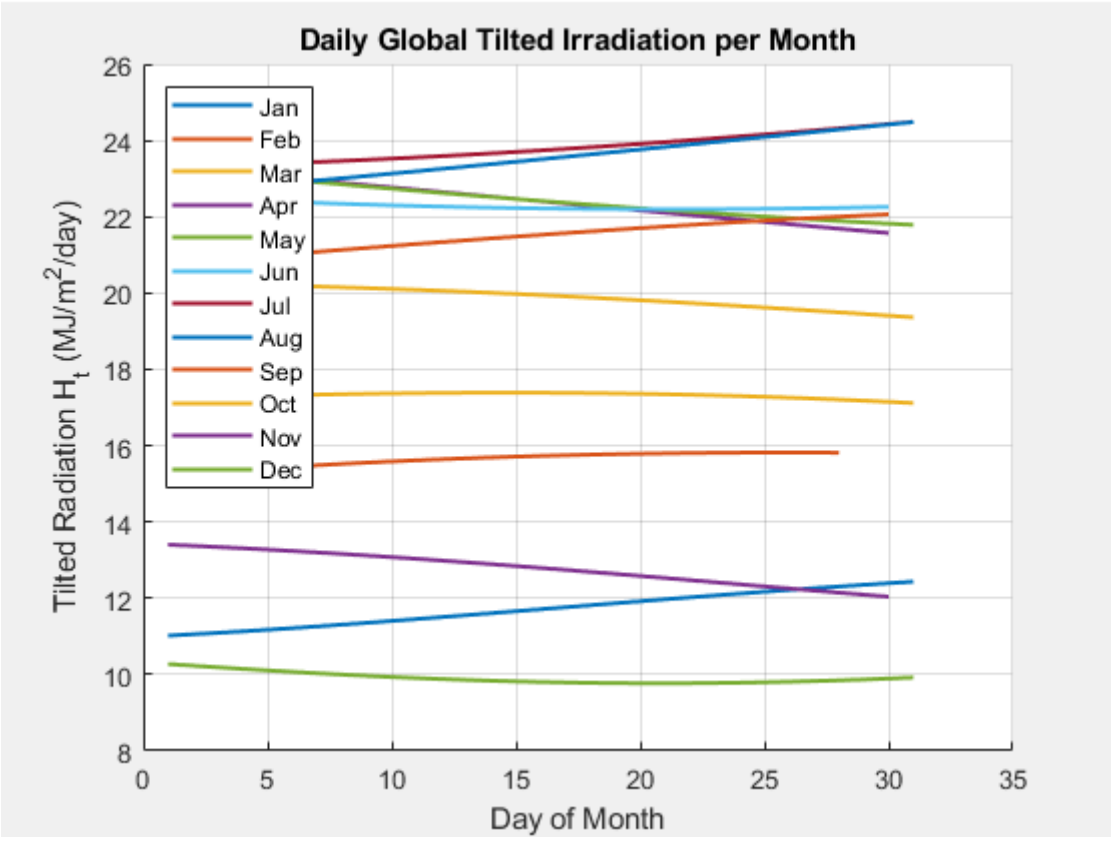


Figure 2: Daily GTI (H_T) per Month

Table 2 shows average monthly radiation components (H_B, H_D, H_R, H_T) obtained for Cairo. Figure 1 and Figure 2 show monthly average GTI (H_T) and daily average GTI (H_T) per month obtained for our model respectively.
The values show an incredible capability for Egypt to utilize the solar radiations to utilize solar energy.

3. WESTERN DESERT PROJECT

This project is a major solar PV project that is similar to the Midong Solar Farm which is considered as the world's largest solar farm nowadays. The idea behind this project is to estimate the ability to utilize solar energy by comparing nearly the same project in different regions and compare the results.

3.1. Midong Solar Farm

Here, information about the Midong Solar Farm is provided to provide a baseline about the project that is proposed.

According to these papers (Shaw, 2024) (Howe, 2024) (Year, 2024), the capacity of solar PV project is 3.5GW, which will generate approximately of 6.09 billion kWh of electricity per year. The project is located in the desert region of Midong District in Urumqi, Xinjiang. The construction area was about 133km^2. It utilizes more than 5.26 million 650 W monocrystalline bifacial double-glass solar PV panels. The total investment was CNY 15.45 billion which is approximately $2.13 billion.

To understand more about the exact project, it is needed to obtain the Cost Payback Time (CPBT) and the environmental Greenhouse Payback Time (GPBT) for this specific project. It is also needed to list some other additional components such as the estimated operational lifetime which is about 25 years by industrial standards and the Operation & Maintenance (OM) costs which is an Operational Expenditure (OPEX) bucket that covers all costs regarding cleaning, preventive maintenance, corrective maintenance, and monitoring which would be estimated as 1.5% of the investment cost weighting about CNY 231.75 million ($33.95 million).

According to (Solar, 2024), this project saves an approximattion of 1.95 million tons of coal annually and reduces carbon dioxide emissions by 6.07 million tons each year.

It was reported in (Prices, 2025) that the electricity prices in China are CNY 0.532 per kWh about ($0.078 per kWh). The Cost Payback Time (CPBT) can be calculated as:

$$CPBT = \frac{CAPEX}{AnnualRevenue - Annual\ OM} \tag{18}$$

$$CPBT = \frac{15.45}{(6.09 \times 0.532) - (0.23175)} = 5.14\ \text{year}$$

As for the GPBT, it is necessary to obtain the Total Embodied CO_2. The manufacturing greenhouse emissions of a crystalline silicon solar PV panels are about 800 kg CO_{2eq}/kW, which would be an equivalent of 2.8 million Tons of CO_2 emissions, so:

$$GPBT = \frac{Total\ Embodied\ CO_2}{Annual\ CO_2\ Avoided} \tag{19}$$

$$GPBT = \frac{2.8}{6.07} = 0.46\ \text{years}$$

This means that the CPBT is about 5.14 years and GPBT is about 0.46 years. Now the next part would be to obtain the same parameters for the proposed solar PV project and compare both values.

3.2. Solar PV Analysis

This part focuses on constructing an implementation of the solar PV project, then a comparison is to be made between both the proposed solar PV project and Midong Solar Farm to observe the differences. The main idea is to construct a solar PV station using the total investment of the Midong project as a reference, and then analyze the results obtained from manufacturing such a project in Egypt.

First, the PV material in the proposed project is either an N-type TOPCon or HJT as they are far superior in heat resistance than the crystalline silicon which would be very suitable for Western Desert. Author of (SOLARNPLUS, 2024) claims that TOPCon and HJT provide better efficiency that reaches up to 26%, they also have better resistance to high temperatures as it was estimated that they degrade at around 0.25% per year, while other materials such as PERC degrade about 0.5-0.7% per year.
These reasons provide a solid case to utilize TOPCon over crystalline silicon making up for their slightly higher manufacturing costs.

Second, Using single-axis trackers for the mounting technique would provide better results compared to fixed tilt which is most likely the way used in Midong project. According to (Perraki, Vasiliki, & Megas, 2014), single-axis trackers have achieved superior results compared to fixed tilt mounting because they keep on tracking the sun by rotating around the vertical axis, which would retain the solar panels to be perpendicular to the sun early and late during the day. This would lead to capturing about 15-20% more energy than fixed tilt solar PV.
The proposed project uses about 5 million 700 W N-type TOPCon solar panels which would produce a capacity of 3.51GW.
To obtain the estimated monthly energy production, this equation is used:

$$E_{month} = A \times \eta \times H_{Total} \times TG \times F_{system} \times TD \times ND \quad (20)$$

The proposed project uses about 5 million solar PV panels, and each have an area of 2.7 m^2 which would give us a total area of:

$$A = (5 \times 10^6) \times 2.7 = 13.5 \times 10^6\ m^2 \quad (21)$$

Comparing the project proposed with other solar projects which share similar geography, the average Intensity Factor is about $23 km^2/GW$. Using this factor along with the ILR factor that will be introduced later, the estimated total area of the solar farm is about:
$A_{Total} = 92 km^2$

Also, the efficiency of the panels η is about 26%. TG is the tracking gain which is equal to 1.30 equivalent to an additional 20% more Total Solar Tilted Irradiation tracked. F_{system} is the system factor that represents all losses in the system:

$$\begin{cases} L_{inverter} = 0.98 \\ L_{cable} = 0.99 \\ L_{soiling} = 0.99 \end{cases} \quad (22)$$

So, the system factor equation becomes:

$$F_{system} = L_{inverter} \times L_{cable} \times L_{soiling} \quad (23)$$

The next parameter, ND, represents the number of days per month since the average Solar Tilted Irradiation is being used. Lastly, the temperature degrading TD parameter which is obtained using:

$$TD = 1 + (\sigma + T_{ambient}) \quad (24)$$

where $\sigma = -0.0029$ which is the temperature coefficient for TOPCon solar PV panels, and $T_{ambient}$ is the average monthly temperature for the region.

Another parameter is the H_{Total} which is equivalent to the summation of both H_{Front} and H_{Rear} .

Instead of using monofacial (standard) solar PV panels, bifacial solar PV panels are to be used instead. These panels have a protective glass and active solar cells at the back layer of panels, which would allow it to capture light from both sides since the sand reflects up to 45% of the scattered tilted irradiation. Therefore, for bifacial TOPCon cells, the bifacial coefficient ξ is estimated to be about 0.75, and H_{Rear} would be equal to:

$$H_{R_rear} = H_R \times \xi \quad (25)$$

The H_{Front} is equal to:

$$H_{Front} = H_T \times TG \quad (26)$$

Now, H_{Total} can be obtained using:

$$H_{Total} = H_{Front} + H_{Rear} \quad (27)$$

Last parameter to be added into the model is the Inverter Loading Ratio (ILR), which is the ratio of the total peak DC power of the panels to the total AC power capacity of the inverters. A ratio of 1 represents a perfect match between the inverters and the panels. The idea here is to oversize the solar panel field which will increase the ILR up to 1.35. This forces the system to reach the state of Midday Clipping, which supports the plant to reach its maximum capacity hours earlier in the morning and also sustains the state much later in the night. This alone has the ability to increase the annual energy generation by up to 15-22%.

After obtaining all needed parameters, a monthly energy production was calculated, which is shown in Table 3. which would lead to an estimation of a total annual energy production E_{annual} of 7.76 TWh.

Table 3: Monthly Energy Production Analysis

Month	Energy (GWh)
January	430.00
February	514.50
March	718.11
April	772.40
May	787.40
June	749.56
July	821.43
August	813.57

September	727.09
October	615.07
November	446.87
December	363.09
Total	**7,758.92**

To verify the model, the Capacity Factor (CF) of the model is to be obtained:

$$CF = \frac{Annual\ Energy}{Total\ Capacity \times 8760\ hours} \quad (28)$$

which would be equal to an approximate of

$CF = 25.31\%$

confirming that the model is realistic and well-optimized.

Next would be to calculate the estimated CAPEX of the proposed project. According to paper (IRENA, 2024), the total installation costs (TIC) will be approximately $691/kW.

$$TIC = 3.5GW \times \$691/kW = \$2.419\ \text{billion} \quad (29)$$

Using Egyptian investment law No. 72, the port clearance tax (PCT) is 2%, therefore:

$$PCT = TIC \times \%2 = \$48.37\ \text{million} \quad (30)$$

Next is to calculate the Soft Costs and Logistics (SCL) which are estimated as a total of 5% of the installation costs:

$$SCL = TIC \times 5\% = \$120.93\ \text{million} \quad (31)$$

Last is to calculate a financial bank bond which is estimated as 2% under the New and Renewable Energy Authority (NREA) regulations, according to paper (Salah & Riad, 2021):

$$NREA_B = TIC \times 2\% = \$48.37\ \text{million} \quad (32)$$

Now that all parameters are ready, the total CAPEX can be calculated as:

$$CAPEX = TIC + PCT + SCL + NREA_B = \$2.636\ \text{billion} \quad (33)$$

After calculating the total CAPEX, it's necessary to calculate other parameters. According to paper (Soliman, 2023), the Grid Integration Fee (GIF) is equal to 0.329 EGP/kWh per year, therefore:

$$GIF = \frac{0.329\ EGP/kWh}{53.10\ EGP/USD} \times 7.76TWh = \$48.079\ \text{million per year} \quad (34)$$

Additionally, the Operation and Maintenance (OM) costs are estimated to be $22/kWAC per year, according to paper (Baseline, 2025), due to using an ILR of about 1.35, which would be equal to:

$$OM = \$22/kW_{AC} \times \frac{3.5GW}{1.35} = \$57.037\ \text{million per year} \quad (35)$$

Finally, the Annual Running Expenses (OPEX) are:

$$OPEX = \$57.037 + \$48.079 = \$105.116\ \text{million per year} \quad (36)$$

All expenses can be shown in Table 4.

Table 4: Financial Summary Matrix for the 3.5~GW Solar PV Facility

Category	Cost Parameter	Value (USD)
CAPEX	Total Installation Costs (*TIC*) Port	2,418.500 M
	Clearance Tax (*PCT*) Soft Costs &	48.370 M
	Logistics (*SCL*)	120.930 M
	NREA Financial Bank Bond ($NREA_B$)	48.370 M
	Total CAPEX	**2.636 B**
OPEX	Grid Integration Fee (*GIF*)	48.079 M / yr
	Operations & Maintenance (*OM*)	57.037 M / yr
	Annual Running Expenses	**105.116 M / yr**

The next part would be to calculate both the CPBT and GPBT for the proposed model.

First, according to the resources, the price of electricity in Egypt is around average of \$0.047 per kWh, according to paper (Economy, 2026), and the OM cost would weight around 1.2% of the total CAPEX of the project. Therefore, the CPBT can be calculated using:

$$CPBT = \frac{CAPEX}{AnnualRevenue - Annual\ OPEX} \tag{37}$$

$$CPBT = \frac{2.636}{(9.06 \times 0.047) - (0.105)} = 10.16 \text{ years}$$

The calculations show that the CPBT expected to be around 10 years, which is higher than the CPBT in China. The reason behind that is due to the change of price of electricity between China and Egypt, as in China the price is about \$0.078/kWh which is considerably high compared to Egypt. However, the results, when considering the amount of Energy generated, show promising potential for the project under the right governmental management.

According to (Programme, 2015), the Cradle-to-Gate threshold for modern N-type TOPCon panels is about 630 kg CO_{2e}/kW_p. The Egyptian grid tracking estimated the annual avoided emissions multiplier to be around 0.57 kg/kWh of CO_2 according to (Abdallah & El-Shennawy, 2017).

$$GPBT = \frac{Total\ Embodied\ CO_2}{Annual\ CO_2\ Avoided} \tag{38}$$

$$GPBT = \frac{3.5 \times 10^6 \times 630}{7.76 \times 10^9 \times 0.57} = 0.5 \text{ years}$$

The calculations indicate that the expected GPBT is about 0.5 years for the proposed project.

Table 5: Comparative analysis of solar power plant performance metrics between China and Egypt.

Parameter	China	Egypt
Capacity (GW)	3.5	3.5
Annual E (TWh)	6.09	7.76
CAPEX $ Billion	2.13	2.636
E Price (USD/kWh)	0.078	0.047
CPBT (Years)	5.14	10.16
GPBT (Years)	0.46	0.5

The entire section can be summarized by making a comparison between both projects in Egypt and China as shown in Table 5.

4. PROJECT ASSESSMENT

This section represents a comparison between the proposed solar PV project and another power station project that is already built in Egypt to hold a comparison between both of them.

Table 6: Evolution of Natural Gas Prices for Industrial and Power Sectors in Egypt (2018-2026) (USD/MMBtu)

Timeline/Period	Gas Price
2018 (Big 3 Completion)	3.00 – 4.00
2021–2022	4.50 – 5.75
Early 2025	5.75
May 2026 (Current)	6.75 – 14.00

The Big 3 plants project, that utilizes natural gas to produce energy, is considered. According to paper (Larson, Patel, & Proctor, 2019), the project consists of 3 big plants with an overall capacity of 14.4GW and a total energy production of 11.4 TWh per year. The CAPEX is 8 billion dollars with a current gas price which is estimated to be a total of 2.7 billion dollars per year. This huge sum makes the CPBT of the project very far away for more than 25 years. Table 6 shows the increase of the natural gas prices used to operate the Big 3 project starting from the period of the completion of the project up to today which is obtained from papers (Ashraf, 2026) (MEO, 2026). Additionally, they produce about 35 million kg CO_2 per year which increases the CO_2 levels.

On the other hand, the proposed project produces annual energy of about 60% of the amount that the three stations produce together in total, with a CAPEX of $2.636 billion and a CPBT of 10.16 years with about $105.116 million per year for OPEX which is way less than the calculations of the Big 3 project. In addition, there is no need for any fuel to produce energy as the plant depends on solar radiation, therefore there are no CO_2 emissions which makes the GPBT to be about half a year.

All of these parameters conclude that utilizing solar energy is not a choice any more in Egypt but a necessity to use the natural resources efficiently while reducing any power problems.

5. CONCLUSION

This paper proposes a solar PV giant project that is set to operate in Egypt in the western desert. The first step was to study the solar radiation in Egypt to confirm whether it has the ability to benefit from such a project, and the results of the calculations showed very promising potential towards solar energy. Then, an investigation over one of the largest solar projects in the world, which is the Midong solar farm in China, was conducted, and the main characteristics were studied to understand the idea behind building a huge solar PV station. Afterwards, the project was implemented to have a capacity of 3.5GW and can deliver up to 7.76TWh per year. A study of the estimated prices was also performed. The implementation was finalized by studying the cost and greenhouse payback times. In addition, two comparisons were made to show both the advantages and disadvantages of the proposed project. The first comparison was with Midong Solar Farm, where it showed promising potential compared to China, and the investigation indicated that the reason behind the increase in CPBT is due to the low electricity prices in Egypt, which are much lower than in China. The second comparison was between the proposed project and the Big 3 natural gas stations project which clarified the superiority of our proposal. It is safe to conclude that shifting energy dependence in Egypt towards solar energy is an essential step to solve any problems regarding the electricity production in the country by showing its great potential in benefiting from this energy through our investigation.

REFERENCES

A, D. J., & A., B. W. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes. *Wiley*.

Abdallah, L., & El-Shennawy, T. (2017). Evaluation of CO 2 emissions from electricity generation in Egypt: Present Status and Projections to 2030. *ResearchGate*.

Ashraf, D. (2026). *Egypt Raises Industrial Gas Price Floor to $6.50/MMBtu.* Retrieved from Egypt Oil & Gas.

Baseline, A. T. (2025). *Electricity*. Retrieved from Annual Technology Baseline: http://atb.nrel.gov/electricity/2024b/definitions

Economy, A. (2026). *Egypt maintains electricity prices for low-consumption brackets and raises them for commercial consumers by between 20\% and 91\% (In Arabic).* Retrieved from Asharq Economy:

Erbs, D. G., Klein, S. A., & Duffie, J. A. (1982). Estimation of the Diffuse Radiation Fraction for Hourly, Daily and Monthly-Average Global Radiation. *Great Britain*.

Howe, C. (2024). *World's biggest solar farm comes online in China's Xinjiang*. Retrieved from Reuters: https://www.reuters.com/world/china/worlds-biggest-solar-farm-comes-online-chinas-xinjiang-2024-06-03/

IRENA. (2024). *RENEWABLE POWER GENERATION COSTS in 2024.* Retrieved from IRENA: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jul/IRENA_TEC_RPGC_in_2024_2025.pdf

Larson, A., Patel, S., & Proctor, D. (2019). *Egypt Megaproject: An Expedited Power Transformation.* Retrieved from Power Magazine: https://www.powermag.com/interactive-content/2019-plant-year-egypt-megaproject/#group-a-power-reinvention-7pmXCMtxYJ

MEO. (2026). *Egypt Adjusts Gas Pricing for Heavy Industries as Oil Prices Rise.* Retrieved from The Middle East Observer.

Muneer, T. (2004). Solar Radiation and Daylight Models. *ELSEVIER*.

Perraki, Vasiliki, & Megas, L. (2014). Single Axis Tracker Versus Fixed Tilt PV: Experimental and Simulated Results. *ResearchGate*.

Prices, G. P. (2025). *China electricity prices*. Retrieved from Global Petrol Prices: https://www.globalpetrolprices.com/China/electricity_prices/

Programme, I. E. (2015). *Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic Electricity Production from Residential-scale Systems Operated in Europe.* Retrieved from Internation Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme: https://iea-pvps.org/key-topics/iea-pvps-task-12-life-cycle-assessment-of-future-photovoltaic-electricity-production-from-residential-scale-systems-operated-in-europe-2015/

Salah, F., & Riad, M. (2021). *Electricity and Renewable Energy Regulations in Egypt.* Retrieved from Riad & Riad Law Firm: https://riad-riad.com/electricity-and-renewable-energy-regulations-egypt-update/

Shaw, V. (2024). *World's largest solar plant goes online in China*. Retrieved from PV Magazine: https://www.pv-magazine.com/2024/06/06/worlds-largest-solar-plant-goes-online-in-china-2/

Solar, C. (2024). *Record-Breaking Solar Power Station Connected to Grid: Xinjiang's 3.5 GW Solar Plant*. Retrieved from CDS Solar: https://cdssolar.com/record-breaking-solar-power-station-connected-to-grid-xinjiang-s-3-5-gw-solar-plant/

SOLARNPLUS. (2024). *TOPCon vs PERC Solar Cells: Differences, Pros and Cons*. Retrieved from SOLARNPLUS: https://www.solarnplus.com/topcon-vs-perc-solar-cells-differences-pros-and-cons/

Soliman, R. (2023). *Egyptera Circular No.3 of 2023.* Retrieved from Adsero: https://adsero.me/egyptera-circular-no-3-of-2023/#:~:text=The%20Circular%20No.,projects%20(off%2Dgrid).

Tırmıkçı, C. A., Yavuz, C., Özkurt, C., & Yavuz, B. Ç. (2025). Machine learning-assisted evaluation of PVSOL software using a real-time rooftop PV system: a case study in Kocaeli, Turkey, with a focus on diffuse solar radiation. *International Journal of Low-Carbon Technologies*.

Vincenzo, d., Daliento, S., & Dhimish, M. (2024). Albedo Reflection Modeling in Bifacial Photovoltaic Modules. *Solar*.

Year, T. E. (2024). *China starts up world's largest solar plant*. Retrieved from The Energy Year: https://theenergyyear.com/news/china-starts-up-worlds-largest-solar-plant/

ARŞİVLERDE YANGIN SÖNDÜRME SİSTEMLERİ

Öğr. Gör. Dr. Recep Çağrı ORMAN
Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri, 06374 Yenimahalle, Ankara
ORCID ID: 0000-0002-7700-2800
Gonca Nur EKİCİ
Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri, 06374 Yenimahalle, Ankara
ORCID ID: 0009-0006-7292-9945

ÖZET

Arşivler, içerdiği bilgi ve belgelerin özgün ve çoğunlukla geri kazanılamaz nitelikte olması nedeniyle yangın güvenliği açısından özel olarak değerlendirilmelidir. Literatürde, arşiv yangınlarının genellikle elektriksel arızalar, insan kaynaklı hatalar ve bazı çevresel etkiler sonucunda ortaya çıktığı; yangının gelişim sürecinin depolanan malzemenin türüne ve istifleme yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir. Bu durum, arşivlerde kullanılacak söndürme sistemlerinin seçiminde yalnızca yangının söndürülmesi değil, aynı zamanda korunması hedeflenen materyalin zarar görmemesi gerekliliğini de ön plana çıkarmaktadır.

Bu çalışmada, arşiv yapılarında yaygın olarak kullanılan başlıca söndürme sistemleri teknik açıdan ele alınmıştır. Çalışma kapsamında; ıslak borulu sprinkler sistemleri, pre-action sprinkler sistemleri, temiz gazlı söndürme sistemleri ile manuel kuru kimyevi tozlu (KKT) söndürme ekipmanları incelenmiş; söz konusu sistemler çalışma prensipleri, devreye girme koşulları ve olası ikincil hasar etkileri bakımından değerlendirilmiştir.

Islak borulu sprinkler Sistemleri en sık karşılaşılan sistemlerden biridir. Ancak suyun özellikle kağıt tabanlı arşiv materyalleri üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda, bu sistemlerin hassas arşiv alanlarında kullanımı bazı durumlarda sınırlı kalabilmektedir. Buna karşılık pre-action sprinkler Sistemleri kontrollü su boşalımı sağlamaları nedeniyle yanlış aktivasyon riskini azaltmaktadır.

Temiz gazlı söndürme sistemleri ise yangını bastırırken ortama zarar vermemeleri ve kalıntı bırakmamaları açısından öne çıkmaktadır. FM-200 ve FK 5-1-12 gibi ajanların kullanıldığı bu sistemler, hem fiziksel hem de kimyasal söndürme mekanizmaları sayesinde yangına hızlı müdahale imkânı sağlamaktadır. Bununla birlikte, manuel kuru kimyevi tozlu söndürücüler hızlı ilk müdahale açısından etkili olmakla birlikte, ortamda bıraktıkları kalıntı nedeniyle arşiv materyalleri üzerinde ikincil hasar oluşturabilmekte ve genellikle destekleyici ekipman olarak değerlendirilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, arşiv yapılarında yangın güvenliğinin sağlanması tek bir sistem seçimi ile sınırlı değildir. Uygun söndürme sisteminin belirlenmesi; risk analizi, erken algılama sistemleri ve yapısal önlemler ile birlikte ele alınmalıdır. Bu çalışmada incelenen sistemler dikkate alındığında, özellikle hassas arşiv alanlarında temiz gazlı sistemlerin daha güvenli bir çözüm sunduğu, ancak her proje için ayrı değerlendirme yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Arşiv yapıları, Yangın güvenliği, Sprinkler sistemleri, Pre-action sistemler, Temiz gazlı söndürme sistemleri, Kuru kimyevi toz

FIRE SUPPRESSION SYSTEMS IN ARCHIVES

ABSTRACT

Archive buildings are spaces that require special consideration in terms of fire safety due to the unique and often irreplaceable nature of the information and documents they contain. In the literature, it is stated that archive fires generally occur as a result of electrical failures, human errors, and certain environmental factors, while the fire development process varies depending on the type of stored materials and storage density. This situation highlights that the selection of fire suppression systems in archives should not only focus on extinguishing the fire, but also on minimizing potential damage to the protected materials.

In this study, the main fire suppression systems commonly used in archive buildings are examined from a technical perspective. Within this scope, wet pipe sprinkler systems, pre-action sprinkler systems, clean agent fire suppression systems, and manual dry chemical (DCP) fire extinguishers are analyzed; these systems are evaluated in terms of their operating principles, activation mechanisms, and potential secondary damage effects.

Wet pipe sprinkler systems are among the most commonly used systems in practice due to their simple design and rapid response times. However, considering the adverse effects of water on paper-based archival materials, their use in sensitive archive areas may be limited in certain cases. In contrast, pre-action sprinkler systems operate in integration with detection systems and provide controlled water discharge, thereby reducing the risk of accidental activation and offering a more controlled solution.

Clean agent fire suppression systems stand out due to their ability to suppress fire without causing damage to the protected environment and without leaving any residue. Systems utilizing agents such as FM-200 and FK 5-1-12 provide rapid fire suppression through both physical and chemical mechanisms. On the other hand, manual dry chemical extinguishers, although effective for rapid initial response, may cause secondary damage to archival materials due to residue, and are therefore generally considered as supplementary equipment.

Overall, fire safety in archive buildings cannot be ensured by the selection of a single system alone. The determination of an appropriate fire suppression system should be addressed together with risk assessment, early detection systems, and structural measures. Based on the systems examined in this study, it is considered that clean agent systems provide a safer solution, particularly for sensitive archive environments; however, it is necessary to evaluate each project individually.

Keywords: Archive buildings, Fire safety, Sprinkler systems, Pre-action systems, Clean agent fire suppression systems, Dry chemical powder

Y-ŞEKLİNDEKİ YENİ BİR FRAKTAL MİNİ KANAL ISI ALICISINDA DALLANMA SAYISININ TERMAL PERFORMANSINA ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ.

Öğr.Gör.Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU
Amasya University Mechanical and Metal Technologies Programme
ORCID ID:0000-0003-2627-8230
Öğr.Gör. Salih GÜVERCİN
Amasya University Mechanical and Metal Technologies Programme
ORCID ID: 0000-0002-9810-6051

ÖZET
Elektronik cihazların minyatürleşmesi ve yüksek performans gereksinimleri nedeniyle ısı yayılımı ciddi bir sorun haline gelmiştir. Son yıllarda, gelişmiş mikro ve nano teknolojinin gelişimi nedeniyle elektronik cihazların minyatürleştirilmesine yoğun ilgi gösterilmiştir. Yüksek ısı akısı ve düzensiz sıcaklık dağılım tehlikesiyle karşı karşıya kalınmakta, bu durumda cihazların ömrünü ve güvenirliğini azaltmaktadır. Çalışmamızda yeni Y- şeklinde su soğutmalı mini kanal ısı alıcısında dallanma sayısının termal performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Sayısal çalışmada hesaplamalı akışkanlar dinamiği FLOEFD-CFD yazılım paket programı kullanılmıştır. İki farklı şekil 2L-4N (2.seviye 4 dallanma sayısı) ve 2L-6N (2.seviye 6 dallanma sayısı) olup değişken ısı akısı (50-100-200) W, dallanma seviyesi ve farklı debilerde (200-300) ml/dk olarak çalışılmıştır. Çalışmamızda maksimum yüzey sıcaklığı (T_{max}) ve Minimum yüzey sıcaklığı (T_{min}) değerleri gözlemlenmiştir. 2L-4N için en düşük sıcaklık değerinin 50W ve 300 ml/dk'da 304.20K, en yüksek sıcaklık değerinin ise 200W ve 200 ml/dk iken 342.18 K olduğu görülmüştür. 2L-6N için ise en düşük sıcaklık değerinin 50W ve 300 ml/dk iken 301.80K, en yüksek sıcaklık değerinin ise 200W ve 200 ml/dk iken 332.86 K olduğu görülmüştür. 2L-4N, 200 ml/dk için 200 W ve 50 W durumları karşılaştırıldığında sıcaklık farkı 36.37K olup %52 oranında gerçekleşmiştir. 2L-6N, 200 ml /dk için ise 200W ve 50 W durumları karşılaştırıldığında sıcaklık değişimi 29.40K olup %49 oranında değişim gözlemlenmiştir. Fraktal yapılarda dallanma seviyesinin ve debinin artış gösterdiği durumda sıcaklık düşüşünde önemli rol oynadığı, akış hızının ise mini kanal ısı alıcısında ısı transferini artırdığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Biyonik Y şeklinde fraktal ağı, mikro kanal ısı emici, sıcaklık dağılımı

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NUMBER OF BRANCHES ON THE THERMAL PERFORMANCE OF A NEW Y-SHAPED FRACTAL MINI-CHANNEL HEAT SİNK

ABSTRACT
Due to the miniaturization of electronic devices and high performance requirements, heat dissipation has become a serious problem. In recent years, there has been intense interest in the miniaturization of electronic devices due to the development of advanced micro and nanotechnology. This leads to the danger of high heat flux and uneven temperature distribution, which reduces the lifespan and reliability of the devices. In our study, the effect of branching number on the thermal performance of a new Y-shaped water-cooled mini-channel heat sink was investigated. The computational fluid dynamics software package FLOEFD-CFD was used in the numerical study. Two different shapes, 2L-4N (level 2, 4 branches) and 2L-6N (level 2, 6 branches), were studied with variable heat flux (50-100-200) W, branching level, and different flow rates (200-300) ml/min. In our study, the maximum surface temperature (T_{max}) and

minimum surface temperature (T_{min}) values were observed. For 2L-4N, the lowest temperature was observed at 304.20K with 50W and 300 ml/min, while the highest temperature was observed at 342.18K with 200W and 200 ml/min. For 2L-6N, the lowest temperature was observed at 301.80K with 50W and 300 ml/min, and the highest temperature was observed at 332.86K with 200W and 200 ml/min. For 2L-4N, comparing the 200W and 50W settings for 200 ml/min, the temperature difference was 36.37K, representing a 52% difference. For 2L-6N, comparing the 200W and 50W settings for 200 ml/min, the temperature difference was 29.40K, representing a 49% difference. In fractal structures, it has been observed that increasing the branching level and flow rate plays a significant role in temperature reduction, while flow velocity increases heat transfer in mini-channel heat sinks.
Keyboards: Bionic Y-shaped fractal network, microchannel heat sink, temperature distribution

Y-ŞEKLİNDEKİ YENİ BİR FRAKTAL SU SOĞUTMALI MİNİ KANAL ISI ALICISINDA AKIŞKAN SICAKLIĞININ DEĞİŞİMİNİN SAYISAL İNCELENMESİ.

Öğr.Gör.Ahmet Doğukan KÖSEOĞLU
Amasya University Mechanical and Metal Technologies Programme
ORCID ID:0000-0003-2627-8230
Öğr.Gör. Salih GÜVERCİN
Amasya University Mechanical and Metal Technologies Programme
ORCID ID:0000-0002-9810-6051

ÖZET

Elektronik cihazlarda meydana gelen aşırı ve düzensiz ısınma, sistemin performansını ve verimini olumsuz olarak etkilemektedir. Y şeklindeki fraktal su soğutmalı mini kanal ısı alıcıları günümüzde kullanılan yenilikçi yapılardandır. Bu çalışmada sabit bir Y şeklinde fraktal mini kanal ısı alıcısında (2L-6N) 2.seviye, 6 dallanma sayısı sahip, farklı debi ve farklı ısı akıları bağlı olarak mini fraktal kanal içerisinden yüzeyden geçen akışkanın tek bir girişinden birden fazla çıkış noktasına kadar olan kısımdaki sıcaklık değişimleri ve sıcaklık farkları gözlemlenmiştir. Sayısal çalışmada FLOEFD-CFD (Hesaplamalı akışkanlar dinamiği) Programı kullanılmıştır. Çalışmamızda debi olarak (200-300-400 ml/dk), ısı akısı olarak (50-100-200 W) seçilmiştir. Sonuçlara baktığımızda fraktal kanal içerisinde en düşük akışkan sıcaklık değerinin 400 ml/dk ve 200 W olduğu durumda 293.19 K olduğu, en yüksek sıcaklık değerinin ise 200 ml/dk ve 200 W olduğu durumda 330.40 K olarak gözlemlenmiştir. En fazla sıcaklık farklarının 200 ml/dk da farklı ısı akıları değerleri için 50W ısı akısındayken ısı akısını 2 katına çıkardığımızda akışkan sıcaklık değişiminin 9.39K, 4 katına çıktığında ise 27.56 K sıcaklık farkının olduğu gözlemlenmiştir. 200W ısı akısı altındayken farklı debilerdeki mini kanallar karşılaştırıldığında ise 200 ml/dk olduğunda sıcaklığın 330.40K, debiyi 1,5 kat arttırdığımızda 324.25K, 2 kat arttırdığımızda ise sıcaklığın 321.35K değerine ulaştığını görmekteyiz. Sonuçlara baktığımızda Su soğutmalı fraktal mini kanalımızda farklı debiler ve farklı ısı akılarının ısı transferini etkilediği ısı akısı arttıkça sıcaklıklarının artış gösterdiği, ısı transferinin arttığı, debinin arttığında ise sıcaklıkların azaldığı gözlemlenmiştir. Düşük ısı akısı ve düşük debide sıcaklık değerlerinin çok yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelime: Biyonik Y şeklinde fraktal ağı, mikrokanal ısı emici, sıcaklık dağılımı

NUMERICAL INVESTIGATION OF FLUID TEMPERATURE VARIATION IN A NEW Y-SHAPED FRACTAL WATER-COOLED MINI CHANNEL HEAT SİNK

Excessive and irregular heating in electronic devices negatively affects system performance and efficiency. Y-shaped fractal water-cooled mini-channel heat sinks are innovative structures used today. In this study, temperature variations and temperature differences were observed in a fixed Y-shaped fractal mini-channel heat sink (2L-6N) with a level 2, 6 branching number, and varying flow rates and heat fluxes, from a single inlet to multiple outlet points of the fluid passing through the mini-fractal channel. The FLOEFD-CFD (Computational Fluid Dynamics) program was used in the numerical study. In our study, flow rates of (200-300-400 ml/min) and heat flux rates of (50-100-200 W) were selected. Looking at the results, the lowest fluid temperature value in the fractal channel was observed to be 293.19 K at 400 ml/min and 200 W, while the highest temperature value was observed to be 330.40 K at 200 ml/min and 200 W. The greatest temperature differences were observed at 200 ml/min for different heat flux values. When the heat flux was doubled to 50W, the fluid temperature change was 9.39 K, and when it was quadrupled, the temperature difference was 27.56 K. When comparing mini-

channels with different flow rates under 200W heat flux, we see that the temperature reached 330.40 K at 200 ml/min, 324.25 K when the flow rate was increased by 1.5 times, and 321.35 K when the flow rate was doubled. Looking at the results, we observed that different flow rates and different heat fluxes affected heat transfer in our water-cooled fractal mini-channel. As the heat flux increased, the temperatures increased, heat transfer increased, and as the flow rate increased, the temperatures decreased. It was observed that the temperature values were very high at low heat flux and low flow rate.
Keyboards: Bionic Y-shaped fractal network, microchannel heat sink, temperature distribution

TARIMSAL GENİŞLEMEDEN DÖVİZ DARBOĞAZINA: 1950'Lİ YILLARDA TÜRKİYE EKONOMİSİNİN POLİTİK İKTİSADI

Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
Balıkesir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, İktisat Tarihi ABD
ORCID ID: 0000-0003-0290-5949

ÖZET
Bu çalışma, 1950–1960 yılları arasında Demokrat Parti iktidarı döneminde uygulanan iktisat politikalarını, dönemin küresel konjonktürü ve Türkiye'nin iç dinamikleri ışığında eleştirel bir perspektifle ele almaktadır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında biçimlenen yeni uluslararası iktisadi düzen, Marshall Planı çerçevesindeki yardımlar ve Bretton Woods kurumlarıyla şekillenen finansal mimari, Türkiye'nin tek parti döneminin devletçi-korumacı modelinden uzaklaşarak liberal söylemli bir büyüme stratejisine yönelmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. Ancak bu yöneliş, söylem düzeyinde piyasacılığı savunurken pratikte devlet müdahalesinin sürdüğü, hatta kimi sektörlerde derinleştiği melez bir politika çerçevesine dönüşmüştür. Çalışmada dönemin üç temel ekseni mercek altına alınmıştır: tarımsal mekanizasyon ile zirai kredi genişlemesi, karayolu odaklı altyapı yatırımları ve dış ticaret ile döviz politikalarının seyri. Marshall yardımları ve hızla artan traktör ithalatıyla desteklenen tarımsal genişleme, 1950–1953 arasında yüksek büyüme oranları sağlamış; ne var ki elverişli iklim koşullarının sona ermesi, Kore Savaşı sonrası tarımsal emtia fiyatlarındaki düşüş ve plansız ithalat genişlemesi, 1954 itibarıyla derinleşen bir döviz darboğazına yol açmıştır. 4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları, IMF güdümlü ilk kapsamlı devalüasyon ve istikrar programı olarak Türkiye iktisat tarihinde önemli bir kırılma noktası oluşturmuştur. Bildiri, ikincil literatürün karşılaştırmalı analizine ve döneme ilişkin makroekonomik verilere dayanmaktadır. Bulgular, 1950'li yılların yalnızca bir "liberalleşme dönemi" olarak değil; popülist genişleme, dış kaynak bağımlılığı ve kurumsal planlama eksikliğinin birlikte ürettiği yapısal kırılganlıkların biriktiği bir geçiş evresi olarak okunması gerektiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Türkiye Ekonomisi, Demokrat Parti, İstikrar Politikaları, Marshall Planı, Döviz Darboğazı.

FROM AGRICULTURAL EXPANSION TO FOREIGN-EXCHANGE BOTTLENECK: THE POLITICAL ECONOMY OF THE TURKISH ECONOMY IN THE 1950S

ABSTRACT
This study critically examines the economic policies implemented during the Democrat Party government between 1950 and 1960, in light of both the global conjuncture of the period and Turkey's internal dynamics. The new international economic order that emerged after the Second World War, shaped by Marshall Plan aid and the financial architecture of the Bretton Woods institutions, played a decisive role in Turkey's departure from the statist-protectionist model of the single-party era and its turn toward a growth strategy framed in liberal rhetoric. However, this reorientation evolved into a hybrid policy framework in which liberalization was championed at the discursive level, while state intervention persisted in practice and even deepened in certain sectors. The study focuses on three principal axes of the period: agricultural mechanization and credit expansion, road-oriented infrastructure investments, and the trajectory of foreign trade and foreign-exchange policies. The agricultural expansion supported by Marshall aid and tractor imports generated high growth rates between 1950 and 1953; yet

the end of favorable climatic conditions, the decline in commodity prices in the aftermath of the Korean War, and the unplanned surge in imports led to a severe foreign-exchange bottleneck by 1954. The 4 August 1958 Stabilization Decisions, in turn, constituted a major turning point in Turkish economic history as the country's first comprehensive IMF-guided devaluation and stabilization program. The findings suggest that the 1950s should be read not merely as a "period of liberalization," but rather as a transitional phase in which structural fragilities accumulated through the combined effects of populist expansion, dependence on external resources, and the absence of institutional planning.
Keywords: Turkish Economy, Democrat Party, Stabilization Policies, Marshall Plan, Foreign-Exchange Bottleneck.

1. GİRİŞ

Türkiye iktisat tarihinde 1950–1960 dönemi, hem siyasal hem de ekonomik açıdan derin bir dönüşümün yaşandığı bir kesit olarak öne çıkar. 14 Mayıs 1950 seçimleri yalnızca tek parti yönetiminin sona erdiği bir siyasal kırılmayı değil, aynı zamanda iktisat politikalarının çerçevesinin yeniden çizildiği bir dönemin de başlangıcını simgeler. Demokrat Parti (DP) iktidarı, kuruluş yıllarının devletçi-korumacı modelinden uzaklaşarak özel girişimi öne çıkaran, dışa açılma vurgusu yapan ve dış yardımı kalkınmanın itici gücü olarak gören bir yaklaşım benimsemiştir. Ne var ki söylem düzeyinde dile getirilen liberalleşme, uygulamada saf bir piyasa programı biçiminde gerçekleşmemiş; tersine, kamu müdahalesinin pek çok alanda korunduğu, hatta tarımsal destekleme ve altyapı yatırımları gibi başlıklarda derinleştiği karma bir görünüm kazanmıştır.

Bu çalışma, söz konusu dönemi tek boyutlu bir liberalleşme anlatısı içinde değerlendiren yaklaşımların ötesine geçmeyi amaçlamaktadır. 1950'li yılların iktisadi seyrini açıklayabilmek için dönemin uluslararası konjonktürünü, özellikle de Marshall Planı çerçevesinde Türkiye'ye akan dış kaynağın niteliğini ve sınırlarını anlamak büyük önem taşımaktadır. Boratav'ın da vurguladığı üzere, 1947'den itibaren başlayan dış yardım sürecinin Türkiye'yi yabancı sermayeye kapılarını açmaya ve uluslararası kapitalizmin üst kurumlarıyla bütünleşmeye yöneltmesi, 1950 sonrası iktisat politikalarının yönünü belirleyen yapısal bir etken olmuştur (Boratav, 2003).

Bildiri üç temel eksen etrafında kurgulanmıştır. Birincisi, Marshall yardımları aracılığıyla hız kazanan tarımsal mekanizasyon ve buna eşlik eden zirai kredi genişlemesidir. İkincisi, dönemin altyapı politikasının demiryolundan karayolu odaklı bir yaklaşıma kaymasıdır. Üçüncüsü ise, dış ticaret ve döviz politikalarının seyri ile bu seyrin 1958 İstikrar Kararları'na uzanan kriz dinamikleridir. Bu üç eksenin birlikte değerlendirilmesi, dönemin sadece yüksek büyüme oranlarına değil, biriken kırılganlıklarına da ışık tutmak açısından gereklidir.

Çalışmanın temel argümanı şudur: 1950–1960 dönemi, basit bir başarı veya başarısızlık öyküsü olarak okunmaya elverişli değildir. Bu yıllar, Türkiye'nin küresel sisteme entegrasyonunun hızlandığı, ancak bu entegrasyonun beraberinde getirdiği bağımlılıkların ve yapısal kırılganlıkların da birikmeye başladığı bir geçiş evresidir. Dolayısıyla dönemin iktisat politikası, bir yandan kısa vadeli popülist kazanımlar üretirken öte yandan ileride telafisi güç sorunlara da zemin hazırlamıştır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Devletçilikten Liberal Söyleme: 1950 Öncesi Mirası ve Konjonktürel Eşik

Demokrat Parti'nin iktidara geldiği 1950 yılı, Türkiye'nin önündeki seçeneklerin uluslararası konjonktür tarafından önemli ölçüde daraltıldığı bir yıldır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında dünya iki kutuplu bir düzene yerleşirken, Türkiye Batı bloğunda konumlanmayı tercih etmiştir. Bu tercih, sadece güvenlik boyutunda kalmamış; iktisat politikasının çerçevesini de doğrudan

etkilemiştir. Truman Doktrini (1947) ve ardından gelen Marshall Planı (1948), Türkiye'nin dış ekonomik ilişkilerini yeniden tanımladığı gibi, içerideki politika seçimlerini de yönlendirmiştir. Tek parti döneminin son yıllarında uygulanan korumacı-devletçi modelin gevşetilmesi yönündeki ilk adımlar aslında 1946'da atılmıştır. Aynı yıl yapılan devalüasyonla birlikte dolar kuru 1 lira 30 kuruştan 2 lira 80 kuruşa çıkarılmış; Türk lirası yaklaşık yüzde 116 oranında değer kaybetmiştir. Bu, çok partili döneme geçişin arifesinde, hem dış dengesizlikleri gidermeyi hem de Bretton Woods kurumlarının beklentilerine uyum sağlamayı amaçlayan bir adım olarak yorumlanmaktadır. Dolayısıyla 1950'de DP'nin devraldığı miras, salt bir devletçi yapı değil; halihazırda dışa açılma istikametinde tedrici biçimde dönüşmeye başlamış bir ekonomidir.

Boratav'ın "politikaların sürekliliği" olarak tanımladığı bu olgu, 1947 sonrası yabancı sermayeye yönelik kısıtlamaların gevşetilmesinden 1951 Yabancı Sermayeyi Teşvik Kanunu'na ve 1954 Petrol Kanunu'na uzanan bir hat üzerinden de okunabilir (Boratav, 2003). DP'nin söylem düzeyindeki ani liberal kopuş iddiası, uygulamada CHP'nin son yıllarında başlamış olan politika değişikliklerinin sürdürülmesi ve derinleştirilmesi biçiminde tezahür etmiştir. Bu nedenle, 1950 öncesi ve sonrası arasında kesin bir çizgi çekmek yerine, II. Dünya Savaşı sonrası süreci bir bütün olarak ele almak daha açıklayıcıdır.

2.2. Marshall Yardımları, Tarımsal Mekanizasyon ve Kredi Genişlemesi

Dönemin iktisat politikasının en görünür yüzü, kuşkusuz tarımsal alanda yaşanan dönüşümdür. Marshall Planı çerçevesinde Türkiye'ye ulaşan kaynakların önemli bir bölümü tarım sektörüne, özellikle de makineleşmeye yönlendirilmiştir. Plan kapsamında 1948'den 1959 yılı ortasına kadar Türkiye'ye yaklaşık 1,2 milyar dolarlık yardım yapılmıştır. Bu yardımların tarım, madencilik ve karayolu yapımı alanlarında yoğunlaştığı bilinmektedir.

Mekanizasyonun en somut göstergesi traktör sayısındaki artıştır. 1948'de yaklaşık 1.750 olan traktör sayısı, 1952'de 31 bini geçmiş, dönemin ortalarından itibaren ise yüz binli rakamlara doğru yükselmeye devam etmiştir. Bu denli hızlı bir mekanizasyon, geniş tarım arazilerinin üretime açılmasına olanak tanımış; özellikle iç bölgelerde işlenebilir alan miktarı önemli ölçüde genişlemiştir. Buna ek olarak Ziraat Bankası eliyle yürütülen zirai kredi hacmi de dönem boyunca dikkat çekici biçimde artmıştır.

Bu genişlemeci politikanın 1950–1953 döneminde olağanüstü olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Söz konusu yıllarda elverişli iklim koşulları, Kore Savaşı'nın yarattığı tarımsal emtia talebi ve dış kaynakla finanse edilen makineleşme bir araya gelerek tarımsal üretimde rekor düzeylere ulaşılmasını sağlamıştır. Türkiye, bu dönemde dünyanın büyük buğday ihracatçıları arasına girmiştir. Ancak bu olumlu tablonun, büyük ölçüde döngüsel faktörlerin örtüşmesinden beslendiği gerçeği, sonraki yıllarda açıkça görünür hale gelecektir.

Tarımsal genişlemenin altında yatan dinamikler bağlamında dikkat çekici bir nokta da, kalkınma modelinin tarıma dayandırılmasının bir tercihten çok bir zorunluluk olarak şekillenmesidir. Marshall yardımının koşulları çerçevesinde Türkiye'nin Avrupa'nın gıda ve hammadde sağlayıcısı bir rol üstlenmesi beklenmiş, ağır sanayi yatırımlarından uzak durulması ima edilmiştir. Bu çerçevede yardımla gelen traktör ve diğer tarım aletlerinin hangi bölgelerde ve hangi ürünler için kullanılacağı bile büyük ölçüde önceden belirlenmiştir. Örneğin tütün üretimi yapılan vilayetlerde traktör kullanımı sınırlandırılırken, pamuk ve buğday için elverişli alanlarda mekanizasyon teşvik edilmiştir.

Bu durum, dönemin tarımsal politikasını sadece içeride alınmış bir tercih olarak değil, küresel iş bölümünün Türkiye'ye biçtiği konum çerçevesinde okumayı zorunlu kılar. Tarıma yapılan vurgu, kısa vadede yüksek büyüme oranları sağlamış; ancak Türkiye'nin sanayileşme açısından izlemesi gereken yapısal dönüşümü ertelemiştir. Bu erteleme, dönemin sonraki yıllarında ortaya çıkan döviz darboğazıyla yakından ilişkilidir.

2.3. Karayolu Odaklı Altyapı Politikası

DP döneminin ikinci belirleyici ekseni, ulaştırma politikasında demiryolundan karayoluna belirgin biçimde geçilmesidir. 1950 yılında Şose ve Köprüler Reisliği yeniden yapılandırılarak Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Bu kurumsal yenilenme, yapım tekniklerinde de köklü bir değişimle örtüşmüştür: II. Dünya Savaşı sonrasında iş makinelerindeki gelişmeler, kazma kürekle yapılan yol inşaatından makineli yol yapımına geçilmesini olanaklı kılmış ve yol yapımının hızı ile ölçeği dramatik biçimde artmıştır.

Karayolu odaklı yatırım tercihi, sadece teknik veya iktisadi bir tercih değildi; aynı zamanda Marshall yardımının da yönlendirmesi çerçevesinde biçimlenmiştir. Yardımların önemli bir bölümünün karayolu inşaatına aktarılması, Türkiye'nin Soğuk Savaş'ın stratejik coğrafyasındaki konumu ile ilgili boyutlar taşımakta; aynı zamanda otomotiv sektörüne dayalı bir tüketim ekonomisinin altyapısının hazırlanması açısından da önemliydi. Karayolu ağının genişlemesi, kentleşmeyi, iç göçü ve piyasaların entegrasyonunu hızlandıran etkenlerden biri olmuştur.

Bununla birlikte, karayolu lehine yapılan tercih demiryolu yatırımlarının görece ihmal edilmesi sonucunu doğurmuştur. 1923–1950 döneminde 3 bin 780 kilometrelik yeni demiryolu inşa edilmiş ve toplam hat uzunluğu 7 bin 671 kilometreye çıkarılmışken, 1950 sonrasında demiryolu yatırımlarının ivmesi belirgin biçimde yavaşlamıştır. Bu ihmalin uzun dönemli sonuçları, sadece 1950'li yıllarla sınırlı olmayıp Türkiye'nin ulaştırma altyapısının yapısal özellikleri üzerinde günümüze kadar uzanan izler bırakmıştır.

Altyapı yatırımlarının döneme özgü bir başka boyutu da, finansman açısından büyük ölçüde dış kaynağa ve iç krediye dayanmasıdır. Yatırım hacmi genişledikçe Merkez Bankası kaynaklarına başvurma sıklığı artmış; bu durum, dönem boyunca para arzının hızla genişlemesi ve enflasyonist baskıların yükselmesi anlamına gelmiştir. Tezel'in vurguladığı üzere, altyapı yatırımlarının verimliliği ve dönüş hızı dikkate alındığında, sağlanan finansman yapısının sürdürülebilirliği başlangıçtan itibaren tartışmalı bir nitelik taşımıştır (Tezel, 2015).

2.4. Dış Ticaret, Döviz Darboğazı ve Karaborsanın Yükselişi

DP'nin ilk yıllarında dış ticaret rejimi belirgin bir liberalleşme dalgası yaşamıştır. İthalat kotaları gevşetilmiş, lisans rejimi yumuşatılmış, dış ticaret görece serbestleştirilmiştir. Bu tercihin altında hem dönemin iyimser konjonktürü hem de dış yardımla finanse edilen yüksek büyümenin yarattığı güven duygusu vardır. Ne var ki bu serbestleşme, kalıcı bir dış denge stratejisiyle desteklenmemiş; gevşek bir ithalat rejimi ile genişlemeci iç politikaların birlikteliği kısa süre içinde ciddi bir dış denge sorununa yol açmıştır.

1953'ün sonlarına gelindiğinde, döviz rezervlerinin hızla erimekte olduğu görülmüştür. Kore Savaşı'nın sona ermesiyle birlikte tarımsal emtia fiyatlarındaki düşüş, iyi hasat yıllarının ardından yaşanan kuraklık ve plansız ithalat genişlemesi bir araya gelince, 1954 itibarıyla derin bir döviz darboğazı belirginleşmeye başlamıştır. Hükümet bu döneme tepki olarak yeniden katı bir ithalat kontrolü rejimine dönmek zorunda kalmış; lisans, kota ve döviz tahsis sistemleri yeniden genişletilmiştir. Söylem düzeyinde liberalleşme korunsa da uygulamada koruyuculuk derinleşmiştir.

1953'te yaklaşık 396 milyon dolar tutarındaki ihracat, 1958'e gelindiğinde 245 milyon dolara gerilemiştir. Aynı dönemde dolaşımdaki para arzı yüzde 200'ün üzerinde genişlemiş; bu genişleme iç fiyatlar üzerinde güçlü bir baskı yaratmıştır. Resmi kurda 2,80 lira olan dolar, karaborsada çok daha yüksek seviyelerde alıcı bulmuş; mal piyasalarındaki darlık, sermayeyi spekülasyona, özellikle altın ve gayrimenkule yöneltmiştir. Bu süreç, dönemin iktisat politikasındaki tutarsızlığın gündelik hayata yansıyan en somut göstergelerinden birini oluşturmuştur.

Döviz darboğazının yapısal bir boyutu da, dış borçların hızla birikmesidir. Cumhuriyet tarihinde ilk moratoryum ilanı gerekliliği bu dönemde gündeme gelmiş; bu durum, mali bir yeniden yapılandırmayı ve istikrar programını adeta kaçınılmaz hale getirmiştir. 1958'e gelindiğinde Türkiye, dış kreditörler nezdinde itibarını büyük ölçüde yitirmiş; yeni dış kaynak akışını sürdürebilmek için kapsamlı bir programa ihtiyaç duyar hale gelmiştir.

2.5. 4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları

4 Ağustos 1958'de açıklanan istikrar kararları, Türkiye iktisat tarihinde yalnızca bir devalüasyon ile sınırlandırılamayacak kapsamlı bir programı ifade eder. Resmi metinde "devalüasyon" sözcüğü açıkça yer almasa da, uygulamada Türk lirası önemli oranda değer kaybetmiş; bir Amerikan doları 2,80 liradan 9 liraya çıkarılmıştır. Bu, yüzde 220'ye varan bir devalüasyon anlamına gelmektedir.

Programın temel bileşenleri şu şekilde özetlenebilir: Türk lirasının değerinin düşürülmesi, para arzının kontrol altına alınması, ithalat rejiminin yeniden düzenlenmesi, Kamu İktisadi Teşekküllerinin ürünlerine yapılan zamlarla kendi kaynaklarını yaratmaları ve böylece Merkez Bankası kaynaklarına başvurmalarının azaltılması, kamu harcamalarının kısılması ve dış borçların yeniden yapılandırılması. Bu kararlar karşılığında Türkiye, IMF, OEEC çerçevesindeki Avrupa Ödemeler Birliği (EPU) ve Amerika Birleşik Devletleri'nden yeni krediler temin etmiştir. Yaklaşık 422 milyon dolarlık eski borç ertelenmiş; 359 milyon dolar civarında yeni dış kredi sağlanmıştır.

1958 Kararları'nın Türkiye iktisat tarihindeki önemi çok boyutludur. Birincisi, bu kararlar, ileride sıklıkla yaşanacak olan IMF güdümlü istikrar programlarının ilk örneğini oluşturmuş; uluslararası mali kuruluşların Türkiye'nin iktisat politikasına doğrudan müdahil olduğu bir modeli kurumsallaştırmıştır. İkincisi, kararların açıklanmasının ardından ülke içinde ekonominin daralması, geri dönmeyen krediler nedeniyle çok sayıda küçük özel şirketin iflasına yol açmıştır. Üçüncüsü, alınan kararlar enflasyonu önleme açısından dış ödemeler darboğazını aşmaya nispeten daha başarılı sonuçlar üretmiş; ancak yapısal dengesizlikleri tümüyle gidermekten uzak kalmıştır.

Bu kararların siyasi sonuçları da göz ardı edilmemelidir. Devalüasyonun yarattığı toplumsal maliyetler, kentsel orta sınıfların gelir kaybı ve enflasyonun süregelen baskısı, DP iktidarının toplumsal tabanını aşındıran etkenler arasında yer almıştır. 27 Mayıs 1960 askeri müdahalesini önceleyen siyasi gerilim ortamı, salt siyasi değil; iktisadi temelleri de olan bir krizin tezahürü olarak okunmalıdır. Boratav'ın belirttiği üzere, 1958 programı esasen 1950 sonrasında izlenen modelin sürdürülemezliğinin resmi olarak kabulü anlamına gelmiştir (Boratav, 2003).

2.6. Genel Değerlendirme: Söylem ile Pratik Arasındaki Mesafe

1950–1960 döneminin iktisat politikası, söylem ile pratik arasındaki mesafenin en belirgin biçimde görünür olduğu dönemlerden biridir. Söylem düzeyinde liberalleşme, özel girişimin yüceltilmesi ve dışa açılma vurgusu hâkimken, pratikte devletin tarımsal destekleme, KİT'ler aracılığıyla üretim, altyapı yatırımları ve dış ticaret kontrolü gibi alanlarda artan bir rol üstlendiği görülmüştür. Kepenek'in (2017) işaret ettiği üzere, dönemin politikasını saf bir liberalleşme programı olarak nitelemek mümkün değildir; bu, devlet müdahalesinin biçim değiştirerek sürdüğü, fakat söylemsel olarak gizlendiği bir karmadır.

Dönemin yapısal kırılganlıklarını üreten temel etkenler şöyle sıralanabilir: Birincisi, büyümenin büyük ölçüde dış kaynağa (yardım ve borç) dayanması ve bu kaynağın koşulluluğunun iç politika seçimlerini sınırlaması. İkincisi, kalkınma stratejisinin sanayileşmeyi ihmal eden, tarıma yaslanmış bir büyüme modeline indirgenmesi. Üçüncüsü, planlama kapasitesinin ve kurumsal disiplinin yetersizliği; yatırım kararlarının teknik bir değerlendirmeden çok kısa vadeli siyasi hesaplarla alınması. Dördüncüsü, dış ticaret rejiminin

konjonktüre göre savrulması ve istikrarlı bir döviz stratejisinin oluşturulamaması. Bütün bu etkenler birikerek 1958'e ve dolaylı olarak 1960'a giden süreci hazırlamıştır.

Öte yandan, dönemi sadece başarısızlıklar üzerinden okumak da eksik bir değerlendirme olur. 1950'li yıllar Türkiye'de hızlı bir kentleşmenin, tarımsal modernleşmenin, ulaştırma altyapısındaki köklü dönüşümün ve toplumsal hareketliliğin yaşandığı yıllardır. Köyden kente göç, eğitim hizmetlerinin yaygınlaşması, sağlık altyapısının genişlemesi ve geniş bir piyasa ekonomisinin kurulması, dönemin uzun vadeli kazanımları arasında sayılabilir. Bu nedenle 1950–1960, ne yalnızca "altın yıllar" ne de salt bir "kriz dönemi" olarak görülmelidir; aksine, iki yönlü bir miras bırakan karmaşık bir geçiş kesiti olarak değerlendirilmelidir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada 1950–1960 döneminin Türkiye iktisat politikası, üç temel eksen üzerinden ele alınmıştır: tarımsal mekanizasyon ve kredi genişlemesi, karayolu odaklı altyapı yatırımları ve dış ticaret ile döviz politikalarının seyri. Yapılan inceleme, dönemin yaygın olarak benimsenen "liberalleşme dönemi" tanımının dönemin karmaşıklığını yansıtmakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Söylem düzeyinde piyasa odaklı bir yönelim öne çıkarken, uygulamada devlet müdahalesi farklı biçimlerde varlığını sürdürmüş; hatta kimi sektörlerde genişlemiştir.

Marshall yardımları ve traktör ithalatıyla desteklenen tarımsal genişleme, 1950–1953 arasında olağanüstü bir büyüme görüntüsü yaratmıştır. Ancak bu büyüme, büyük ölçüde dış kaynak akışına ve elverişli konjonktüre bağımlıydı. Konjonktürün tersine dönmesiyle birlikte, 1954 itibarıyla derinleşen döviz darboğazı, ithalat kontrollerinin yeniden sıkılaştırılmasını gerektirmiş; söylem ile uygulama arasındaki çelişkiyi yüzeye çıkarmıştır. Karayolu odaklı altyapı politikası ise, hem ulaştırma sektörünün niteliğini hem de Türkiye'nin uzun dönemli kalkınma rotasını belirleyen önemli bir tercih olmuştur.

4 Ağustos 1958 İstikrar Kararları, dönemin iktisat politikasının sürdürülemez olduğunun fiili kabulü niteliğindedir. IMF güdümünde alınan kapsamlı bu istikrar paketinin, sonraki dönemlerde benzer kriz-istikrar döngülerinin kurumsal prototipini oluşturduğu görülmektedir. Devalüasyon, KİT zamları, harcama kısıntıları ve borç yapılandırması gibi bileşenleriyle 1958 paketi, Türkiye'nin uluslararası mali kuruluşlarla kuracağı ilişkilerin temel çerçevesini de büyük ölçüde belirlemiştir.

Çalışmanın temel bulgusu şudur: 1950'li yıllar, basit anlamda bir liberalleşme veya devletçilik tartışmasına sıkıştırılamayacak kadar karmaşık bir geçiş evresidir. Bu yıllar, Türkiye'nin küresel kapitalist sistemle bütünleşmesinin önemli adımlarını içerirken, aynı zamanda dış kaynak bağımlılığı, kurumsal planlama eksikliği ve popülist genişleme arasındaki gerilimlerin biriktiği bir dönemdir. Dolayısıyla bu dönem, sadece kendi çerçevesi içinde değil; sonraki on yıllarda Türkiye'nin yaşayacağı pek çok kriz ve istikrar arayışının dinamiklerini de anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Gelecekteki araştırmalar için verimli bir alan, dönemin politika seçimlerinin bölgesel ve sınıfsal sonuçlarının daha ayrıntılı incelenmesidir. Tarımsal genişlemenin küçük üreticileri ile büyük arazi sahipleri üzerindeki farklılaşan etkileri, kentleşme süreçlerinin emek piyasaları açısından doğurduğu sonuçlar ve 1958 İstikrar Kararları'nın farklı toplum kesimlerine yansıyan maliyetleri, bu alanda derinleştirilmesi gereken konular olarak öne çıkmaktadır. Böylesi bir genişletilmiş inceleme, dönemin politik iktisadının daha bütüncül bir okumasına olanak verecektir.

KAYNAKÇA

Baytal, Y. (2007). Demokrat Parti Dönemi Ekonomi Politikaları (1950-1957). Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi, (40), 545-567.

Boratav, K. (2003). Türkiye İktisat Tarihi 1908-2002 (7. Baskı). Ankara: İmge Kitabevi.

Bulutoğlu, K. (1970). Türkiye'de Yabancı Sermaye. İstanbul: Gerçek Yayınevi.

Coşar, N. (2004). Kriz, Savaş ve Bütçe Politikası (1926-1950). İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
Dik, E. (2010). 1948: Marshall Planı'yla "Hür Dünya"ya Giriş. Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi, 9(20-21), 947-979.
Kaynar, M. K. (Haz.). (2015). Türkiye'nin 1950'li Yılları. İstanbul: İletişim Yayınları.
Kazgan, G. (2013). Tanzimat'tan 21. Yüzyıla Türkiye Ekonomisi. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
Kepenek, Y. (2017). Türkiye Ekonomisi (29. Baskı). İstanbul: Remzi Kitabevi.
Koçak, C. (2010). Türkiye'de Milli Şef Dönemi (1938-1945) (Cilt 1-2). İstanbul: İletişim Yayınları.
Oktar, S. ve Varlı, A. (2010). Türkiye'de 1950-54 Döneminde Demokrat Parti'nin Tarım Politikası. Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi, 28(1), 1-22.
Pamuk, Ş. (2014). Türkiye'nin 200 Yıllık İktisadi Tarihi: Büyüme, Kurumlar ve Bölüşüm. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
Şahin, H. (2009). Türkiye Ekonomisi: Tarihsel Gelişimi - Bugünkü Durumu (10. Baskı). Bursa: Ezgi Kitabevi.
Tezel, Y. S. (2015). Cumhuriyet Döneminin İktisadi Tarihi (1923-1950) (6. Baskı). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

1970-1990 DÖNEMİ TÜRKİYE EKONOMİSİNDE YAPISAL DÖNÜŞÜM: KRİZ, İSTİKRAR VE LİBERALLEŞME

Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
Balıkesir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, İktisat Tarihi ABD
ORCID ID: 0000-0003-0290-5949

ÖZET
Türkiye ekonomisi, 1970-1990 arasındaki yirmi yıllık dönemde köklü bir paradigma değişimine sahne olmuştur. Bu bildiri, söz konusu dönüşümü kriz dinamikleri, istikrar arayışları ve liberalleşme politikaları ekseninde analiz etmektedir. 1970'li yıllar, ithal ikameci sanayileşme modelinin yapısal tıkanıklıklarının belirginleştiği bir evre olarak öne çıkmaktadır. Döviz darboğazları, kronikleşen enflasyon, cari açık baskısı ve enerji krizlerinin dışsal şokları, ekonomiyi sürdürülemez bir patikaya yöneltmiştir. Siyasi istikrarsızlık ve toplumsal kutuplaşma, iktisadi kırılganlığı derinleştiren tamamlayıcı unsurlardır. 24 Ocak 1980 Kararları, bu tıkanıklığa verilen kapsamlı bir yapısal yanıt niteliği taşımaktadır. İhracata dayalı büyüme stratejisine geçiş, fiyat mekanizmasının serbestleştirilmesi, kamu iktisadi teşebbüslerinin yeniden yapılandırılması ve finansal piyasaların deregülasyonu, programın temel bileşenlerini oluşturmuştur. Bu süreçte devletin ekonomideki doğrudan üretici rolü gerilemiş, düzenleyici işlevi ön plana çıkmıştır. 1980'lerin ikinci yarısında sermaye hareketlerinin kademeli serbestleştirilmesi, Türkiye'nin küresel finansal sisteme eklemlenmesini hızlandırmıştır. Ancak bu dönüşüm; gelir dağılımında bozulma, reel ücretlerin gerilemesi ve spekülatif sermaye akımlarına karşı kırılganlık gibi yeni çelişkileri de beraberinde getirmiştir. Bildiri, dönemin iktisadi politikalarını hem iç tutarlılıkları hem de toplumsal sonuçları bakımından değerlendirerek, Türkiye'nin geç sanayileşen bir ekonomi olarak neoliberal dönüşümü özümseme biçiminin kendine özgü dinamiklerini tartışmaya açmaktadır.
Anahtar Kelimeler: İthal ikame, liberalleşme, 24 Ocak Kararları, yapısal uyum, Türkiye ekonomisi.

STRUCTURAL TRANSFORMATION IN THE TURKISH ECONOMY DURING THE 1970-1990 PERIOD: CRISIS, STABILIZATION, AND LIBERALIZATION

Abstract
The Turkish economy underwent a fundamental paradigm shift during the twenty-year period between 1970 and 1990. This paper analyzes the aforementioned transformation along the axes of crisis dynamics, stabilization efforts, and liberalization policies. The 1970s stand out as a phase in which the structural bottlenecks of the import-substitution industrialization model became increasingly apparent. Foreign exchange shortages, chronic inflation, current account deficit pressures, and the external shocks of energy crises pushed the economy onto an unsustainable path. Political instability and social polarization served as complementary factors that deepened economic fragility. The January 24, 1980 Decisions constituted a comprehensive structural response to this impasse. The transition to an export-oriented growth strategy, the liberalization of the price mechanism, the restructuring of state economic enterprises, and the deregulation of financial markets formed the core components of the program. The gradual liberalization of capital movements in the second half of the 1980s accelerated Turkey's integration into the global financial system. This paper evaluates the economic policies of the period in terms of both their internal coherence and their social consequences.

Keywords: Import substitution, liberalization, January 24 Decisions, structural adjustment, Turkish economy.

GIRIŞ

1970-1990 dönemi, Türkiye ekonomisinin yapısal niteliğinin köklü biçimde dönüştüğü, iktisat politikası tercihlerinin radikal bir kopuş yaşadığı ve devletin iktisadi alandaki rolünün yeniden tanımlandığı kritik bir tarihsel kesittir. Bu yirmi yıl içerisinde Türkiye; ithal ikameci sanayileşme stratejisinin tıkanması, derinleşen bir borç ve döviz krizi, 24 Ocak 1980 İstikrar Kararları'yla başlatılan kapsamlı yapısal uyum programı ve ardından 1989'da sermaye hareketlerinin serbestleştirilmesiyle sonuçlanan finansal liberalleşme süreci olmak üzere birbirini izleyen birçok eşik yaşamıştır (Boratav, 2015; Kepenek & Yentürk, 2011).

Bu çalışmanın temel sorusu şudur: 1970'lerin sonunda yaşanan iktisadi krize verilen yanıt neden ithal ikameci modelin onarılması yönünde değil, dışa açık ve piyasa odaklı bir paradigmaya geçiş yönünde şekillenmiştir? İlgili soruyu yanıtlamak için bildiri, üç temel eksen üzerinde ilerlemektedir. İlk eksen, 1970'li yıllar boyunca biriken yapısal tıkanıklıkların ve bu tıkanıklıkların 1977-1980 döviz ve borç krizinde nasıl yoğunlaştığının incelenmesidir. İkinci eksen, 24 Ocak 1980 Kararları'yla başlatılan istikrar ve yapısal uyum programının bileşenlerinin analizine ayrılmıştır. Üçüncü eksen ise 1980'lerin ikinci yarısında hızlanan ve 1989'da sermaye hesabının açılmasıyla doruğa ulaşan finansal liberalleşme sürecinin sonuçlarının değerlendirilmesidir (Celasun & Rodrik, 1989; Rodrik, 1990).

Çalışma, dönemi yalnızca makroekonomik göstergeler üzerinden değil, aynı zamanda bölüşüm ilişkileri, devletin değişen rolü ve geç sanayileşen bir ekonominin küresel kapitalizme eklemlenme biçimi açısından da ele almaktadır. Bu bağlamda Türkiye örneğinin, Latin Amerika ülkeleriyle paylaştığı ortak yapısal özellikler kadar kendine özgü dinamikler de barındırdığı vurgulanmaktadır (Aricanli & Rodrik, 1990). Bildiri belgesel ve nitel bir tarihsel-iktisadi analiz yaklaşımı benimsemekte, dönemin iktisat tarihi literatüründeki temel kaynaklarına ve uluslararası akademik tartışmalara dayanmaktadır. Yöntem olarak dönemin politikalarının iç tutarlılığı ve toplumsal sonuçları, hem yerli hem uluslararası ikincil kaynaklar üzerinden tartışılmaktadır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. İthal İkameci Sanayileşmenin Tıkanması ve 1970'li Yıllar

Türkiye, 1960'lı yılların başından itibaren planlı kalkınma çerçevesinde ithal ikameci sanayileşme (İİS) stratejisini benimsemiştir. Beş Yıllık Kalkınma Planları'nın yönlendirdiği bu modelde; sanayinin korunması, kamu iktisadi teşebbüslerinin (KİT) öncü rol oynaması, sabit kur rejimi, sıkı dış ticaret kontrolleri ve sermaye piyasalarının düzenlenmesi temel araçlar olarak kullanılmıştır (Kepenek & Yentürk, 2011). 1963-1976 döneminde Türkiye ekonomisi, ortalama %6-7 düzeyinde bir büyüme performansı yakalamış; özellikle dayanıklı tüketim malları ve ara malları üretiminde önemli kapasite genişlemeleri sağlanmıştır (Boratav, 2015).

Ancak modelin kendi içsel mantığı, bir süre sonra ciddi bir döviz darboğazı doğurmuştur. İthal ikamesi, özellikle ileri aşamalarında, üretimin sürdürülebilmesi için artan oranda ara malı ve yatırım malı ithalatına bağımlı hale gelmiştir. Bu durum, ihracat yeteneği yeterince geliştirilmemiş bir ekonomide kronik bir dış denge sorununa yol açmıştır (Şenses, 1991). 1973 ve 1979 petrol şokları, dünya enerji fiyatlarındaki keskin artışlarla birlikte Türkiye'nin dış açıklarını sürdürülemez boyutlara taşımıştır. Bu dönemde işçi dövizlerinin önemli bir kısa vadeli rahatlama sağladığı, ancak yapısal sorunu çözmediği vurgulanmaktadır (Pamuk, 2014).

1977-1980 arası dönem, Türkiye iktisat tarihinin en derin krizlerinden birinin yaşandığı dönemdir. Döviz rezervlerinin tükenmesi, dış borç servisinin yapılamaması, üretim için gereken ara malı ithalatının kesintiye uğraması, vesayet altında uygulanan çoklu kur sistemine rağmen karaborsanın yaygınlaşması ve enflasyonun üç haneli rakamlara ulaşması bu dönemin başlıca

göstergeleridir (Celasun & Rodrik, 1989). Buna ek olarak siyasi istikrarsızlık, kısa ömürlü koalisyon hükümetleri ve toplumsal kutuplaşma, iktisadi sorunlara yapısal bir çözüm üretilmesini zorlaştırmıştır (Kazgan, 2006).

2. 24 Ocak 1980 Kararları ve Yapısal Dönüşüm

24 Ocak 1980 İstikrar Kararları, yalnızca konjonktürel bir istikrar programı değil; aynı zamanda Türkiye ekonomisinin işleyiş mantığını köklü biçimde değiştirmeyi hedefleyen kapsamlı bir yapısal dönüşüm paketi olarak değerlendirilmektedir (Boratav, 2015; Şenses, 1991). Süleyman Demirel hükümetinde dönemin Başbakanlık Müsteşarı Turgut Özal tarafından hazırlanan program, IMF ve Dünya Bankası ile yakın işbirliği içerisinde tasarlanmış; 12 Eylül 1980 askeri müdahalesinin ardından siyasi muhalefetin baskı altına alındığı ortamda kararlı biçimde uygulamaya konulmuştur (Aricanli & Rodrik, 1990).

Programın temel bileşenleri şu şekilde özetlenebilir. İlki, Türk Lirası'nın yaklaşık %33 oranında devalüe edilmesi ve sonrasında kademeli olarak günlük kur ayarlamalarına geçilmesidir. İkincisi, ihracatın doğrudan teşviklerle (vergi iadesi, ucuz kredi, döviz tahsisi vb.) desteklenmesi; ithal ikame yerine ihracata dayalı büyüme stratejisinin benimsenmesidir. Üçüncüsü, fiyat denetimlerinin önemli ölçüde kaldırılması ve özellikle KİT ürünlerine büyük fiyat artışları uygulanmasıdır. Dördüncüsü, faiz oranlarının serbestleştirilmesi ve negatif reel faiz politikasının sonlandırılmasıdır. Beşincisi, ithalat rejiminin kademeli olarak liberalleştirilmesi ve nicel kısıtlamaların azaltılmasıdır (Şenses, 1991; Kepenek & Yentürk, 2011).

Programın ilk yıllarında, özellikle 1981-1985 döneminde, ihracat performansında çarpıcı bir artış gözlenmiştir. Mal ihracatı 1980'de yaklaşık 2,9 milyar dolar iken 1985'te 8 milyar doları aşmış; imalat sanayi ihracatının toplam ihracat içindeki payı belirgin biçimde yükselmiştir (Celasun & Rodrik, 1989). Ancak bu ihracat patlamasının ne ölçüde gerçek bir üretim atılımını, ne ölçüde teşviklerin yarattığı muhasebe hareketlerini yansıttığı tartışmalıdır. Rodrik (1990), 1980'lerin sonlarına doğru ihracat rakamlarındaki bir kısmın hayali ihracat uygulamalarıyla şişirilmiş olabileceğini ileri sürmüştür.

Programın bir diğer kritik boyutu, bölüşüm ilişkilerindeki köklü dönüşümdür. Reel ücretler 1980-1988 arasında belirgin biçimde gerilemiş; tarım iç ticaret hadleri tarım aleyhine bozulmuş; sermaye gelirlerinin millî gelir içindeki payı artmıştır (Boratav, 2015; Boratav, Türel & Yeldan, 1996). Toplu sözleşme düzeninin askıya alınması ve sendikal hareketin baskı altına alınması, bu dönüşümün siyasi-kurumsal koşullarını oluşturmuştur. Bu nedenle 24 Ocak programı, sadece bir ekonomi politikası değişikliği olarak değil, aynı zamanda yeni bir sınıfsal denge kurulması süreci olarak da okunmaktadır (Kazgan, 2006).

3. Finansal Liberalleşme ve Sermaye Hareketlerinin Serbestleştirilmesi

1980'lerin ikinci yarısı, Türkiye'nin yapısal dönüşümünün finansal boyutunun ön plana çıktığı dönemdir. 1980'de mevduat ve kredi faiz oranlarının serbestleştirilmesiyle başlayan süreç, 1981'de Sermaye Piyasası Kanunu'nun çıkarılması, 1986'da İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın yeniden açılması ve 1987'de Merkez Bankası bünyesinde para piyasası işlemlerinin başlatılmasıyla derinleşmiştir (Akyüz, 1990). Bu adımlar, finansal sistemin baskı altındaki yapısının çözülerek piyasa temelli bir yapıya kavuşturulması yönündeki politikaların somut yansımalarıdır.

Bu sürecin doruk noktası, Ağustos 1989'da yayımlanan 32 Sayılı Karar ile sermaye hareketlerinin neredeyse tamamen serbestleştirilmesidir. Türk Lirası'nın tam konvertibiliteye yaklaşan bir statü kazanması, yurt dışı kaynaklardan kredi teminin önündeki engellerin kaldırılması, yerleşik olmayanların Türkiye'deki menkul kıymet piyasalarına serbestçe girebilmesi gibi düzenlemeler, Türkiye'yi sermaye hareketlerine erken açan azgelişmiş ülkelerden biri haline getirmiştir (Rodrik, 1990; Boratav, 2015).

Bu erken finansal açılışın yarattığı kırılganlıklar literatürde geniş biçimde tartışılmıştır. Sermaye hesabının açılması, henüz fiyat istikrarı sağlanamamış, bütçe açıkları yüksek ve enflasyon kronik bir ekonomide gerçekleşmiştir (Rodrik, 1990). Bu koşullarda yüksek reel faiz-değerli kur kombinasyonu, kısa vadeli yabancı sermayeyi çekerken, aynı zamanda yurtiçi tasarruf-yatırım dengesini bozmuş ve dış ticaret açığını derinleştirmiştir. Boratav, Türel ve Yeldan (1996), bu yapının 1990'lı yılların ardışık krizlerinin (özellikle 1994 krizinin) zeminini hazırladığını ileri sürmüştür.

4. Dönemin Toplumsal Sonuçları ve Bölüşüm Boyutu

1980-1990 dönüşümünün toplumsal sonuçları, makroekonomik göstergelerin gösterdiğinden çok daha derin olmuştur. Reel ücretlerin gerilemesi, kamu istihdamının daraltılması, KİT'lerde yeniden yapılandırma ve özelleştirme hazırlıkları, sosyal harcamaların kısılması, hem işçi sınıfı hem de küçük ve orta ölçekli üreticiler aleyhine bir bölüşüm dönüşümü yaratmıştır (Boratav, 2015; Kazgan, 2006). Sendikal hareket üzerindeki baskı ve grev yasakları, ücret pazarlığı mekanizmalarını uzun süre işlevsizleştirmiştir.

Bunun yanı sıra, ihracat teşvikleri ve finansal serbestleşmeden büyük holdinglerin ve finansal sermayenin orantısız biçimde yararlandığı, küçük üretici ile büyük sermaye arasındaki uçurumun derinleştiği vurgulanmaktadır (Kepenek & Yentürk, 2011). Bu nedenle bazı yazarlar, 1980 sonrası dönüşümü Türkiye'de sermayenin lehine yeniden bölüşülen bir 'karşı saldırı' süreci olarak nitelendirmektedir (Boratav, 2015). Pamuk (2014) ise daha geniş bir perspektiften, 1980 sonrası Türkiye'nin büyüme performansının dünya ortalamasının üzerinde kalmaya devam ettiğini, ancak insani gelişme göstergeleri açısından aynı oranda iyileşmenin sağlanamadığını belirtmektedir.

Dönemin kurumsal mirası da kayda değerdir. Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı, Sermaye Piyasası Kurulu, Toplu Konut İdaresi, Bankacılık alanında yeni düzenleyici mekanizmalar gibi pek çok kurum, bu dönemde tesis edilmiş ya da yeniden yapılandırılmıştır (Kepenek & Yentürk, 2011). Devletin doğrudan üretici rolü gerilerken, düzenleyici-denetleyici işlevinin kurumsal altyapısı bu dönemde şekillenmiştir. Böylece Türkiye, 1990'lı yıllara hem bir kurumsal yenilenme deneyimi hem de tamamlanmamış istikrar sorunları ile birlikte girmiştir.

SONUÇ

1970-1990 arasındaki yirmi yıllık dönem, Türkiye ekonomisinin yapısal mantığında köklü bir kopuşa karşılık gelmektedir. 1970'lerin sonunda iflas noktasına gelen ithal ikameci sanayileşme modeli, yalnızca konjonktürel bir krizin değil; ihracat yeteneği geliştirilmeden tamamlanmaya çalışılan, döviz darboğazı ve dış borç bağımlılığı üreten yapısal bir tıkanıklığın da göstergesi olmuştur. 24 Ocak 1980 Kararları, bu tıkanıklığa verilen kapsamlı bir yanıt olarak Türkiye'yi ihracata dayalı, fiyat mekanizmasının görece serbest biçimde işlediği, dışa açık bir ekonomik düzene taşımıştır.

Ancak bu dönüşümün hem iç tutarlılığı hem de toplumsal sonuçları açısından önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. İhracat performansındaki ilk yılların başarısı, 1980'lerin ortasından itibaren yavaşlamış; ihracatın bir bölümünün sürdürülebilirliği ve gerçekliği literatürde tartışma konusu olmuştur. 1989'da sermaye hesabının erken açılması, fiyat istikrarı henüz sağlanmamış ve kamu açıklarının yüksek kaldığı bir ekonomide kısa vadeli sermaye akımlarına ve döviz kuruna duyarlı bir kırılganlık zemini yaratmıştır. Reel ücretlerin gerilemesi, tarım iç ticaret hadlerinin bozulması ve gelir dağılımının sermaye lehine değişmesi, dönüşümün bölüşüm boyutundaki en belirgin sonuçlarıdır.

Türkiye örneği, geç sanayileşen ve dış borç krizinden yapısal uyum yoluyla çıkmaya çalışan ülkelerin paylaştığı pek çok ortak özellik taşımakla birlikte; kendine özgü dinamiklere de sahiptir. Askeri yönetim koşullarında uygulamaya konulan bir programın sosyal muhalefetin baskı altında olduğu bir ortamda yürütülmesi, dönüşümün hızını ve içeriğini etkileyen kritik bir

bağlamı oluşturmuştur. 1980-1990 dönemi, hem Türkiye'nin küresel ekonomiye eklemlenme biçimini değiştirmiş hem de günümüze uzanan birçok yapısal sorunun (cari açık bağımlılığı, kısa vadeli sermaye akımlarına duyarlılık, gelir bölüşümünde bozulma) zeminini hazırlamıştır. Sonuç olarak 1970-1990 dönemi; krizin, istikrar arayışının ve liberalleşmenin iç içe geçtiği bir geçiş kesiti olarak Türkiye'nin iktisadi tarihinde benzersiz bir konum işgal etmektedir. Bu dönemi anlamak, yalnızca tarihsel bir merak konusu değil; Türkiye ekonomisinin günümüzdeki yapısal özelliklerinin köklerini kavramak açısından da kritik bir gerekliliktir.

KAYNAKÇA

Akyüz, Y. (1990). Financial system and policies in Turkey in the 1980s. T. Aricanli & D. Rodrik (Eds.), The political economy of Turkey: Debt, adjustment and sustainability (s. 98-131) içinde. London: Macmillan.

Aricanli, T., & Rodrik, D. (Eds.). (1990). The political economy of Turkey: Debt, adjustment and sustainability. London: Macmillan.

Boratav, K. (2015). Türkiye iktisat tarihi: 1908-2015. Ankara: İmge Kitabevi.

Boratav, K., Türel, O., & Yeldan, E. (1996). Dilemmas of structural adjustment and environmental policies under instability: Post-1980 Turkey. World Development, 24(2), 373-393.

Celasun, M., & Rodrik, D. (1989). Turkish experience with debt: Macroeconomic policy and performance. J. D. Sachs & S. M. Collins (Eds.), Developing country debt and economic performance, Volume 3: Country studies içinde. Chicago: NBER and University of Chicago Press.

Kazgan, G. (2006). Tanzimat'tan 21. yüzyıla Türkiye ekonomisi (3. bs.). İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.

Kepenek, Y., & Yentürk, N. (2011). Türkiye ekonomisi (24. bs.). İstanbul: Remzi Kitabevi.

Pamuk, Ş. (2014). Türkiye'nin 200 yıllık iktisadi tarihi: Büyüme, kurumlar ve bölüşüm. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Rodrik, D. (1990). Premature liberalization, incomplete stabilization: The Özal decade in Turkey (NBER Working Paper No. 3300). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Şenses, F. (1991). Turkey's stabilization and structural adjustment program in retrospect and prospect. The Developing Economies, 29(3), 210-234.

MÜZELERDE HİZMET KALİTESİ, MEMNUNİYET VE DAVRANIŞSAL NİYET ARASINDAKİ İLİŞKİDE KUŞAKLARIN ROLÜ

Rana Ebrar SAKAL
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı, Gölköy Kampüsü, Bolu
ORCID ID: 0009-0001-4547-0706
Eda MUTLU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı, Gölköy Kampüsü, Bolu
ORCID ID: 0009-0009-9575-6188
Doç. Dr. Onur Cüneyt KAHRAMAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı, Gölköy Kampüsü, Bolu
ORCID ID: 0000-0001-7773-8757

ÖZET

Hizmet sektöründe kalite birçok faktörü etkileyen bir etkendir. Hizmet kalitesi, hizmetin zamanına, kimin sağladığına, nerde sağlandığına ve en önemlisi kişiden kişiye değişebilmektedir. Aynı hizmeti alan kişiler hizmetin kalitesini kendi bakış açısına göre değerlendirir. Hizmet kalitesinin ortaya çıkmasında beklenti ve algılanan hizmetin karşılaştırılması büyük rol oynamaktadır. Destinasyonların hizmet kalitesi tüketicinin davranışsal niyetini olumlu veya olumsuz şekilde doğrudan etkilemektedir. Kültürel mirasın turistlere en iyi şekilde yansıtıldığı destinasyonlardan biri olan müzelerde hizmet kalitesini etkileyen faktörler tüketiciler açısından farklı algılanmaktadır. Ayrı kuşaktaki tüketicilerin beklentilerinin farklı olmasından dolayı belirli bir hizmeti aynı algılamayacaktır. Bu nedenle farklı kuşaktaki turistlerin kalite anlayışları da değişmektedir.

Memnuniyet kavramı genellikle beklentinin karşılanma düzeyiyle ölçülse de turizm sektöründe bu bakış açısı yetersiz olmaktadır. Müzelerde memnuniyet düzeyi sadece kaliteli hizmet ile değil bu kalitenin ziyaretçilerde oluşturduğu duygusal tatmin, otantiklik hissi ve öğrenme deneyiminin birleşimiyle artmaktadır. Duygusal olarak bir destinasyonu ziyaret eden turist, hizmet kalitesi mükemmel olmasına rağmen destinasyondan memnun ayrılmayabilir. Tam tersi durumda beklentiler karşılanmadığı zaman turist destinasyondan memnun da ayrılabilir. Bu nedenle turizm sektörü hizmetin sadece sunumuna değil haz duygusuna odaklanmalıdır. Farklı yaş aralığındaki turistler, aynı fiziksel özellikleri farklı yorumlayabilmektedir. Bu sebeple subjektif yapıya sahip olan memnuniyet kavramı kuşaklar arasında karşılaştırma yapılarak analiz edilmelidir. Analiz edilmediği durumlarda ve yaş grubu düşünülmeden hizmet sunulduğunda herkes için aynı tatmin oluşmayacaktır.

Müşteri memnuniyetinin, aidiyet duygusu üzerinde olumlu etkisinin olması, turistin müzeyi tekrar ziyaret etmesi ve yakınlarına tavsiye etme eğiliminde bulunmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Z kuşağı ile daha geleneksel hizmet beklentileri olan X ve Y kuşaklarının müze deneyimleri karşılaştırılmasına yönelik literatür taraması ve anket oluşturulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Hizmet kalitesi, memnuniyet, davranışsal niyet, müze

THE ROLE OF GENERATIONS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN SERVICE QUALITY, SATISFACTION AND BEHAVIORAL INTENTION IN MUSEUMS

ABSTRACT

Quality is a fundamental determinant that influences numerous factors in the service sector. Service quality is inherently heterogeneous, and it can vary depending on the time of delivery, the service provider, the physical environment, and the individual consumer. Individuals receiving the identical service evaluate its quality through their own subjective perspectives. The disconfirmation paradigm, which involves the comparison between expectations and perceived service performance, plays a pivotal role in the determining service quality. The service quality of a destination directly impacts consumers' behavioral intentions, either positively or negatively. In museums, the factors influencing service quality are perceived differently by consumers in the destinations that optimally reflect cultural heritage to tourists. Due to their divergent expectations, consumers from distinct generational cohorts do not perceive a given service uniformly. Consequently, the conceptualization of quality varies among tourists across different generations.

Although the concept of satisfaction is generally measured by the degree to which expectations are met, this paradigm remains inadequate within the tourism context. In museums, satisfaction levels are enhanced not merely by high-quality service delivery, but through the combination of emotional satisfaction, a sense of authenticity, and the learning experience that this quality induces in visitors. A tourist visiting a destination with emotional motivations may not depart satisfied, even if the objective service quality is flawless. Conversely, a tourist might leave highly satisfied even when their initial expectations are unmet. Therefore, the tourism industry must focus not solely on the functional delivery of a service, but also on the hedonic experience. Tourists from different age cohorts can interpret the same physical attributes in disparate ways. For this reason, the inherently subjective concept of satisfaction must be analyzed through intergenerational comparisons. In the absence of such analysis, providing services without considering age demographics will fail to generate a uniform level of satisfaction for all visitors. The positive impact of customer satisfaction on a sense of belonging fosters tourists' propensity to revisit the museum and recommend it to others. This study aims to conduct a comprehensive literature review and develop a survey instrument to compare the museum experiences of Generation Z with those of Generations X and Y, who typically hold more traditional service expectations.

Keywords: Service quality, satisfaction, behavioral intention, museum

1. GİRİŞ

Küreselleşme ve teknolojik gelişmeler, turizm sektörünün en önemli ürünlerinden biri olan yer müzeleri köklü bir değişime zorlamaktadır. Müzeler, geleneksel dönemlerde yalnızca tarihi nesnelerin korunduğu ve sergilendiği bir yapıdayken, günümüzde ziyaretçilere bütünsel bir deneyim sunan, kâr amacı güden ya da gütmeyen modern hizmet işletmeleri haline gelmiştir (Goulding, 2000; Sert ve Karacaoğlu, 2018). Bu dönüşüm süreci, müzeler arasındaki rekabeti artırmış ve sürdürülebilir bir operasyonel başarı için "ziyaretçi odaklı" bir yönetim yaklaşımının benimsenmesini zorunlu kılmıştır. Bu yaklaşımın temel belirleyicisi ise hiç şüphesiz müzelerde algılanan hizmet kalitesidir. Hizmet kalitesi, doğası gereği soyut, heterojen ve üretim ile tüketimi eş zamanlı gerçekleşen bir süreçtir (Parasuraman, Zeithaml ve Berry, 1985). Müzeler özelinde hizmet kalitesi, eserlerin korunma düzeyinden sergileme alanlarının ambiyansına, sunulan bilgilerin yeterliliğinden personelin duyarlılığına kadar çok boyutlu bir yapı arz etmektedir (Frochot ve Hughes, 2000; Nowacki, 2005; Güneş vd. 2019).

Müze ziyaretçilerinin sergilenen eserlerden, müze ambiyansından, temizlikten ve personel duyarlılığından elde ettikleri algı, onların genel memnuniyet düzeylerini ve geleceğe yönelik davranışsal niyetlerini doğrudan şekillendirir. Bu noktada, homojen bir ziyaretçi kitlesinden bahsetmek mümkün değildir. Teknolojik, sosyal ve ekonomik kırılımlarla büyüyen farklı kuşaklar, müze deneyiminden oldukça farklı beklentilere sahiptir. Bu çalışma, müzelerde algılanan hizmet kalitesinin ziyaretçi memnuniyeti ve davranışsal niyet üzerindeki etkisini incelerken, bu ilişkiler arasında kuşaklar arası farklılıkların oynadığı düzenleyici ve açıklayıcı rolü ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda bir anket formu oluşturulmuş ve görünüş geçerliliğini sağlayabilmek adına 60 ziyaretçiye doldurtulmuştur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Hizmet Kalitesi

Hizmet, doğası gereği soyut, heterojen ve üretim ile tüketimin eş zamanlı gerçekleştiği, müşteri ve personel arasındaki etkileşimlere dayanan bir süreçtir (Grönroos, 2007). Pazarlama literatüründe kalite algısı, müşterinin hizmet öncesi beklentileri ile hizmet esnasında algıladığı performansın karşılaştırılması neticesinde ortaya çıkmaktadır (Parasuraman, Zeithaml ve Berry, 1985). Hizmetin zamanı, mekânı ve sunum biçimi gibi faktörlerin değişkenliği, aynı hizmetten yararlanan tüketicilerin kaliteyi farklı yorumlamasına yol açabilmektedir (Yıldız ve Diken, 2021).

Kültürel mirasın en önemli temsilcisi olan müzeler, rekabet avantajı sağlamak ve ziyaretçi çekmek amacıyla hizmet kalitesini sürekli artırmak durumundadır (İçil ve Celep, 2023). Müzelerde sergilenen eserlerin korunma düzeyi, iç ambiyans, temizlik ve sunulan bilgi yeterliliği gibi faktörler hizmet kalitesini oluşturan temel bileşenlerdir. Farklı demografik özelliklere ve kuşaklara mensup tüketicilerin bu faktörlere yönelik beklentileri ve dolayısıyla kalite algıları önemli farklılıklar göstermektedir.

2.2. Hizmet Kalitesi ve Davranışsal Niyet İlişkisi

Davranışsal niyet, turistin bir hizmeti deneyimlemesinin ardından ortaya çıkan ve geleceğe yönelik eylem planlarını kapsayan bir kavramdır. Destinasyon ve müze sadakatini belirleyen en temel eylem planları; yeniden ziyaret etme, tavsiye etme ve olumlu ağızdan ağıza iletişim (WOM) yayma eğilimleridir (Kahraman ve Cifci, 2023; Öztürk, 2021).

Hizmet kalitesi, destinasyon sadakatinin ve olumlu davranışsal niyetlerin oluşturulmasında doğrudan ve güçlü bir etkiye sahiptir. Ziyaretçilerin müze ortamında algıladıkları yüksek hizmet kalitesi, onların işletmeye olan bağlılığını artırmakta ve destinasyonu başkalarına önerme niyetini güçlendirmektedir (Ali, Ryu ve Hussain, 2016). Buna karşın, hizmet kalitesinin düşük algılanması, müşterinin işletmeden ayrılmasına ve olumsuz WOM gibi şikâyet davranışları sergilemesine zemin hazırlamaktadır (Dikici ve Akkılıç, 2023).

2.3. Hizmet Kalitesi ve Memnuniyet Arasındaki İlişki

Memnuniyet, yalnızca beklentinin bir sonucu olarak değil, hissedilen duyusal bir haz durumu olarak ele alınmaktadır. Müzeler bağlamında memnuniyet, salt eserlerin incelendiği bir eylem değil; öğrenme ve eğlenme unsurlarının da dahil edildiği bütünsel bir deneyimdir (Harrison ve Shaw, 2004). Ziyaretçinin müze ortamında yakaladığı otantiklik hissi ve geçmişle kurduğu bağ, memnuniyet düzeyini maksimize etmektedir. Algılanan hizmet kalitesi; müzenin bilgi aktarma yeteneği, personel duyarlılığı, erişilebilirlik ve sergi düzeni gibi unsurlarla ziyaretçinin estetik deneyimini derinleştirerek memnuniyeti doğrudan ve pozitif yönde etkilemektedir (Wu ve Li, 2015).

2.4. Memnuniyet ve Davranışsal Niyet Arasındaki İlişki

Tüketicilerin satın alma deneyimleri sonucunda oluşan memnuniyet veya memnuniyetsizlik duyguları, davranışsal niyetin temel öncülüdür. Literatürdeki güncel çalışmalar, memnuniyetin

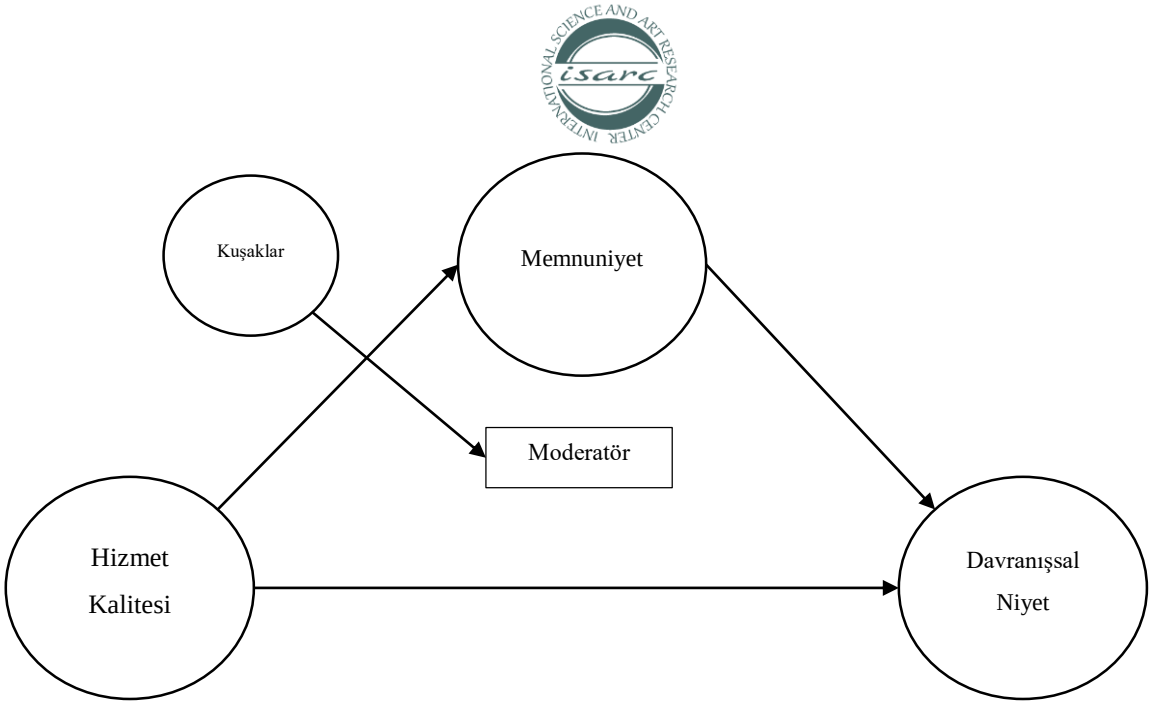
sadakat ve davranışsal niyet üzerinde güçlü ve pozitif bir etkisi olduğunu istikrarlı bir şekilde kanıtlamaktadır (Altınay Özdemir, 2020). Memnuniyet sağlandığında, ziyaretçilerle kurulan kuvvetli bağ aidiyet duygusunu beslemekte; yüksek memnuniyet düzeyine sahip ziyaretçilerin aynı destinasyonu tekrar ziyaret etme ihtimalleri anlamlı derecede artmaktadır (Arslan ve Şimşek, 2022).

2.5. Memnuniyet Aracı Rolü

Hizmet kalitesi, davranışsal niyet oluşturma aşamasında her zaman tek başına yeterli olmamaktadır. Ziyaretçilerde tekrar ziyaret etme, yakınlarına tavsiye etme veya mutsuz ayrılma gibi davranışsal niyetlerin ortaya çıkmasında memnuniyet faktörü de hizmet kalitesi gibi etkili olmaktadır. Davranışsal niyet, hizmet kalitesinin ziyaretçiyi memnun etmesi sonrası ortaya çıkmaktadır. Bir müzedeki güvenlik, yönlendirme, bilgilerin yeterliliği gibi hizmet faktörleri ziyaretçilerin beklentisini karşılıyorsa tatmin duygusu ile beraber memnuniyet ortaya çıkmakta ve bunun sonucunda da olumlu davranışsal niyet oluşmaktadır. Ziyaretçinin hizmet kalitesine yönelik bilişsel değerlendirmelerinin somut bir tavsiye veya tekrar ziyaret niyetine dönüşebilmesi için memnuniyetin aracı rol oynaması gerekmektedir (Cronin, Brady ve Hult, 2000). Kültürel miras gibi insanların büyük bir beklenti içinde olduğu bir alan için sadece hizmet kalitesi tekrar ziyaret, ait hissetme gibi davranışları ortaya çıkarmayacaktır. Müze gibi tarihi destinasyondaki ziyaretçilerde tatmin duygusu ortaya çıkarılmalıdır. Bu durum yalnızca beklentiyi karşılamaktan ziyade hizmet kalitesi ile ziyaretçinin kendi düşüncelerinin uyuşması gerekmektedir (Chen ve Chen, 2010).

2.6. Kuşakların Turizmde Hizmet Kalitesi, Memnuniyet ve Davranışsal Niyet ile İlişkisi

Turistlerin beklentilerini ve algılarını şekillendiren en temel faktörlerden biri, yetiştikleri dönemin sosyo-ekonomik ve teknolojik iklimidir. Geleneksel kuşaklar ve X kuşağı standart, sorunsuz ve personelin ilgisine dayalı bir hizmetten memnuniyet duyarak sadakat geliştirdiği düşünülmektedir. Ancak Y ve özellikle Z kuşakları için bu geleneksel yaklaşım yeterli olmamakta, daha kişiselleştirilmiş ve dijital entegrasyona sahip deneyimler talep edilmektedir (Haddouche ve Salomone, 2018). Müze bağlamında incelendiğinde, önceki kuşaklar hizmet kalitesini eserlerin korunması ve bilgilerin detaylı okunabilirliği üzerinden değerlendirirken, dijital yerli olan yeni kuşaklar kaliteyi müzedeki teknolojik donanım, artırılmış gerçeklik uygulamaları ve interaktif deneyimler üzerinden konumlandırmaktadır (Tom Dieck ve Jung, 2017). Bu bağlamda, kuşak farklılıkları yalnızca algılanan kaliteyi değil aynı zamanda kalitenin memnuniyete ve memnuniyetin de davranışsal niyete dönüşmesini etkileyen önemli bir düzenleyici değişken olabilir. Bu kapsamda oluşturulan araştırma modeli aşağıdaki şekilde görülebilir.



Şekil 1. Önerilen Araştırma Modeli

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

3.1. Veri Toplama Araçları

Bu araştırma, müze ziyaretçilerinin algıladıkları hizmet kalitesi, memnuniyet düzeyleri ve davranışsal niyetleri arasındaki ilişkide kuşakların rolünü belirlemek amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden yararlanmayı hedeflemektedir. Bu açından veri toplama aracı olarak yapılandırılmış anket formu oluşturulmuştur. Anketin birinci bölümünde; katılımcıların yaş, cinsiyet, eğitim durumu gibi tanımlayıcı ve demografik özelliklerini belirlemeye yönelik ifadeler yer almaktadır.

Anketin ikinci bölümünde ise araştırmanın kavramsal modelinde yer alan değişkenleri ölçmeye yönelik akademik ölçekler bulunmaktadır. Bu kapsamda, müze ziyaretçilerinin hizmet kalitesine yönelik algılarını ölçmek amacıyla Frochot ve Hughes, 2000 tarafından oluşturulan ve Güneş, Pekerşen, Alagöz ve Sivrikaya (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan 24 ifadeden oluşan ölçekten yararlanılmıştır. Ziyaretçilerin müze deneyiminden elde ettikleri tatmin düzeyini belirlemek adına Sop, Yeşiltaş ve Soslu (2019) tarafından kullanılan 5 maddelik memnuniyet ölçeği araştırmaya dâhil edilmiştir. Katılımcıların tavsiye etme ve yeniden ziyaret etme niyetlerini ölçmek amacıyla ise Kahraman ve Cifci (2023) tarafından 6 ifadeden oluşturulan davranışsal niyet ölçeğinden faydalanılmıştır. Anket formunda yer alan hizmet kalitesi ve memnuniyet değişkenlere ait ifadelerin değerlendirilmesinde, katılım düzeyini net bir şekilde belirleyebilmek amacıyla 5'li Likert tipi ölçek (1: Kesinlikle Katılmıyorum – 5: Kesinlikle Katılıyorum) kullanılmıştır. Davranışsal niyet ölçeği ise 7'li Likert tipi ölçek olarak kullanılmıştır.

Ankette yer alan ölçeklerin anlaşılan dil düzeyini, yapısal uygunluğunu, geçerliliğini ve güvenilirliğini sınamak amacıyla ana uygulama öncesinde bir pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda hazırlanan anket formu, müzeyi yakın zamanda ziyaret etmiş 60 katılımcıdan oluşan bir pilot örneklem grubuna uygulatılmıştır. Pilot testten elde edilen ilk veriler doğrultusunda Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayıları incelenmiş, ifadelerin anlaşılırlığı netleştirilerek anket formuna nihai şekli verilmiştir.

3.2. Araştırma Evren ve Örneklemi

Bu araştırmanın evrenini İstanbul Arkeoloji Müzesi'ni ziyaret eden turistler oluşturmaktadır. İstanbul Arkeoloji Müzesi'nin yıllık ziyaretçi sayısının oldukça yüksek (530 bin) olduğu bilinse de araştırmanın yürütüldüğü spesifik zaman diliminde müzeyi ziyaret eden ve araştırmanın odak noktasını oluşturan farklı kuşaklara mensup turistlerin kesin sayısı net olarak

bilinmemektedir (T.C. İstanbul Valiliği, 2022). Araştırma kapsamında zaman ve maliyet kısıtları nedeniyle evrenin tamamına ulaşmak mümkün olmadığından, verilerin toplanmasında tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Verileri toplayabilmek adına yapılandırılmış bir anket formu oluşturulmuş ve İstanbul Arkeoloji Müzesi'ni ziyaret eden katılımcılara ulaştırılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan anket ile ilgili olarak gerekli etik kurul raporu Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Karar No: 2025/10).

Katılımcıların yaş ortalaması yaklaşık 28'dir (13 ile 56 yaş arası). Katılımcıların %60'ı kadın (36 kişi), %40'ı erkektir (24 kişi). Katılımcıların büyük çoğunluğu yüksek eğitim seviyesine sahiptir; 33 kişi lisans, 6 kişi lisansüstü mezunudur. Katılımcıların çoğu bekardır.

Tablo 1. Demografik Veriler

Yaş	**Frekans (n)**	**%**
25 yaş ve altı	26	43,33
26-35 yaş	19	31,67
36-45 yaş	12	20
46-55 yaş	2	3,33
56 yaş ve üstü	1	1,67
Toplam	***60***	***100***
Cinsiyet	**Frekans (n)**	**%**
Kadın	36	60
Erkek	24	40
Toplam	***60***	***100***
Medeni Durum	**Frekans (n)**	**%**
Bekar	42	70
Evli	18	30
Toplam	***60***	***100***
Eğitim Durumu	**Frekans (n)**	**%**
İlköğretim	7	11,67
Lise	7	11,67
Önlisans	7	11,67
Lisans	33	55
Lisansüstü	6	10
Toplam	***60***	***100***

3.3. Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizi istatistiksel paket programdan (SPSS) yararlanılmıştır. Analiz süreci temel olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ankete katılan ziyaretçilerin demografik özelliklerini belirlemek amacıyla frekans ve yüzde dağılımları incelenmiştir. İkinci aşamada, araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının (hizmet kalitesi, memnuniyet ve davranışsal niyet ölçekleri) iç tutarlılığını test etmek amacıyla güvenilirlik analizleri yapılmış ve ölçeklerin Cronbach's Alpha katsayıları hesaplanmıştır. Son aşamada ise, müze ziyaretçilerinin ilgili ölçeklerde yer alan ifadelere verdikleri yanıtların düzeylerini tespit etmek amacıyla betimsel istatistik analizleri uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Araştırmanın veri toplama aracının iç tutarlılığını ve yapısal uygunluğunu test etmek amacıyla 60 katılımcı ile gerçekleştirilen pilot çalışma verilerine ait güvenilirlik katsayıları ve betimsel

istatistik değerleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, araştırmanın temel bağımsız değişkeni olan genel hizmet kalitesi ölçeğinin Cronbach's Alpha değeri 0,932. Memnuniyet ölçeğinin 0,827 ve davranışsal niyet ölçeğinin ise 0,914 olarak hesaplanmıştır. Literatürde kabul gören 0,70 eşik değerinin oldukça üzerinde olan bu katsayılar, araştırmada kullanılan ana ölçeklerin yüksek derecede güvenilir olduğunu ve ana uygulamada kullanılmaya uygunluğunu kanıtlamaktadır (Hair vd., 2022). Hizmet kalitesi ölçeğinin alt boyutları bağlamında heveslilik (0,810), fiziksel özellikler (0,844), iletişim (0,789) ve tüketim maddeleri (0,744) boyutlarının iç tutarlılıklarının yeterli seviyede olduğu görülürken; empati alt boyutunun güvenilirlik katsayısı (0,452) kabul edilebilir sınırın altında kalarak yapısal bir revizyona ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Katılımcıların ifadelere verdikleri yanıtların aritmetik ortalamaları incelendiğinde, İstanbul Arkeoloji Müzesi'ne yönelik genel hizmet kalitesi ve memnuniyet algısının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle müzenin ilgi çekiciliği ve eserlerin görülmeye değer olması en çok takdir edilen unsurlar olurken; müze personelinin ziyaretçilere ayırdığı vakit ve çocuklara yönelik aktivitelerin eksikliği en düşük puanlanan hizmet kalemleri olarak öne çıkmıştır.

Tablo 2. Ölçeklere İlişkin Tanımlayıcı Bulgular

	n	**Cronbach's Alpha**	**Ortalama**	**Standart Sapma**
HİZMET KALİTESİ	60	**0,932**		
Heveslilik	60	**0,810**		
Müzenin ziyaret saatleri uygundur	60		4,450	,98161
Müze personeli yardımsever ve naziktir	60		3,9500	,96419
Müzede rahatsız edici bir kalabalık yoktur	60		4,4833	,96536
Müze personeli ziyaretçileri sıcakkanlı karşılar	60		3,4000	1,01179
Müze personeli ziyaretçilerin isteklerini karşılayabilecek bilgiye sahiptir	60		3,6000	,92425
Ziyaretçilere müze içerisindeki alanlara erişim kısıtlaması bulunmamaktadır	60		4,2667	1,33869
Müze personeli ziyaretçilere yeterince vakit ayırır	60		3,2500	,85618
Müze personeline ihtiyaç duyulduğunda ulaşılabilir	60		4,2000	,93519
Fiziksel Özellikler	60	**0,844**		
Müzede görülmeye değer ilginç eserler sunulmaktadır	60		4,7333	,75614
Müze ilgi çekicidir	60		4,8167	,56723
Müzenin genel temizliği ve bakımı tatmin edicidir	60		4,7333	,54824
Müze iyi korunmuş ve restore edilmiştir	60		4,7333	,63424
Müzedeki yön levhaları açık ve yardımcıdır	60		4,3500	1,03866
Müze özgünlüğü muhafaza edilmiştir	60		4,7000	,61891
Müze bahçesi ve parkında çok çeşitli bitkiler bulunmaktadır	60		3,8500	1,29961
İletişim	60	**0,789**		
Müzede yer alan müzeyle ilgili broşürlerde yer alan bilgiler yeterlidir	60		3,5333	1,15666
Müzede yer alan yabancı dilde hazırlanmış broşürler faydalıdır	60		3,5000	,91132

Müzede yer alan yer ve eserlerle ilgili bilgiler yeterlidir	60		3,9500	1,29438
Ziyaretçiler müzede bulunan farklı tesis ve çekicilikler hakkında bilgilendirilir	60		3,5833	1,34406
Tüketim Maddeleri	60	**0,744**		
Müzede bulunan hediyelik eşya dükkânlarında yeterli ürün seçenekleri bulunmaktadır	60		3,8500	1,13234
Tüketim alanlarındaki personel iyi hizmet vermektedir. (restoran, hediyelik eşya)	60		3,8167	1,03321
Müzede bulunan restoranlarda çok çeşitli yiyecek ve içecek sunulmaktadır	60		3,5333	1,18560
Empati	60	**0,452**		
Yaşlı ve engelli ziyaretçiler için müzeyi ziyaret etmek kolaydır	60		4,1667	1,19557
Müzede çocuklara yönelik aktiviteler bulunmaktadır	60		2,3000	,94421
MEMNUNİYET	60	**0,827**		
Bu müze, şu ana kadar ziyaret ettiğim en iyi müzelerden birisidir	60		4,4833	,77002
Müzeye yaptığım bu ziyaretimden memnun kaldım.	60		4,7333	,57833
Bu müzeyi ziyaret etmek iyi bir fikirdi.	60		4,7500	,60014
Bu müzede olmaktan keyif aldım.	60		4,8000	,51420
Bu müzeyi ziyaret ettiğim için pişmanım. (-)	60		1,1833	,65073
DAVRANIŞSAL NİYET	60	**0,914**		
Eğer fırsatım olursa, buraya tekrar giderdim.	60		4,3333	,98577
Burayla bir bağ kurdum.	60		5,4833	1,42009
Gelecekte burayı yeniden ziyaret ederim.	60		5,2833	1,57407
Burayı akraba ve arkadaşlarıma tavsiye ederim.	60		6,2000	1,28617
Bura hakkında olumlu şeyler söylerim.	60		6,2667	1,28705
Akraba ve arkadaşlarımı burayı ziyaret etmeleri için teşvik ederim.	60		6,3500	1,23268

5. SONUÇ

Bu araştırmanın temel amacı, kültürel miras turizminin en önemli çekim merkezlerinden biri olan müzelerde algılanan hizmet kalitesinin, ziyaretçi memnuniyeti ve geleceğe yönelik davranışsal niyetler üzerindeki etkisini belirlemek ve bu ilişkisel süreçte farklı kuşakların düzenleyici rolünü ortaya koyabilmek adına bir model önermektir. İstanbul Arkeoloji Müzesi ziyaretçileri evreninde gerçekleştirilen ve kavramsal altyapısı literatürdeki güncel çalışmalarla temellendirilen bu model için veri toplama aracının geçerliliğini test etmek amacıyla 60 ziyaretçi ile gerçekleştirilen pilot çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, çalışmanın teorik altyapısını destekler niteliktedir. İstanbul Arkeoloji Müzesi'ne yönelik genel hizmet kalitesi ve memnuniyet algısının yüksek olduğu; özellikle müzenin fiziksel özellikleri, ilgi çekiciliği ve eserlerin özgünlüğünün ziyaretçiler tarafından en çok takdir edilen unsurlar olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, pilot bulgular müze personelinin ziyaretçilere ayırdığı vaktin yetersizliği ve çocuklara yönelik interaktif aktivitelerin eksikliği gibi operasyonel zayıflıkları da gün yüzüne çıkarmıştır. Bu durum, hizmet kalitesinin yalnızca fiziksel bir koruma statüsünden ibaret olmadığını, personelin hevesliliği ve hizmetin sunum biçimiyle doğrudan ilişkili olduğunu kanıtlamaktadır (Grönroos, 2007).

Kavramsal çerçevenin merkezinde yer aldığı üzere, müzelerde algılanan hizmet kalitesi, olumlu davranışsal niyetlerin oluşumu için tek başına yeterli bir öncül değildir. Ziyaretçilerin yüksek kaliteli bir fiziksel çevre algılamaları, ancak otantik bir hazza ve memnuniyete dönüştüğü takdirde somut bir sadakat eylemine yol açmaktadır. Bu bağlamda memnuniyet, hizmet kalitesi ile davranışsal niyet arasında vazgeçilmez bir köprü işlevi görmektedir. Gelecekte toplanacak veriler yardımıyla araştırmanın sonuçları ışığında müze yöneticilerine, özellikle İstanbul Arkeoloji Müzesi özelinde, hedef kitle bazlı stratejik pazarlama planları geliştirmelerine yönelik öneriler sunulacaktır.

Bu çalışmanın temel kısıtı, zaman ve maliyet sınırlandırmaları nedeniyle verilerin kolayda örnekleme yöntemiyle yalnızca İstanbul Arkeoloji Müzesi ziyaretçilerinden toplanmış olmasıdır. Gelecek araştırmalarda, farklı temalara sahip müzeler arasında karşılaştırmalı analizler yapılması önerilmektedir. Ayrıca, önerilen kavramsal modelin Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM) gibi gelişmiş istatistiksel tekniklerle büyük örneklemler üzerinde test edilmesi, kuşakların düzenleyici etkisinin istatistiksel gücünü daha net ortaya koyacaktır.

KAYNAKÇA

Ali, F., Ryu, K., & Hussain, K. (2016). Influence of experiences on memories, satisfaction and behavioral intentions: A study of creative tourism. Journal of Travel & Tourism Marketing, 33(1), 85-100.

Altınay Özdemir, M. (2020). Kültür Turizminde Aktivite Seçimi, Destinasyon İmajı Ve Kişiliğinin Davranışsal Niyet Üzerindeki Etkisi: İstanbul'a Gelen Yabancı Turistler Üzerinde Bir Araştırma (Yayınlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Arslan, A., & Şimşek, G. (2022). Unutulmaz turizm deneyimlerinin sosyal medya paylaşım davranışı ve genel memnuniyet aracılığıyla davranışsal niyetlere etkisi. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11(2), 744-762.

Chen, C. F., & Chen, F. S. (2010). Experience quality, perceived value, satisfaction and behavioral intentions for heritage tourists. Tourism Management, 31(1), 29-35.

Cronin, J. J., Brady, M. K., & Hult, G. T. M. (2000). Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions in service environments. Journal of Retailing, 76(2), 193-218.

Dikici, M.S ve Akkılıç, M.E. (2023). Algılanan Hizmet Kalitesi ile Davranışsal Niyetler Arasında Müşteri Memnuniyetinin Aracı Etkisi: Medikal Turistler Üzerine Bir Araştırma. İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 8(Özel Sayı): 275-298.

Frochot, I., & Hughes, H. (2000). HISTOQUAL: The development of a historic houses assessment scale. Tourism management, 21(2), 157-167.

Goulding, C. (2000). The museum environment and the visitor experience. European Journal of marketing, 34(3-4), 261-278.

Grönroos, C. (2007). Service management and marketing: Customer management in service competition (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Güneş, E., Pekerşen, Y., Alagöz, G., & Sivrikaya, K. K. (2019). Müze Ziyaretçilerinin Hizmet Kalitesine Yönelik Algılamaları: Mevlana Müzesi Örneği. Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi (Akad), 11(21), 591-612.

Haddouche, H., & Salomone, C. (2018). Generation Z and the tourist experience: tourist stories and use of social networks. Journal of Tourism Futures, 4(1), 69-79.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (3rd ed.). Sage Publications.

Harrison, P., & Shaw, R. (2004). Consumer satisfaction and post-purchase intentions: An exploratory study of museum visitors. International Journal of Arts Management, 6(2), 23-32.
İçil, H. B., & Celep, E. (2023). Şehir Marka Kişiliği ve Şehir İmajının Algılanan Hizmet Kalitesine Etkisi: Müze Örneği. Alanya Akademik Bakış, 7(2), 987-1013.
Kahraman, O. C., & Cifci, I. (2023). Modeling self-identification, memorable tourism experience, overall satisfaction and destination loyalty: Empirical evidence from small island destinations. Journal of Hospitality and Tourism Insights, 6(2), 1001–1023.
Nowacki, M. M. (2005). Evaluating a museum as a tourist product using the servqual method. Museum Management and Curatorship, 20(3), 235-250.
Öztürk, İ. (2021). Turizm Destinasyonunda Müşteri Başlılığı Davranışsal Niyetleri Etkiler Mi? Müşteri Deneyimi ve Müşteri Kimliğinin Aracı Rolü. Sivas İnterdisipliner Turizm Araştırmaları Dergisi/ Araştırma Makalesi 4(1), 2021, 13-22.
Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). "A conceptual model of service quality and its implications for future research". Journal of Marketing, 49(4), 41-50.
Sert, A. N., & Karacaoğlu, S. (2018). Müzelerdeki Hizmet Kalitesinin Memnuniyet Algısı ve Tavsiye Etme Niyeti Üzerindeki Etkisi: Anadolu Medeniyetleri Müzesi Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(2), 103-122.
Sop, S. A., Yeşiltaş, M., & Soslu, S. (2019). Fiziksel çevrenin müze ziyaretçileri üzerine etkisi: Burdur Müzesi örneği. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8(4), 3889–3910.
T.C. İstanbul Valiliği. (2022). İstanbul'daki Devlet Müzeleri 2022'de 7,5 Milyona Yakın Ziyaretçiyi Ağırladı. URL: https://www.istanbul.gov.tr/istanbuldaki-devlet-muzeleri-2022de-75-milyona-yakin-ziyaretciyi-agirladi. Erişim Tarihi: 15.04.2026.
Wu, H. C., & Li, T. (2015). An empirical study of the effects of service quality, visitor satisfaction, and emotions on behavioral intentions of visitors to the museums of Macau. Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism, 16(1), 80-102.
Yıldız, S. B., & Diken, B. (2021). Müze ziyaretçilerinin hizmet kalitesi algılamalarının memnuniyetleri üzerindeki etkisi: Topkapı Sarayı Müzesi örneği. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(3), 848-859.

ŞANLIURFA'NIN İLK UZUN MESAFELİ YÜRÜYÜŞ ROTASI GÖBEKLİTEPE YOLU PROJESİ

Dr. Abdulhalik PINAR
Harran Üniversitesi, İİBF, Kamu Yönetimi Bölümü
ORCID: 0000-0201-7160-5114
Doç. Dr. Sevcan YILDIZ
Harran Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Turist Rehberliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-2066-1941

Özet
Özel İlgi Turizmi kapsamında oluşturulan rotalar, turistleri yeni destinasyonlara çekmek amacıyla 1964 yılında ilk kez Avrupa Konseyi çalışma grubu tarafından gündeme getirilmiştir. Bu rotalar, iki veya daha fazla destinasyon arasında bulunan ve turizme altyapı oluşturan kültürel ya da kültürel olmayan değerlerin çeşitli yollarla bağlantısından oluşan bir sistemi tanımlamaktadır. Turistik bölgelerdeki turizm ürününe çeşitlilik katmakta; doğal, tarihi, kültürel, sosyal ve estetik değerlerin korunup geliştirilerek çekiciliklerinin sürdürülebilirliğinin hedeflendiği turizm çeşitliliğine imkân sunmaktadır. Çalışmanın amacı, zengin kültürel, doğal ve peyzaj değerlerine sahip olan Harran Üniversitesi – Göbeklitepe rotasının doğal ve kültürel peyzaj değerleri analiz edilerek, alternatif turizm rotalarının ortaya çıkartılmasıdır.
Anahtar Kelimeler: Göbeklitepe, Harran Üniversitesi, Kültür Rotası.

THE FIRST LONG-DISTANCE HIKING ROUTE OF ŞANLIURFA: THE GÖBEKLİTEPE TRAIL PROJECT

Abstract
Routes created within the scope of Special Interest Tourism were first brought up in 1964 by a working group of the Council of Europe with the aim of attracting tourists to new destinations. These routes define a system consisting of connections between two or more destinations, involving cultural or non-cultural values that form the infrastructure for tourism. They add diversity to the tourism product in tourist regions; they enable tourism diversity where the natural, historical, cultural, social, and aesthetic values are preserved and developed, aiming for the sustainability of their attractions. The aim of this study is to analyze the natural and cultural landscape values of the Harran University – Göbeklitepe route, which possesses rich cultural, natural, and landscape values, and to identify alternative tourism routes.
Keywords: Göbeklitepe, Harran University, Cultural Route.

Giriş

Yolların1 bir ülkenin bütün kısımlarını birbirine bağlaması açısından hayati öneme sahip olduğu tartışmaya gerek olmayan bir gerçektir. Yol ağı yerleşimlerin birbirine olan bağlantıları, denetim ve iletişim açısından bir coğrafyanın en önemli karasal altyapı öğesidir. İyi çalışan bir yol ağı örgütlü ve düzenli bir idare için gerekli olmakla birlikte, ekonomik döngü açısından da zaruriydi. Ayrıca yollar pek çok sosyal ve kültürel hareketliliğin ve ülke bütünlüğünün en önemli maddi ögeleri arasındadır. Yeni fikirlerin, oluşumların, kültlerin ve benzer pek çok olgunun ülkenin en izole kısımlarına bile ulaşabilmesi yollar ile mümkün olmuştur. Yollar en eski dönemlerden beri önemini hiç kaybetmemiş olsa da Roma Dönemi'nde daha da ön plana çıkmış ve gerek teknik gerekse uzun mesafeli yolların oldukça profesyonel bir şekilde yapılışı açısından Romalıların en önemli mühendislik uzmanlıkları arasında yer almıştır. Bu nedenle de yollar pek çok çalışmaya konu olmuştur (Fatih, 2022: 498).

Bir alanın doğal ve kültürel özelliklerinin bütünü olan peyzaj, doğa ve insan arasındaki karşılıklı etkileşimin en ilginç örneklerini sunar. İnsan ve peyzaj birbiriyle çok yakından ilişkili olup, doğadaki varlıkların/objelerin bütününün veya bir bölümünün, insan eliyle değiştirilip yeniden yorumlanması sonucu kültürel peyzajlar oluşmaktadır. Doğal ve kültürel peyzajlardan tatil ve dinlence amacıyla yararlanma çabası turizm faaliyetlerini ve turizm peyzajlarını beraberinde getirmiştir. Büyük oranda doğal çevrenin ve peyzajın çeşitliliğine, değerlerine bağlı turizm, ekonomik kalkınmaya başlı başına büyük ölçüde olanak sağladığı için yerel ve ulusal ölçekte genel olarak desteklenmektedir. Ancak uygulamaların bütüncül ve sürdürülebilir olmaması doğal ve kültürel peyzajların korunması zorunluluğu vardır (Tunç ve Yıldırım, 2024: 502).
Kültür rotaları ilk kez 1964 yılında Avrupa Konseyi çalışma grubu tarafından ortaya atılmıştır. Bu rotalar, turistleri bir bölgeye çekmenin yanı sıra onları zaman ve para harcamaya teşvik etme potansiyeline sahip olmayan çeşitli cazibe merkezlerini birbirine bağlamaktadır. Kültürel rotalar, farklı coğrafik unsurlar barındırması, farklı seyahat araçları kullanılabilmesi ve günümüze ya da tarihin belli bir dönemine ait unsurları birleştirebilmesi sebebiyle çeşitlilik göstermektedir (Tütüncü vd., 2020: 112).
Turizm sektöründe oluşturulan, kültür ve doğayı birleştiren rotalar son yıllarda gelişme gösteren turizm çeşitleri arasında yer almakta olup büyük ilgi görmektedir. Bu rotalar turistik ürün geliştirmeye, yeni destinasyonların oluşturulmasına katkıda bulunmakla birlikte aynı zamanda değişen tüketici eğilimlerine de cevap vermektedir. Böylece yeni deneyimler kazanmak isteyen ziyaretçiler bu destinasyonlara yönelmektedir. Gelişmekte olan turizm trendleri, alışılagelmiş kitle turizminden uzaklaşarak daha bireysel, daha esnek ve daha farklı deneyim sağlayan alternatiflerin öne çıkmasına sebep olmuştur. Rutin yapılan turistik aktivitelerin dışında bir deneyim yaşama arzusu içinde olan turistlerin turizm ürününden beklentileri; kültür ve bilgi düzeyini arttırması, eğlenceli ve kaliteli bir boş zaman değerlendirmesi yönünde olmaktadır (Akgündüz, 2016: 818, Sadakati, 2016: 818).
Ekoturizm kapsamında değerlendirilen etkinlikler ise büyük çeşitlilik göstermektedir. Başlıca ekoturizm etkinlikleri şu şekilde sıralanabilir; yayla turizmi, kuş gözlemciliği (ornitoloji), foto safari, yaban hayatı gözlemciliği, sportif olta balıkçılığı, bisiklet turizmi, balon turizmi, sualtı dalış, tarım ve çiftlik turizmi, av turizmi, botanik turizm, kamp karavan turizmi, mağara turizmi, dağ-doğa yürüyüşü (trekking), dağcılık, akarsu sporları (kano-rafting), yamaç paraşütü ve atlı doğa yürüyüşü gibi etkinliklerdir (Ardahanlıoğlu, 2013: 335).

1. Avrupa Kültür Rotaları

1987 yılından beri Avrupa Konseyi tarafından yürütülen Avrupa kültür rotaları programının amacı; Avrupa'nın farklı ülkelerinin ve kültürlerinin miraslarının ortak bir kültürel miras olduğunu ortaya koymak ve zaman ve mekanda seyahat etmenin yolunu göstermektir. Avrupa konseyinin temel ilkeleri olan; insan hakları, kültürel demokrasi, kültürel çeşitlilik ve kimlik, diyalog, zaman ve mekanı aşan karşılıklı alışveriş ve zenginleşmeyi sağlamayı amaçlamaktadır (Baştemur Tanrısever, 2009: 52).
Avrupa konseyi tarafından kültür rotaları programlarının amaçları aşağıdaki gibidir:
1. Avrupa'nın kültürel kimliğinin, Avrupa vatandaşlığının farkındalığını arttırmak; paylaşılan değerlere anlaşılır bir form vererek temelinde kültür rotaları aracılığıyla tarihin etkilerini takip ederek, ortak Avrupa kültürünü paylaşmak ve geliştirmek,
2. Avrupa tarihinin daha iyi anlaşılması yoluyla kültürlerarası ve dinler arası diyaloğun desteklenmesi,
3. Yaşam kalitesini artırma aracı, sosyal, ekonomik ve kültürel gelişmenin kaynağı olarak kültürel ve doğal mirası geliştirmek ve korumak,
4. Sürdürülebilir gelişme vizyonu ile kültür turizmine öncelik vermek,

5. Avrupalıların boş zaman aktivitelerinde, kültürel turizme yönelmeleri için özel mekanlar yaratmak (Baştemur, 2015: 389).

Tablo 1: **Avrupa Konseyi Sertifikası Olan / Olmayan Kültür Rotaları**

AVRUPA KONSEYİ SERTİFİKASI OLAN FARKLI KATEGORİLERDEKİ KÜLTÜR ROTALARI	AVRUPA KONSEYİ'NİN SERTİFİKASI OLMAYAN KÜLTÜR ROTALARI
• The Santiago de Compostela Pilgrim Routes; Pilgrim Routes (Hac Rotası)[75] • The European Mozart Ways; Historical and Legendary Figures of Europe (Avrupa'nın tarihi ve efsanevi ünlüleri) • The Legacy of Al-Andalus • The Route of the Castilian Language and its Expansion in the Mediterranean: The Sephardic Routes • The Hansa • Parks and Gardens, (peyzaj) • The Viking Routes; Vikingler ve Normanlar • The Via Francigena; Hac rotaları • Saint Martin de Tours, a great European figure, a Symbol of sharing • The Jewish Heritage Routes; Yahudi Mirası Rotası • The Clunisian Sites in Europe • The Olive Routes; Zeytin ağaçları rotası • The Via Regia • The Transromanica; Romanesk rotası	• Mimari, kırsal habitat • Göç Mirası Rotası • Wenzel and Vauban routes; Askeri mimarlık • Pirenelerde Demir Rotası; Avrupa Endüstiriyel Mirası • Avrupanın Demir Ticareti Rotası • Don Kişot Rotası; Avrupa'nın tarihi ve efsanevi ünlüleri • Schickhardt Rotası; Avrupa'nın tarihi ve efsanevi ünlüleri • St. Michael Rotası; Hac rotası • Carolingia Rotası; Hac rotası • Fenikelilerin Rotası

Tablo 1 Baştemur Tanrısever, 2009: 52'den derlenmiştir.

2. Türkiye'deki Kültür Rotaları

Yeni kültür rotalarının geliştirilmesi, Avrupa Konseyi tarafından verilecek onaya bağlıdır. Konsey ile enstitü arasındaki ilişki, Avrupa Konseyinin komitelerinden temsilcilerle oluşturulan danışmanlar komitesi tarafından sağlanılıp, öncesinde rota Avrupa Konseyi tarafından onaylanıp sertifikalandırılır. Enstitünün öneriyi değerlendirilmesi ardından, danışmanlar komitesi temayı, teklif edilen girişimi, uygulama ve çalışma ağlarının düzenlenme sürecini hesaplar. Önerilen girişim kabul edilirse, kültür rotası Avrupa Enstitüsüne bağlı olarak geliştirilir. Ayrıca enstitü projeleri izler, ağları koordine eder ve onlara teknik destek sağlar. Ağların değerlendirilmesi, yeni önerilerin tartışılması, geniş kapsamlı belgeleme, rotalar ve kültür turizminin her yönüne ilişkin veri tabanını işleme koyma ve bilgi kaynağı olma özellikleri de vardır (Baştemur Tanrısever, 2009: 59).

Türkiye'nin sahip olduğu hem doğal, hem kültürel hem de tarihi değerleri düşünüldüğünde, Avrupa standartlarında işaretlenmiş sadece iki kültür ya da yürüyüş rotası olması dikkat çekicidir. Bunlardan biri 1999 yılında açılan Likya Yolu, diğeri ise 2004 yılında açılan bir din ve tarihi güzergah olan St.Paul yoludur. İkisinin ortak özelliği, hem tarihi hem doğal çeşitliliğe sahip bir yürüyüş ve keşif güzergâhı olmasıdır. Ayrıca her ikisinin de sertifikası bulunmamaktadır.

Likya Yolu Rotası, Türkiye'de işaretlenen ilk kültür rotasıdır. Kate Clow tarafından oluşturulan proje, 1996 yılında Garanti Bankası öncülüğünde gerçekleşen kültür ve sanata destek projeleri

[75] Avrupa Konseyi Avrupa Kültür Rotaları programının ilk rotası olarak 1987 yılında seçilmiştir. Bu rota 2004 yılında Avrupa'nın ana kültür rotası olarak sertifikalandırılmıştır. The Santiago de Compostela Rotası'nın tarihi 11. yüzyıla kadar gitmekte, Roma ve Kudüs'ten seyahat eden hacılar için önemli olması sebebiyle projeye uygunluğu gözetilip, kültür rotası olarak seçilmiştir. Seyahat rotası üzerinde gerçekleşen ve geliştirilen aktiviteler bu rotayı zenginleştirmiştir.

yarışmasını kazanması sonucu Türkiye'ye kazandırılmıştır. Kate Clow ve gönüllülerle birlikle gerçekleştirilen işaretleme ve haritalandırmayla birlikte 1999 yılında rota tamamen açılmıştır (Tütüncü vd., 2020: 114).

Likya Yolu, kültürel bir rota olarak, bölgedeki doğal ve kültürel değerlerin taşıyıcısıdır. Bir yerde bedenen bulunduğumuzda görülen manzaraların, okunabilen ve yorumlanabilen kültürel anlamlarla kodlanmış anılarımızın ve mitlerin bir aynası görevi gördüğünü ifade eder. Dolayısıyla Likya Yolu'nun barındırdığı doğal ve kültürel değerler, yolda yürürken bakılan manzaraların içindedir ve her bakıldığında içindeki bilgi, bakılan göz tarafından okunabilir ve yorumlanarak yeniden üretilebilir (Bolat, 2023: 3).

Yapılan bir çalışma sonucuna göre, Likya Yolu'nun sadece fiziksel bir aktivite değil, aynı zamanda duygusal, entelektüel ve manevi bir deneyim sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, sürdürülebilir turizm uygulamalarına ve destinasyon yönetimine dair yeni perspektifler sunmaktadır (Akbayır vd., 2025: 35).

3. Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotası Projesi

Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotası, Türkiye'nin, güneydoğusundaki Şanlıurfa ilinde bulunan Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsünden başlayarak Göbeklitepe Antik Kentine kadar uzanan, yaklaşık 22 km uzunluğunda bir yürüyüş rotasıdır. Yürümesi ortalama 4-5 saat süren Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Destinasyonu, Harran Üniversitesi kampüsünden başlayarak antik Göbeklitepenin kurulduğu patikalara kadar bir kısmının işaretlenip haritalanması ile oluşturulması planlanan, bölgedeki ilk uzun mesafeli yürüyüş rotasıdır. Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nden Göbeklitepe'ye yapılacak bir yürüyüş, bölgenin eşsiz coğrafyasını ve tarihini solumak için harika bir fırsat sunmaktadır.

Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotası için en uygun güzergah, Osmanbey kampüsünün kuzeydoğu sınırındaki arazi yollarını ve mahalle yollarını takip etmektir. Bu rota Germuş Dağları'nın eteklerinden geçerek doğrudan Örencik Köyü'ne ulaşmaktadır.

Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotası Şanlıurfa ilinin Haliliye ilçesi, Osmanbey Mahallesinden Örencik Köyü, Göbeklitepe antik kentine kadar uzanmaktadır.

Orta mesafeli patika, Fransız 'GR footpath' sistemine göre işaretlenecek olup, kavşaklar sarı yön işaretleriyle gösterilecektir. Parkurlar her 50 m (160 ft)'de kayaların ve ağaç kütüklerinin her iki tarafında, toprak yollarsa rota boyunca yaklaşık 200 m (660 ft)'de bir, özellikle kavşak gibi yerlerde, kırmızı şeridin üzerinde beyaz şeritlerle işaretlenecektir. Kırmızı çarpı işaretleri, yoldan bir sapma olduğunu ve işaretli patikaya girilmemesi gerektiğini göstermektedir. İşaretler periyodik olarak yenilenecektir

Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotasının bazı bölümleri dağ bisikleti sürmeye uygundur. Bazı yerlerde deneyimli yokuş aşağı ve tek parkur meraklıları bisikleti sırtta taşıyarak tüm parkuru geçebilir. Ancak kısmen Harran Üniversitesi – Göbeklitepe Antik Kenti Rotasının üzerinde ve paralel yan yollarda olan bisiklet yolunu alternatif orman ve köy yollarını kullanarak da gitmek mümkündür. Tarafımızdan, yolun genişliği, yol işaret türlerini, etap mesafelerini ve yürüyüş süresi vb patika özelliklerinin anlatıldığı rehber bir kitap yazılacaktır.

Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nden Göbeklitepe'ye uzanan bu rota, endemik bitkiler[76], bölgenin **jeolojik ve biyolojik mirasıyla** iç içedir.

[76] Endemik bitkileri çiçeklenmiş halde görmek için **Mart sonu ile Mayıs başı** arası en ideal dönemdir. Bu bitkiler "hassas" veya "tehlike altında" statüsünde olabilir; örnek toplamak biyolojik çeşitliliğe zarar verebilir, sadece fotoğraflamanız önerilmektedir. Örencik Köyü yakınlarına ulaştığınızda, kazı alanı çevresinde koruma altına alınmış alanlarda bitki çeşitliliğinin daha da arttığını göreceksiniz. Arkeolojik alanın çevresi, insan müdahalesinden uzak kaldığı için endemik türlerin en güvenli sığınağı haline gelmiştir.

1. *Osmanbey Kampüsü ve Çevresindeki Endemik/Nadir Türler: Kampüsün doğal step alanlarında (özellikle tıp fakültesi arkasındaki yükseltiler ve Göbeklitepe yönündeki sırtlar) bilimsel çalışmalarla tespit edilmiş türler bulunmaktadır:*

- **Hyacinthella nervosa:** Bölgeye özgü, görsel değeri yüksek bir geofit türüdür.
- **Iris persica (Pers Süseni):** Erken baharda açan, kampüs yerleşkesinde doğal olarak yayılış gösteren nadir bir süsen türüdür.
- **Biarum carduchorum:** Bölgenin karakteristik bitkilerinden biridir.
- **Verbascum stepporum & V. tenue:** Şanlıurfa'ya özgü endemik sığırkuyruğu türleri bu bozkır ekosisteminde yayılış göstermektedir.

2. *Göbeklitepe Çevresi ve Yürüyüş Hattı Florası: Harran Üniversitesi ile Göbeklitepe arasındaki yaklaşık 10-12 kilometrelik doğal hat, "Urfa Peygamber Çiçeği" gibi çok özel türlerin habitatına komşudur:*

- **Urfa Peygamber Çiçeği (Centaurea obtusifolia):** Dünyada sadece Şanlıurfa'da yetişen ve Harran Üniversitesi öğretim üyelerince yeniden keşfedilen bir türdür.
- **Yabani Tahıl Akrabaları:** Bu rota, tarımın doğduğu yer olarak bilindiği için yabani buğday (Siyez/Emmer), arpa ve mercimeğin gen merkezi konumundadır.
- **Geofitler:** Bahar aylarında rota üzerinde *Iris* (Süsen), *Crocus* (Çiğdem) ve *Allium* (Yabani Sarımsak) türleri yoğun olarak görülmektedir.

3. *Osmanbey Kampüsü ve Göbeklitepe Çevresi ve Yürüyüş Hattı* ***jeolojik ve biyolojik çeşitliliği:***

- **Kireçtaşı Kayalıkları:** Kampüsün kuzeydoğusundaki kalkerli yapılar, özellikle kayalık çatlaklarında yetişen Campanula (Çan Çiçeği) türleri ve nadir likenler için doğal bir sığınaktır.
- **Yabani Meyve Türleri:** Yol boyunca doğaya karışmış yabani badem (*Amygdalus*) ve yabani fıstık (*Pistacia*) ağaççıkları bulunmaktadır. Bunlar bölgenin binlerce yıllık tarım geçmişinin canlı şahitleridir.
- **GÖKYÜZÜ GÖZLEMCİLİĞİ**

Göbeklitepe'nin gökyüzüyle olan ilişkisi, arkeoastronomi alanında son yılların en çok tartışılan ve heyecan uyandıran konularından biridir. Yapılan bilimsel çalışmalar ve analizler, bu antik alanın sadece bir tapınak değil, aynı zamanda **dünyanın bilinen en eski astronomik gözlemevi** olabileceğine dair güçlü kanıtlar sunmaktadır.

GÖKYÜZÜ GÖZLEMCİLİĞİ

Göbeklitepe'nin gökyüzüyle olan ilişkisi, arkeoastronomi alanında son yılların en çok tartışılan ve heyecan uyandıran konularından biridir. Yapılan bilimsel çalışmalar ve analizler, bu antik alanın yalnızca bir ibadet mekânı olmadığını, gökyüzünü de yakından izleyen bir toplumun ürünü olduğuna işaret etmektedir.

Bu toprakların gökyüzüyle ilişkisi Göbeklitepe ile sınırlı değildir. Buradan yalnızca birkaç on kilometre uzakta, Harran'da doğan büyük astronom Battânî (850–929), Rakka'da kurduğu özel gözlemevinde 50 yılı aşkın gözlemler yaparak güneş yılını 365 gün 5 saat 46 dakika 24 saniye olarak belirlemiş; trigonometrinin temel fonksiyonlarını bilime kazandırmış ve hazırladığı yıldız katalogları Kopernik'e kadar referans alınmıştır. Göbeklitepe'yi inşa edenlerin torunlarının yetiştirdiği bu deha, aynı gökyüzüne binlerce yıl sonra bilimin gözüyle baktı. Göbeklitepe Yolu'nu yürürken, üzerinizdeki gökyüzünün bu derin tarihsel katmanları taşıdığını hatırlamak, rotaya bambaşka bir anlam katmaktadır.

Bu nedenle Göbeklitepe Yolu'nu tamamlayan yürüyüşçülere, varış noktasında ya da rota üzerinde bir gece gözlemi ve gece fotoğrafçılığı deneyimi de önerilmektedir.

Akbaba Taşı ve Kuyruklu Yıldız Teorisi
Edinburgh Üniversitesi araştırmacılarına göre 43 numaralı dikilitaş üzerindeki hayvan sembolleri, M.Ö. 11.000 civarında yaşandığı öne sürülen bir kuyruklu yıldız çarpmasını temsil ediyor olabilir. Bu oymalar, dönemin takımyıldızlarının gökyüzündeki konumlarıyla örtüşen bir tür "gökyüzü günlüğü" olarak yorumlanmaktadır.
Sirius Yıldızı ve Hizalanmalar
Bazı araştırmacılar, Göbeklitepe'deki ana yapıların gece gökyüzünün en parlak yıldızı olan Sirius'un doğuşuna göre konumlandırılmış olabileceğini savunmaktadır. Battânî de aynı yıldızı gözlemevi defterlerine işlemiş, yıldızların hareketini olağanüstü bir hassasiyetle kayıt altına almıştır.
Hayvan Sembolizmi ve Takımyıldızlar
Sütunlardaki akrep, aslan, boğa ve tilki gibi figürlerin yalnızca dekoratif olmadığı, belirli takımyıldızları simgeliyor olabileceği düşünülmektedir. Battânî'nin hazırladığı yıldız kataloğunda 533 yıldızın enlem, boylam ve parlaklık dereceleri kayıtlıdır; bu coğrafyanın gökyüzünün ne denli sistematik biçimde okunduğunun kanıtıdır.
Gözlemci ve Fotoğrafçı İçin Pratik Bilgiler
Göbeklitepe ve çevresi, şehir ışıklarından uzak konumuyla teleskopla yıldız gözlemi ve gece fotoğrafçılığı için son derece elverişli bir nokta sunmaktadır. Samanyolu'nun çıplak gözle dahi izlenebildiği bu karanlık gökyüzü, dikilitaşları arka plana alan uzun pozlama fotoğraflar için eşsiz bir fırsat sunmaktadır. Göçmen kuşların geçiş yolu üzerinde bulunması nedeniyle Ekim ve bahar ayları (Nisan–Mayıs) hem kuş hem de yıldız gözlemi için en ideal dönemlerdir. Gece fotoğrafçılığı için geniş açılı lens, tripod ve uzaktan deklanşör; yıldız gözlemi için ise taşınabilir bir teleskop ve Stellarium veya Star Walk gibi mobil uygulamalar önerilmektedir.

1. ***Akbaba Taşı ve Kuyruklu Yıldız Teorisi:***

- Edinburg Üniversitesi araştırmacılarına göre, "Akbaba Taşı" (Sütun 43) üzerindeki hayvan sembolleri, M.Ö. 11.000 civarında Dünya'ya çarpan ve mini bir buzul çağını tetikleyen bir kuyruklu yıldız parçalanmasını temsil ediyor olabilir.
- Bu oymalar, o dönemdeki takımyıldızların gökyüzündeki konumlarıyla eşleşen bir tür "gökyüzü günlüğü" olarak yorumlanmaktadır.

2. ***Sirius Yıldızı ve Hizalanmalar***

- Bazı araştırmacılar, Göbeklitepe'deki ana yapıların (özellikle D yapısı), gece gökyüzünün en parlak yıldızı olan **Sirius**'un doğuşuna göre hizalandığını savunmaktadır.
- Bölgenin daha sonraki dönemlerinde yaşayan Sabiler'in yıldız tapınım kültürünün kökenlerinin Göbeklitepe'ye kadar uzanabileceği düşünülmektedir.

3. ***Dünyanın En Eski Güneş Takvimi***
2024 yılında yayımlanan yeni bir araştırmaya göre, bir sütun üzerindeki 365 adet "V" şeklindeki işaretin, güneş yılını temsil eden bir **güneş takvimi** olduğu öne sürülmüştür. Bu, yerleşik hayata geçişle birlikte mevsimlerin ve dini ritüellerin takibi için gökyüzünün sistemli bir şekilde izlendiğini göstermektedir.

4. ***Hayvan Sembolizmi ve Takımyıldızlar***
Sütunlardaki akrep, aslan, boğa ve tilki gibi figürlerin sadece dekoratif değil, günümüzdeki burçlar kuşağına benzer şekilde belirli takımyıldızlarını sembolize ettiği iddia edilmektedir.

- **KUŞ GÖZLEMCİLİĞİ**

Göbeklitepe çevresinde kuş gözlemciliği, hem antik dönemdeki zengin kuş sembolizmini anlamak hem de günümüzün nadir türlerini keşfetmek için benzersiz bir deneyim sunacaktır.

1. ***Göbeklitepe'de Antik Kuş Gözlemi (Sembolizm)***

   Göbeklitepe'deki kazılarda bulunan dikilitaşlar ve kemik analizleri, 12.000 yıl önce bölgenin kuşlar açısından ne kadar zengin olduğunu kanıtlamaktadır:

- **Akbabalar:** 43 numaralı dikilitaş (Akbaba Taşı) üzerinde kanatlarını açmış bir akbaba figürü yer alır. Akbabalar o dönemde "öte aleme geçişi" temsil eden kutsal hayvanlar olarak görülüyordu.
- **Turnalar ve Ördekler:** T-biçimli sütunlarda turna ve ördek figürlerine sıkça rastlanır.
- **Ötücü Kuşlar:** Yapılan kemik analizleri, Göbeklitepe sakinlerinin besin değeri düşük olmasına rağmen özellikle **sığırcık ve kiraz kuşları** gibi küçük ötücü kuşları tercih ettiğini göstermiştir.

2. ***Günümüz Kuş Gözlem Rotaları ve Türler***

   Göbeklitepe, Şanlıurfa'nın genel kuş popülasyonunun bir parçasıdır. Bölgede kuş gözlemi için en popüler yerler şunlardır:

- **Kelaynak Koruma Alanı (Birecik):** Dünyada nesli tükenmekte olan Kelaynakların (Northern Bald Ibis) en önemli üreme merkezidir.
- **Fırat Nehri Kıyıları:** Bozova ve Birecik hattında Yeşil Arı Kuşu, Çöl Koşarı, Dağ Cılıbıtı ve Sakallı Akbaba gibi 300'e yakın tür gözlemlenebilir.
- **Yeşil Arı Kuşu:** Bölgeye özgü en renkli ve fotoğrafçılar tarafından en çok takip edilen türlerden biridir.

Gözlemci İçin Pratik Bilgiler

- **En İyi Zaman:** Göçmen kuşların geçiş yolu üzerinde olması nedeniyle Ekim ayı ve bahar ayları (Nisan-Mayıs) gözlem için en ideal dönemlerdir.
- **Ekipman:** 10x50 bir dürbün veya zoom lensli bir fotoğraf makinesi önerilmektedir.
- **Dijital Yardımcılar:** Gözlemlediğiniz türleri kaydetmek ve tanımak için Merlin Bird ID veya eBird uygulamalarını kullanabilirsiniz.

Rota Üzerinde Gözlemlenebilecek Türler

Göbeklitepe Yolu yalnızca tarihi değil, canlı bir kuş gözlem güzergahıdır. Rota boyunca bıldırcın, arıkuşu, turaç, atmaca, saksağan, yaban tavuğu, tahtalı gibi türler gözlemlenmiş; henüz tam olarak tanımlanmamış pek çok farklı türe de rastlanmıştır. Bu zenginlik, bölgenin 12.000 yıl önce olduğu gibi bugün de kuşlar için önemli bir yaşam alanı olmayı sürdürdüğünü göstermektedir. Antik dönemde taşlara kazınan kuşların torunlarını aynı topraklarda izlemek, rotaya eşsiz bir derinlik katmaktadır. Rota aynı zamanda bilimsel açıdan da keşfedilmeyi bekleyen bir alan olma özelliği taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Akbayır, A. H., Elitez, B., Bozkurt, E., Kartal, Ş., & Garip, Y. A. Likya Yolu'nun açılış süreci ve turizme kazandırılması, https://repository.bilkent.edu.tr/items/cd400401-8724-4f07-8ccf-a74e8d4fa0f4.

Akgündüz, Y., & Kızılcalıoğlu, G. (2016). Likya Yolu'nu Yürüyen Turistlerin Seyahat Motivasyonları ve Memnuniyet Düzeyleri. *Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, 23*(3), 817-836. https://doi.org/10.18657/yonveek.281972.

Ardahanlıoğlu, B. Z., Çınar, İ. (2013). Examination of Lycian Historical Tracing Road of Fethiye Stage From The Perspective of Recreational Activity and Ecotourism/Likya Yolu Güzergâhı Fethiye Etabının Rekreasyon Olanakları ve Ekoturizm Kapsamında Değerlendirilmesi, 3rd International Geography Symposium - GEOMED 2013 Symposium Proceedings, ISBN: 978-605-62253-8-3.

Baştemur, C. Likya Yolu ve Çevresinin Bölgesel/Yerel Kalkınmada Yeri, https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp6_42.pdf.

Baştemur Tanrısever, C. (2009). Likya Yolu ve Çevresinin Turizm ve Rekreasyon Potansiyelinin Araştırılması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.

Bolat, A. (2023). Adım Adım Kurulan Çevre Bilinci: Likya Yolu, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Lisansüstü Programlar Enstitüsü, Mimarlık Tarihi, Teorisi Ve Eleştirisi Abd, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Fatih, O. (2022). Lykia'da Yürütülen Antik Yol Araştırmaları ve Bölgenin Tarihi Coğrafyasına Katkıları, M. Demirel, M. Arslan, S. Atalay ve U. Orhan (edd.), Antalya'nın Arkeolojik Mirası. Antalya Müzesi 100 Yaşında. Cilt II, Ankara 2022, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.

Sadakati, D. (2016). Likya Yolu'nu Yürüyen Turistlerin Seyahat Motivasyonları ve Memnuniyet Düzeyleri. Manisa Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Manısa Celal Bayar University The Faculty Of Economic And Administrative Sciences Journal, 817.

Tunç, T., & Yıldırım, E. (2024). Doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile alternatif turizm rotaları: Finike, Antalya. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 61*(4), 501-517.

Tütüncü, B., Pamukçu, H., & Tanrısever, C. (2020). Likya Yolu Yürüyüşçülerinin Profilleri ve Memnuniyet Düzeyleri. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 31*(2), 113-124.

ŞANLIURFA ÖRNEKLEMİNDE KISAS KÖYÜİLE İLGİLİ YAZILMIŞ TEZLERİN SİSTEMATİK DERLEMESİ: 1992 – 2011

Doç. Dr. Sevcan YILDIZ
Harran Üniversitesi, Turizm Fakültesi
ORCID: 0000-0003-2066-1941
Dr. Abdulhalik PINAR
Harran Üniversitesi, İİBF
ORCID: 0000-0002-1716-5114

Özet
Tarihsel kökenleri 11. yüzyıla kadar uzanan, Türkmen Alevi-Bektaşi nüfusunun yoğun olduğu Kısas Köyü Şanlıurfa il merkezine yaklaşık 12 km mesafede, Harran Ovası'nın girişinde yer almaktadır. Kısas Köyü'nde yaşatılmakta olan Aşıklık geleneğinden dolayı "Aşıklar Diyarı" olarak da bilinmektedir. Kısaslı aşıkların sazı ve sözüyle yaşattığı deyişler, semahlar ve tasavvufi şiirler, yerel kültürün kuşaklararası ve kültürel aktarımını sağlamaktadır. Çalışmada Kısas Köyü'nün tercih edilme sebebi, sahip olduğu yüksek okuma-yazma oranı, hoşgörü temelli sosyo-kültürel yapısı ve dilden dile aktarılan sözlü edebiyatıyla, Anadolu'nun inanç turizmi ve kültürel miras çalışmaları açısından korunması gereken özgün bir örneği teşkil etmesidir. Çalışmada, adını "kısasa kısas" deyiminden aldığı düşünülen Kısas Köyü'nün tarihi, kültürel ve inançsal yapısı anlatılmış olup Kısas Köyü hakkında Türkiye'de yazılan tezlerin sistematik derlemesi yapılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Şanlıurfa, Kısas Köyü, Alevi-Bektaşi İnancı, Türkmen Kültürü, Sistematik Derleme.

A SYSTEMATIC REVIEW OF THESES WRITTEN ABOUT KISAS VILLAGE IN THE ŞANLIURFA SAMPLE: 1992 – 2011

Abstract
With historical roots dating back to the 11th century, Kısas Village—where the Turkmen Alevi-Bektashi population is dense—is located approximately 12 km from the city center of Şanlıurfa, at the entrance of the Harran Plain. Due to the minstrel (aşıklık) tradition maintained in Kısas Village, it is also known as the "Land of Minstrels." The folk songs, semahs, and mystical poems kept alive through the saz and words of the minstrels from Kısas ensure the intergenerational and cultural transmission of local culture. The reason for choosing Kısas Village in this study is that, with its high literacy rate, tolerance-based socio-cultural structure, and orally transmitted literature, it represents a unique example that should be preserved in terms of faith tourism and cultural heritage studies in Anatolia. In the study, the historical, cultural, and religious structure of Kısas Village—believed to have taken its name from the expression "kısasa kısas" (an eye for an eye)—is explained, and a systematic compilation of theses written in Turkey about Kısas Village has been conducted.
Keywords: Şanlıurfa, Kısas Village, Alevi-Bektashi Faith, Turkmen Culture, Systematic Compilation.

Giriş
Çalışmada, Türkiye'de "Kısas Köyü" hakkında yazılmış olan yüksek lisans, doktora ve tıpta uzmanlık tezlerinin sistematik derlemesi yapılmıştır. Çalışmada Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi'nde yer alan "Kısas Köyü" hakkında ile ilgili tezler incelenmiştir.

Çalışmalar, yıl, üniversite, enstitü, anabilim dalı, özgün dil, danışman unvanı, konu, yöntem ölçütleri temel alınarak doküman analizine ve sistematik delemeye dayalı, betimsel amaçlı nitel bir araştırma özelliğini taşımaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular ile "Kısas Köyü" hakkında çalışmaların kapsamlı olarak değerlendirilmesi bakımından ilgili alanyazına katkı sağlayacağı ve bu yöndeki boşluğu doldurması amaçlanmaktadır.
Çalışmanın yapısı gereği nitel araştırma yöntemi kullanılan (Silverman, 2002) bu çalışmada "Şanlıurfa'da Kadın" konulu tezlerle ilgili sistematik derlemeler oluşturulmuştur. Sistematik derleme özelliğine sahip olan çalışmalar, belirlenen zaman dilimlerinde, mevcut durum saptaması amaçlı araştırma yapılarak o durumun hayat çizgisini ve eğilimlerini gösterebilmesi açısından önemli bulunmaktadır (Üsdiken ve Pasadeos, 1993).

Çalışmaların amacında uygunluk (Creswell, 2007) durumu gözetilmektedir. Araştırmaların evreni Türkiye'de tezlerin arşivlendiği Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi'ne teslim edilmiş ve "Kısas Köyü" hakkında yazılmış tezlerden oluşmaktadır. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi sisteminden yazarların çalışma alanlarına ait anahtar kelimeler kullanılarak tezlere ait bilgiler taranmıştır.

Örneklem belirlenirken amaçlı örneklem yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Evren ulaşılabilir nitelikte olduğu için başlığında yazarların çalışma alanlarına ait anahtar kelimelerin geçtiği tezler, çalışmaların örneklemini oluşturmaktadır. Sistemdeki "Kısas Köyü" hakkında ile ilgili tüm tezler yıllar itibariyle derlenmiştir.

Çalışmalarda ilk olarak nitel yöntemlerle toplanan veriler sayısal veriler aracılığı ile nicel forma dönüştürülmüştür. Elde edilen veriler tanımlayıcı istatistikler aracılığıyla niceliksel olarak açıklanmış ve yorumlanmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Çalışmaların problematiğini cevaplayabilmek için veriler işlenerek aralarındaki örüntüleri saptamak amacıyla içerik analizi yapılmış ve elde edilen bulguları araştırma hedefleri kapsamında sınıflandırılarak açıklanarak yorumlanmıştır. Araştırmanın uygunluk ölçütlerinin sağlanması konusunda, iç geçerlilik (inandırıcılık), dış geçerlilik (aktarılabilirlik) ve iç güvenilirlik (tutarlılık) ve dış güvenirlik (teyit edilebilirlik) ölçütlerinin kullanılmıştır. Bu anlamda iç geçerlilik için araştırma kapsamına alınan tezler, belirlenen ölçütler doğrultusunda teker teker incelenmiş ve kodlanmıştır. Dış geçerlilik için elde edilen veriler analitik genelleme bağlamında incelenmiştir. İç güvenilirlik konusunda ulaşılan veriler alan uzmanı görüşüne başvurularak sağlanmıştır. Alan uzmanından tarafından yapılan farklı değerlendirme sonuçları birbirlerinden bağımsız olarak sağlamaları yapılmıştır. Böylelikle değerlendiricilerin uyumlu oldukları tespit edilmiştir. Çalışmalara ait çıkarımlar uzman görüşe danışılarak dış güvenirlik incelemesi yapılmıştır. Son olarak uzman görüş ile bir araya gelinerek dış güvenirliğe ilişkin değerlendirmelerde ve geri bildirimlerde bulunulmuştur.

1. ŞANLIURFA KISAS KÖYÜ

Anadolu birçok uygarlığın ve kültürün beşiği olmuştur. Bu beşikte nice kavimler, aşiret boyları, beylikler ve uluslar, gelenek ve görenekleriyle, müzik ve danslarıyla, felsefe ve sanatlarıyla, din ve dünya görüşleriyle bir tarih yaratmışlardır. Nice tasavvuf düşünürleri yetişmiş, nice tarikat örgütleri oluşmuştur. Bu örgütlerden bazıları içyapısal değişikliğe uğrayarak bütünüyle yozlaşıp ortadan silinmiş, bazıları ise Türk-İslam kültür senteziyle yoğrularak bugüne

ulaşmıştır. Bugün bu sentezle yoğrulmuş olup bugüne ulaşan Bektaşilik ve Mevlevilik olmak üzere iki tasavvuf görüşü ve örgütü bulunmaktadır (Taştan, 1992: 9).

Şanlıurfa'da Alevi ve Bektaşi kültürü; Kısas, Akpınar ve Sırrın yerleşim yerlerinde görülmektedir. "Âşıklık Geleneği"nin en kapsamlı görüldüğü yerleşim yeri ise Kısas Köyü'dür. Kısas Köyü'ndeki geleneksel hayat, müzik ve âşıklık geleneği Şanlıurfa kültür hayatında önemli ve farklı bir yere sahiptir. Kısas beldesinde yaşayan topluluk, Bektaşiliğin Çelebiler koluna mensup olup Alevi-Bektaşi geleneğinin bütün unsurlarını bünyesinde bulundurmaktadır (Kürkçüoğlu, 2020: 460). Alevi ve Bektaşi geleneği ve tarihi için olduğu kadar, Türk edebiyat ve müzik tarihi için de mümbit bir kültür ortamıdır. Bu kültür ortamının kendine özgü temel bileşeni dinden değil, sözden ve musikiden müteşekkildir. Dinden özgün bir ortam olmamasının sebebi Hacı Bektaş Veli dergâhına olan güçlü ve teslimiyetçi bağlarının, kendilerinden şöhretli bir Bektaşi temsilcisi çıkması için uygun şartı doğurmamasıdır. Ancak söz ve müzik yaratımları bakımından kendilerini ayırt edici kılacak denli güçlü bir mana ve söyleyişi yakalayabilmişlerdir. Arif Sağ'ın "Kısas Harran'ın kurak topraklarında bir tomurcuk güldür" sözü aslında Kısas'ın başta Bektaşi olmak bakımından değerlendirilmek üzere kültürel olarak çevresinde bir başına ve özel olmasına vurgu olsa da Kısas âşıklarının söz ve müzik gücüne bir gönderme olarak da okunmalıdır (İlhan, 2021: 406).

Şanlıurfa ilinin 12 kilometre güneydoğusunda, Harran Ovası'nın başlangıcında bulunan Kısas Beldesi, bugün yaklaşık olarak 5000 nüfuslu bir yerleşim merkezidir. Kısas adının kaynağı hususunda çeşitli görüşler bulunmakla birlikte, konunun uzmanları arasında kabul görmüş olan en yaygın fikir, bu ismin Antik Helen Uygarlığının Anadolu'da yaratmış olduğu etkileşimin sonucunda ortaya çıkmış olduğu yönündedir. Mevcut yazılı kaynaklar arasında Kısas adının yer aldığı en eski eser, 11. ve 12. yüzyıllarda Anadolu'da yaşamış olduğu bilinen Ermeni tarihçi Urfalı Mateos'un "Vekayi-Nâme" adlı tarih günlüğüdür. Mateos'un, M.S. 1065–1066 yıllarında Selçuklu kumandanı Sâlâr-ı Horasan'ın Urfa üzerine yapmış olduğu bir seferi anlatırken, Urfa civarında bulunan "Ksaus" adında bir yerleşim merkezinden bahsettiği bilinmektedir. Ayrıca 13. yüzyılda Anadolu'da yaşamış olduğu bilinen Süryani tarihçi Gregory Abû'l-Farac'ın yazmış olduğu "Abû'l-Farac Tarihi" adlı siyasi-dinî tarihte, 11. yüzyılın başında Romalılar tarafından bugünkü Urfa dolaylarına yapılmış olan bir seferi anlatırken, "Aksas" adında bir yerleşim merkezinin yağmalandığından bahsetmektedir. Her iki tarihi verinin de 11. yüzyıla işaret etmesi ve söz konusu yerlerin isimleri arasındaki benzerlik, Urfalı tarihçi Mateos'un "Vekayi-Nâme" adlı tarih günlüğünde bahsettiği "Ksaus" ile "Abû'l-Farac Tarihi"nde adı geçen "Aksas"ın, aynı yerler oldukları sonucuna ulaşmaktadır. Bütün bu bilgiler doğrultusunda, mevcut yazılı kaynaklar içerisinde Kısas Yöresi'nin tarihine ait bilinen en eski verilerin, M.S. 11. yüzyıla dayandığı da söylenebilir. Ancak, yukarıdaki verilerin hiçbirinde, tarihte "Ksaus" veya "Aksas" olarak adlandırılan bu yerlerde kimlerin yaşadığına dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır (Güngör, 2011: 1-3). Bugün Kısas Köyü, Türkçe 'den başka dil bilmeyen, Orta Asya kökenli Türkmen olduklarını söyleyen; inanç ve sosyal yapı olarak komşu yerleşmelerden farklılık gösteren bir beldedir (İlhan, 2005: 50).

Kısas Köyünde yetişen âşıklık geleneğin temsilcileri, bulundukları bölgede Türkçenin güçlü ve edebi bir özellik gösterecek biçimde kalmasında etkin rol almışlardır. Farklı dilleri konuşan bir çevre içerisinde yer almasana rağmen Türkçeyi incelikleriyle kullanmayı başarabilme gücünü göstermiş olan Kısas, âşıklık geleneğinin temsilcileri bakımından da başarılı örneklerle doludur. Bu başarıda Alevi-Bektaşi şairlerinin şiiri, inançlarının bir parçası olarak görmelerinin de etkisi büyüktür. Bu düşünüş biçimi inancın yanında, Türkçenin arı bir biçimde kullanılagelmesini de beraberinde getirmiştir (Erdem, 2013: 212). Şanlıurfa'nın Kısas Mahallesinde tespit edilen 63 aşık bulunmaktadır. Bu aşıklar, geçmişten günümüze kültürlerini katkı sağlayarak yaşamakta ve yaşatmaktadırlar (Yağcı, 2020: 275).

Sözlü kaynaklardan derlenen bu bilgilere göre; Horasan Türklerinden ve İmam Zeynel Abidin soyundan gelen Seyit Ahmet, 1600-1650 yılları arasında aile efradıyla Kısas'a gelip yerleşmiştir. Seyit Ahmet, yörede keramet ehli bir ocak dedesi olarak tanınmaktadır. Seyit Ahmet'in Kısas'ta olduğu duyulunca çevredeki yerleşim yerlerinden Alevi-Bektaşi inancına mensup Türkmenler Kısas'a gelip yerleşmeye başlamışlardır. Seyit Ahmet devletten tapusunu aldığı Kısas'taki arazileri bu köye gelen Alevilere dağıtarak onların da toprak sahibi olmalarını sağlamıştır. Alevi-Bektaşi inancı Kısas'a Seyit Ahmet sayesinde yerleşmiştir. 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarına gelindiğinde Seyit Ahmet'in torunlarından İlyas ve amcasının oğlu Ahmet, Diyarbakır'ın Bismil ilçesinin Seyithasan (Bakacak) köyüne göç ederek buraya yerleşmişlerdir. Seyyid Ahmed, Kısas'a yerleştikten sonra yanına ilk gelenler arasında Dede Garkın Ocağı talipleri bulunmaktadır. Bunlar Mardin'in "Bektaş" köyünden gelen dört kardeş ve onların aileleridir. Kısas'a yerleşen bu Dede Garkın talipleri, bağlı bulundukları ocağın dedeleriyle yeniden irtibat kurmayı başarmışlardır. Diyarbakır'ın Büyükkadı köyünde yerleşik bulunan Dede Garkın Ocak dedelerinden Eyüp Dede, 1900'lü yılların başlarından itibaren Kısas'a gidip gelmeye başlamıştır. Böylece Kısas'ta yerleşik bulunan Dede Garkın Ocağı taliplerinin kuşanma ve görgü hizmetleri, kendi ocaklarının dedeleri tarafından yürütülmeye başlanmıştır. Yine Eyüp Dede, kısa bir süreliğine Kısas'a yerleşerek burada ikamet etmiştir. Eyüp Dede'nin vefatından sonra 1940'lı yıllarda onun amcasının çocukları olan Küçük Mustafa Dede ve Büyük Mustafa Dede, Kısas'a gidip gelerek buradaki Dede Garkın taliplerinin kuşanma ve görgü hizmetlerini yürütmüşlerdir. Bugün Kısas'ta yerleşik bulunan söz konusu Dede Garkın Ocağı taliplerinin nüfusu oldukça fazladır. Yaklaşık 400 hane civarında oldukları tahmin edilmektedir. Fakat Eyüp Dede'den sonra çocuklarından ve torunlarından Kısas'a yerleşip kalanlar olmuşsa da onlar yolu sürdürememişler ve bu sebeple yöredeki talipler, Diyarbakır'daki ocakla irtibatları da kopunca Hacı Bektaş'taki Çelebilere bağlanmışlardır (Akın ve Ekici, 2013: 235, Akın, 2020: 82, Akın ve Yılmaz, 2016: 42).

2. ŞANLIURFA ÖRNEKLEMİNDE KISAS KÖYÜİLE İLGİLİ YAZILMIŞ TEZLERE YÖNELİK ARAŞTIRMA

2.1. Araştırmanın Bulguları

Araştırma evrenini Yüksek Öğretim Kurumu Başkanlığı Tez Merkezi veri tabanına kayıtlı tezler oluşturmaktadır. Tarama yapılırken "Şanlıurfa", "Kısas Köyü", "Harran Üniversitesi" kelimeleri kullanılmış olup, tez başlığında söz konusu kelime geçen tüm yüksek lisans, doktora ve tıpta uzmanlık tezleri araştırmaya dahil edilmiştir. Tezlerle ile ilgili bilgiler veri tabanındaki künyeden alınmıştır.

Tablo 1: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Yıl Bazında Dağılımları

Yıllar	Tez Sayısı
1992	2
1998	1
2006	1
2011	1
Toplam	**5**

Tablo 1 incelendiğinde, Şanlıurfa ili örnekleminde Kısas Köyü Hakkında tezlerin en fazla 2 (iki) adetle 1992 yılında yazılmış olduğu görülmektedir.

Kısas Köyü Hakkında ilk iki tez 1992 yılında yazılmış olup biri yüksek lisans diğeri ise doktora tezidir. Yüksek lisans tezi Gülderen TAŞTAN tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzik Anabilim Dalında Doç. Dr. Can ETİLİ tarafından yönetilmiştir. İlk doktora tezi ise yine 1992 yılında Yılmaz SOYYER tarafından İstanbul Üniversitesi, Sosyal

Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalında Doç. Dr. Durali YILMAZ tarafından yönetilmiştir.

Tablo 2: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Üniversite Bazında Dağılımları

Üniversite	**Sayı**
Çukurova	***1***
İstanbul Teknik	1
İstanbul	1
Ankara	1
İstanbul	1
Toplam	**5**

Tablo 2 incelendiğinde Kısas Köyü Hakkında adı geçen üniversitelerde birer tez yazılmıştır.

Tablo 3: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Enstitü Bazında Dağılımları

Enstitü	**Tez Sayısı**
Sosyal Bilimler	5
Toplam	**5**

Kısas Köyü Hakkında yazılmış tezler enstitü bazında değerlendirildiğinde, tezlerin tamamının Sosyal Bilimler Enstitüsünde (5) yapıldığı görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 4: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Anabilim Dalına Göre Dağılımları

Anabilim Dalı	**Tez Sayısı**
Türk Dili ve Edebiyatı	1
Müzik Bilimleri	1
Antropoloji	1
Sosyoloji	1
Müzik	1
Toplam	**5**

Tablo 4 incelendiğinde, Türk Dili ve Edebiyatı, Müzik Bilimleri, Antropoloji, Sosyoloji ve Müzik anabilim dalları gibi çeşitli dallarda yazıldığı görülmektedir. Çok çeşitli anabilim dalında Kısas Köyü çalışılmış olması konunun disiplinlerarası bir nitelik taşıdığını da göstermektedir.

Tablo 5: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Yazıldığı Dile Göre Dağılımı

Dil	**Tez Sayısı**
Türkçe	5
İngilizce	-
Toplam	**5**

Kısas Köyü Hakkında Yazılmış tezlerin tamamı 5 (beş) Türkçe yazılmıştır. (Tablo 5).

Tablo 6: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Danışman Unvanlarına Göre Dağılımı

Danışman Unvanı	**Tez Sayısı**
Prof. Dr.	-
Doç. Dr.	4

Dr. Öğretim Üyesi	1
Toplam	**5**

Tablo 6 incelendiğinde tez sayısının 5 (beş) olduğu görülmektedir. Kısas Köyü Hakkında Yazılmış tezlerin danışman unvanına göre sıralaması yapıldığında birinci sırada doçent doktor unvanına (4) sahip öğretim üyelerinin bulunduğu görülmektedir. İkinci sırada doktor öğretim üyesi (1) unvanına sahip öğretim üyelerinin danışmanlık yaptığı görülmüştür.

Tablo 7: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Yönteme Göre Dağılımı

Yöntem	**Tez Sayısı**
Nicel	-
Nitel	5
Toplam	**5**

Kısas Köyü Hakkında yazılmış tezler yönteme göre sınıflandırıldığında tezlerin tamamında nitel yöntemin (5) kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 8: Kısas Köyü Hakkında Yazılmış Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Türü	**Tez Sayısı**
Yüksek Lisans	4
Doktora	1
Tıpta Uzmanlık	-
Toplam	**5**

Kısas Köyü Hakkında yazılmış tezler türüne göre sınıflandırıldığında 4 adet yüksek lisans tezi ve 1 adet doktora tezi olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Kısas, Harran Ovası üzerinde Türkmen Alevi-Bektaşi kültürünün en canlı yaşandığı ve korunduğu merkezlerden biri konumundadır. Bölgeye has inanç yapısı, Anadolu'nun kadim geleneklerini günümüze taşıyan özgün bir karaktere sahiptir. Kısas Köyü, aşıklık ve ozanlık geleneğinin usta-çırak ilişkisiyle kesintisiz sürdürebildiği için "Aşıklar Diyarı" unvanını almıştır. Bu gelenek, sadece müzikal bir performans değil, aynı zamanda toplumsal hafızanın ve değerlerin korunması işlevini yürütmektedir. Kısas sadece bir köy değil yaşayan bir kültürdür aynı zamanda. Sosyo-kültürel olarak nüfusunun büyük çoğunluğu Türkmen kökenlidir, dil, gelenek-görenek ve yaşam biçimi bakımından çevresindeki yerleşim birimlerinden ayrılmaktadır. Kendine özgü yapısıyla yaşamını sürdürmektedir. Kısas'ın sahip olduğu müzik, inanç ritüelleri, yerel ağız gibi somut olmayan kültürel mirasının modernleşme ve göç etkilerine karşı korunması, gelecek kuşaklara aktarılması için belgeleme ve tescil çalışmalarının artırılması gereklidir. Kısas Köyü, Şanlıurfa'nın kültürel çeşitliliğine zenginlik katan, Türk halk kültürü ve inanç turizmi açısından yüksek potansiyele sahip, yaşayan bir müze niteliğindedir.

Kısas Köyü Hakkında tezlerin en fazla 2 (iki) adetle 1992 yılında yazılmış olduğu görülmektedir. Bu tezlerden biri yüksek lisans diğeri ise doktora tezidir. Tüm tezler Sosyal Bilimler Enstitüsünde, Türkçe ve nitel yöntemler kullanılarak yapılmıştır. İlgili konuda yazılan tezler çeşitli anabilim dalında çalışılmış olması nedeniyle disiplinlerarası bir nitelik taşımaktadır. Tezlerin çoğu doçent doktor unvanına sahip öğretim üyeleri tarafından yürütülmüştür. Yapılan derleme sonucunda Kısas Köyü Hakkında 4 adet yüksek lisans tezi ve 1 adet doktora tezi olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

Akın, B. (2020). Kutsal Mekânların Yolundan Alevi Ocaklarının İzini Sürmek (Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği). *Ritüelleri Ve Anlatılarıyla*, Paradigma Ankara.

Akın, B. - Yılmaz, O. (2016). "Dede Garkın Ocağı'nın Diyarbakır Kolu Ve Diyarbakır Kolundan Alınan İki Yeni Belge Üzerine Tarihî Ve Edebî Bir İnceleme". *Türk Kültürü Ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*. 77 (March 1, 2016): 37-76. Https://İzlik.Org/Ja32nn52hl.

Akın, B., Ekici, M. (2013). "Diyarbakır Yöresi Alevi Ocakları Üzerine Bir Değerlendirme". Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi. 63 (January 1, 2013): 231-246. Https://İzlik.Org/Ja88ga76mc.

Creswell, J. W. (2007). Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches, Thous and Oaks, Sage Publications, California.

Erdem, C. (2013). "ALEVİLİK GELENEĞİNDE BİR AŞIK: DERTLİ DİVANİ". *Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*. 56 (January 1, 2013): 211-226. https://izlik.org/JA35ZM48FK.

Güngör, İ. (2011). Şanlıurfa İli Kısas Yöresi "Cem Formu" Nun Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türk Müziği Programı, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

İlhan, İ. H., (2005) Şanlıurfa Kısas Beldesinde Alevilik Bektaşilik Üzerine Sosyal Antropolojik Araştırma, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Antropoloji Anabilim Dalı, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

İlhan, M. E. (2021). "Zâkirin Bir Dünya Derdi: Âşıklık ve Kısas". *Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*. 99 (September 1, 2021): 405-414. Https://İzlik.Org/Ja62eu74ld.

Kürkçüoğlu, S. S. (2020). "Alevi ve Bektaşi Kültürünün Deryası Kısas ve Yaşayan Bir Usta: Âşık Sefâî". *Türk Kültürü Ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*. 96 (December 1, 2020): 459-490. Https://İzlik.Org/Ja47fb55cb.

Silverman, D. (2005). Doing Qualitative Research. Sage Publications, London.

Taştan, G. (1992). Urfa-Kısas Köyü Semahlarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Üsdiken B. ve Pasadeos, Y. (1993). "Türkiye'de Örgütler ve Yönetim Yazını", Amme İdaresi Dergisi, 26 (2), s. 73-98.

Yağcı, F. (2020). "Aşık Dertli Divani'nin Bestelediği ve Derlediği Şanlıurfa Yöresindeki Beş Türkü ve Bu Türkülerin Türk Halk Müziği Analizleri", *Researcher*, vol. 8, no. 1, pp. 280–300, Jan. 2020, [Online]. Available: https://izlik.org/JA23WM49TT.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık, Ankara.

ÖĞRETİM DENETİMİNDE KURAMSAL DÖNÜŞÜM: YÖNETİM KURAMLARI, DENETİM MODELLERİ VE REHBERLİK TEMELLİ PARADİGMA

Metin YAĞAR
Millî Eğitim Bakanlığı Bakanlık Müfettişi
ORCID ID: 0000-0002-6560-3166

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, öğretim denetiminin tarihsel ve kuramsal dönüşümünü yönetim kuramları, eğitim denetimi modelleri ve çağdaş alternatif denetim yaklaşımları bağlamında incelemektir. Çalışma, bir doktora tezinin kuramsal çerçevesinden yararlanılarak hazırlanmış olup öğretim denetiminin kontrol, standartlara uygunluk ve bürokratik gözetim merkezli anlayıştan rehberlik, mesleki gelişim, öz değerlendirme, akran öğrenmesi ve süreç temelli izleme anlayışına doğru geçirdiği dönüşümü tartışmaktadır. Bu yönüyle çalışma, saha bulgularına dayalı bir model önerisi geliştirmekten ziyade, öğretim denetiminin dayandığı kuramsal zemini çözümlemeyi amaçlamaktadır. Klasik yönetim yaklaşımı denetimi davranış kontrolü ve kurala uygunluk aracı olarak konumlandırırken; neoklasik yaklaşım insan ilişkileri, motivasyon ve rehberlik boyutunu öne çıkarmıştır. Modern yönetim yaklaşımı denetimi sistem ve süreç bütünlüğü içinde değerlendirmiş; postmodern yaklaşımlar ise öğrenen örgüt, toplam kalite, stratejik yönetim, katılımcı değerlendirme ve denetişim kavramlarıyla denetim anlayışını genişletmiştir. Çalışmada bilimsel, sanatsal, öğretimsel, klinik, gelişimsel ve farklılaştırılmış denetim modelleri karşılaştırmalı olarak ele alınmış; koçluk, akran koçluğu, eylem araştırması, portfolyo, mentörlük ve öz değerlendirme gibi alternatif yaklaşımların öğretmen gelişimine sunduğu katkılar tartışılmıştır. Sonuç olarak öğretim denetiminin etkili olabilmesi için tek tip, kesitsel ve kontrol odaklı uygulamalardan uzaklaşarak bağlam duyarlı, rehberlik temelli, gelişimsel ve çok kaynaklı bir yapıya kavuşturulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
Anahtar kelimeler: Öğretim denetimi, eğitim denetimi, denetim modelleri, rehberlik temelli denetim, öğretmen gelişimi.

THEORETICAL TRANSFORMATION IN INSTRUCTIONAL SUPERVISION: MANAGEMENT THEORIES, SUPERVISION MODELS, AND A GUIDANCE-BASED PARADIGM

ABSTRACT
This study aims to examine the historical and theoretical transformation of instructional supervision in the context of management theories, educational supervision models and contemporary alternative supervision approaches. Drawing on the theoretical framework of a doctoral dissertation, the study discusses the transformation of instructional supervision from a control-, compliance- and bureaucratic monitoring-oriented understanding toward a guidance-based paradigm emphasizing professional development, self-evaluation, peer learning and process-based monitoring. Rather than proposing a model based on empirical findings, this paper focuses on analyzing the theoretical foundations of instructional supervision. While the classical management approach positions supervision as a means of behavioral control and compliance with predetermined standards, the neo-classical approach highlights human relations, motivation and guidance. The modern management approach evaluates supervision within the integrity of system and process, whereas postmodern approaches expand the meaning of supervision through learning organization, total quality management, strategic management,

participatory evaluation and co-supervision. In this study, scientific, artistic, instructional, clinical, developmental and differentiated supervision models are comparatively discussed. In addition, alternative approaches such as coaching, peer coaching, action research, portfolio supervision, mentoring and self-evaluation are analyzed in terms of their contributions to teacher development. The study concludes that effective instructional supervision should move beyond uniform, cross-sectional and control-oriented practices and be reconstructed as a context-sensitive, guidance-based, developmental and multi-source process.
Keywords: Instructional supervision, educational supervision, supervision models, guidance-based supervision, teacher development.

1. GİRİŞ

Eğitim sistemlerinin niteliği, yalnızca öğretim programlarının içeriği veya fiziki olanakların yeterliliğiyle açıklanamaz. Öğretim sürecinin nasıl izlendiği, değerlendirildiği ve geliştirildiği de eğitim sisteminin etkililiğini doğrudan belirleyen temel unsurlardan biridir. Bu nedenle eğitimde denetim, örgütsel amaçlara ulaşma düzeyini belirleyen, süreçteki aksaklıkları görünür kılan ve gelişim için geri bildirim sağlayan stratejik bir yönetim işlevi olarak değerlendirilmektedir (Aydın, 2014; Bursalıoğlu, 2016).

Öğretim denetimi, eğitim denetiminin sınıf içi öğretme ve öğrenme süreçleriyle en yakından ilişkili boyutudur. Geleneksel anlamda denetim, çoğu zaman kurallara uygunluğun kontrol edilmesi, eksiklerin belirlenmesi ve öğretmen performansının değerlendirilmesiyle sınırlandırılmıştır. Ancak çağdaş eğitim yönetimi literatüründe öğretim denetimi giderek öğretmenin mesleki gelişimini destekleyen, öğretim sürecini iyileştiren, öğrenci öğrenmesine katkı sağlayan ve okulun öğrenme kapasitesini artıran gelişimsel bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Glickman, Gordon ve Ross-Gordon, 2014; Sullivan ve Glanz, 2015; Zepeda, 2016).

Bu bildirinin temel problemi, öğretim denetiminin kuramsal olarak hangi dönüşüm hatları üzerinden kontrol merkezli yapıdan rehberlik ve gelişim merkezli yapıya evrildiğini açıklamaktır. Çalışma, doktora tezinin kuramsal çerçevesinden hareketle hazırlanmış; ancak tezden üretilecek ampirik makaleyle benzerlik oluşturmamak için saha bulgularını ve model önerisini merkeze almamıştır. Bunun yerine yönetim kuramlarının denetim anlayışına etkisi, klasik denetim modellerinin sınırlılıkları ve çağdaş alternatif yaklaşımların öğretim denetimine sunduğu imkânlar tartışılmıştır.

Bu doğrultuda çalışmanın amacı, öğretim denetiminin teorik arka planını çözümlemek; bilimsel, sanatsal, öğretimsel, klinik, gelişimsel ve farklılaştırılmış denetim modellerini karşılaştırmalı biçimde değerlendirmek ve rehberlik temelli denetim paradigmasının hangi kuramsal gerekçelere dayandığını ortaya koymaktır. Böylece çalışma, öğretim denetiminin günümüzde neden yalnızca kontrol ve performans ölçümü olarak sürdürülemeyeceğini; bunun yerine neden mesleki öğrenme, psikolojik güvenlik, öz değerlendirme, akran desteği ve çoklu veri kaynaklarıyla desteklenen bir yapıya ihtiyaç duyduğunu açıklamayı hedeflemektedir.

2. YÖNETİM KURAMLARININ DENETİM ANLAYIŞINA ETKİSİ

Denetim anlayışındaki dönüşüm, yönetim kuramlarının tarihsel seyriyle yakından ilişkilidir. Klasik yönetim kuramlarında örgüt, belirlenmiş amaçlara ulaşmak için rasyonel biçimde tasarlanmış mekanik bir yapı olarak görülmüştür. Taylor'un bilimsel yönetim anlayışı, Fayol'un yönetim süreçleri yaklaşımı ve Weber'in bürokrasi modeli, denetimi standartlara uygunluk ve davranış kontrolü çerçevesinde konumlandırmıştır. Bu yaklaşım eğitim örgütlerine yansıdığında öğretmen, önceden belirlenmiş kurallara uygun davranması beklenen uygulayıcı; denetmen ise bu uygunluğu kontrol eden otorite olarak görülmüştür (Bursalıoğlu, 2016; Sağır, 2019).

Klasik anlayışın öğretim denetimine yansıması, hiyerarşik ve tek yönlü bir ilişki biçimi üretmiştir. Bu yapıda denetim, öğretmenin profesyonel gelişimini destekleyen karşılıklı bir öğrenme sürecinden çok, öğretmen davranışının dışsal olarak kontrol edilmesi anlamına gelmiştir. Böyle bir denetim anlayışı, belirli ölçüde düzen ve standartlaşma sağlayabilse de öğretmenin yaratıcılığını, mesleki özerkliğini ve sınıf içi karar alma kapasitesini sınırlama riski taşımaktadır. Eğitim gibi insan ilişkilerinin yoğun olduğu örgütlerde salt mekanik denetim anlayışının sürdürülebilir gelişim üretmesi güçtür.

Neoklasik yönetim yaklaşımı, klasik kuramların insan unsurunu ihmal eden yönlerine bir tepki olarak ortaya çıkmıştır. Hawthorne araştırmaları, örgütsel verimliliğin yalnızca fiziksel koşullar ya da ücret gibi dışsal faktörlerle açıklanamayacağını; çalışanların psikolojik doyumu, aidiyet hissi, takdir edilme ihtiyacı ve informal ilişkilerin örgütsel çıktılar üzerinde belirleyici olduğunu göstermiştir. Bu anlayış, eğitim denetiminde öğretmenin yalnızca denetlenmesi gereken bir çalışan değil, desteklenmesi ve geliştirilmesi gereken profesyonel bir özne olarak görülmesine katkı sağlamıştır (Sağır, 2019).

Modern yönetim yaklaşımları ise örgütü açık sistem olarak değerlendirmiştir. Sistem yaklaşımına göre eğitim örgütleri öğrenci, öğretmen, yönetici, program, okul iklimi, aile ve çevre gibi çok sayıda unsurun etkileşimiyle işleyen yapılardır. Bu nedenle öğretim denetimi yalnızca öğretmenin bireysel performansına indirgenemez. Öğretim sürecinde ortaya çıkan sonuçlar; sınıf koşulları, öğrenci profili, okulun kaynakları, programın uygulanabilirliği ve okul kültürü gibi değişkenlerle birlikte değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım, sonuç odaklı ve kesitsel denetimden süreç odaklı ve bütüncül denetime geçişin kuramsal temelini oluşturmuştur (Aydın, 2014).

Postmodern yönetim yaklaşımlarıyla birlikte öğrenen örgüt, toplam kalite yönetimi, stratejik yönetim ve yönetişim kavramları eğitim denetimi alanında daha fazla tartışılır hâle gelmiştir. Öğrenen örgüt yaklaşımı, denetimi örgütsel öğrenmeyi destekleyen bir mekanizma olarak ele alırken; toplam kalite yönetimi sürekli iyileştirme, ekip çalışması ve paydaş katılımını öne çıkarmaktadır. Bu bağlamda denetim, yalnızca üstten alta doğru işleyen kontrol süreci olmaktan çıkarak öğretmen, yönetici, öğrenci, veli ve dış değerlendirme aktörlerinin katkısıyla şekillenen katılımcı bir gelişim süreci hâline gelmektedir (Demir, 2018; Sağır, 2019).

3. ÖĞRETİM DENETİMİNDE KAVRAMSAL DÖNÜŞÜM

Denetim kavramı tarihsel olarak gözetim, kontrol ve yönetim anlamlarıyla ilişkilendirilmiştir. Eğitim bağlamında ise denetim, öğretme ve öğrenme süreçlerini geliştirme amacı taşıdığı ölçüde özgül bir anlam kazanır. Aydın'a (2014) göre öğretim denetimi, öğretmeyi ve öğrenmeyi etkileyen etkenlerin değerlendirilmesi ve daha etkili öğretme-öğrenme ortamlarının oluşturulması işi olarak ele alınmalıdır. Bu tanım, denetimi yalnızca öğretmenin davranışını ölçen bir mekanizma olmaktan çıkarıp öğretim ortamını bütüncül olarak geliştiren bir süreç hâline getirmektedir.

Sullivan ve Glanz (2015), çağdaş denetimi yargılayıcı olmayan, öğretmeni düşünmeye ve gelişmeye sevk eden iş birlikçi bir süreç olarak görmektedir. Bu yaklaşımda denetimin merkezinde öğretmen üzerinde otorite kurma değil, öğretmenle birlikte öğretimi geliştirme amacı bulunmaktadır. Glickman vd. (2014) ise öğretimsel liderlik bağlamında denetimi, öğretmen gereksinimleri ile okul amaçları arasında bağ kuran bir süreç olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle öğretim denetimi, bireysel öğretmen gelişimi ile kurumsal okul gelişimini birbirine bağlayan kritik bir işleve sahiptir.

Öğretim denetimindeki kavramsal dönüşüm üç düzeyde açıklanabilir. Birinci düzey amaç dönüşümüdür: Denetimin amacı hata bulmak veya cezalandırmak değil, öğretmenin mesleki öğrenmesini desteklemek olmalıdır. İkinci düzey süreç dönüşümüdür: Denetim tek derslik gözlemle sınırlı kalmamalı; gözlem öncesi görüşme, sınıf içi veri toplama, gözlem sonrası geri

bildirim ve gelişim takibi gibi döngüsel aşamalar içermelidir. Üçüncü düzey ilişki dönüşümüdür: Denetleyen ve denetlenen arasında hiyerarşik mesafe yerine güven, diyalog ve ortak sorumluluk temelinde iş birliği kurulmalıdır (Zepeda, 2016).

Bu dönüşüm, denetimde psikolojik güvenlik meselesini de gündeme getirmektedir. Öğretmenin denetim sırasında kendisini tehdit altında hissetmesi, gözlenen öğretim davranışlarını yapaylaştırabilir ve gerçek öğretim pratiğinin görünmesini engelleyebilir. Bu nedenle çağdaş denetim anlayışında açık ölçütler, saygılı iletişim, yapıcı geri bildirim ve öğretmenin sürece katılımı vazgeçilmez unsurlar olarak kabul edilmektedir (Danielson, 2010).

4. EĞİTİMDE DENETİM MODELLERİ: KONTROLDEN GELİŞİME

Eğitim denetimi literatüründe farklı dönemlerde farklı denetim modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin her biri, ortaya çıktığı dönemin yönetim anlayışını ve eğitim felsefesini yansıtmaktadır. Bilimsel denetim modeli, klasik yönetim anlayışının eğitim alanındaki izdüşümü olarak değerlendirilebilir. Bu modelde öğretim süreçlerinin belirli standartlara göre düzenlenmesi, öğretmenin bu standartlara uygunluğunun ölçülmesi ve verimliliğin artırılması temel amaçtır. Bilimsel denetim düzenlilik ve ölçülebilirlik sağlasa da öğretmenin mesleki özerkliğini ve sınıf içi bağlamı yeterince dikkate almaması nedeniyle sınırlıdır (Akan, 2019; Aydın, 2019).

Sanatsal denetim modeli, bilimsel denetimin aşırı standartlaştırıcı yönüne karşı öğretimin yaratıcı, bağlamsal ve insani yönüne dikkat çekmektedir. Öğretim yalnızca teknik kuralların uygulanması değil, aynı zamanda pedagojik sezgi, iletişim, sınıf iklimi ve öğretmen sanatını içeren karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle sanatsal denetim, öğretmenin sınıf içindeki özgün uygulamalarını ve eğitim ortamının nitel boyutlarını değerlendirme açısından önemlidir. Ancak bu modelin güçlü yanı olan yorumsal esneklik, nesnellik ve ölçüt açıklığı bakımından dikkatli kullanılmadığında değerlendirmede belirsizlik oluşturabilir.

Öğretimsel denetim modeli, öğretme ve öğrenme süreçlerinin geliştirilmesini merkeze alır. Bu modelde denetim, öğretmenin sınıf içi uygulamalarının iyileştirilmesine, öğrenci öğrenmesinin desteklenmesine ve okul amaçlarının gerçekleştirilmesine hizmet eder. Glickman vd. (2014) öğretimsel denetimi öğretimsel liderlikle ilişkilendirerek, denetimi öğretmen gereksinimleri ile okulun vizyonu arasında bağ kuran stratejik bir süreç olarak tanımlar. Bu yönüyle öğretimsel denetim, kontrol odaklı yaklaşımlardan daha geniş bir mesleki gelişim mantığına sahiptir.

Klinik denetim modeli, öğretim denetimi literatüründe en etkili gelişim odaklı yaklaşımlardan biri olarak kabul edilmektedir. Cogan, Goldhammer ve Anderson tarafından geliştirilen bu model, sınıf içi öğretim süreçlerini gerçek veriler üzerinden çözümlemeyi amaçlar. Klinik denetimin temelinde gözlem öncesi görüşme, sınıf gözlemi, verilerin analizi, gözlem sonrası görüşme ve sürecin yeniden değerlendirilmesi yer alır. Glickman vd. (2014), klinik denetimin doğrudan sınıf ortamına odaklanması, güven ilişkisi kurması, somut verilere dayanması ve öğretmen ile denetmeni eşit düzeyde stratejik ortaklar olarak konumlandırması bakımından önemli olduğunu belirtmektedir.

Gelişimsel denetim modeli, öğretmenlerin mesleki olgunluk düzeylerinin farklı olduğu varsayımından hareket eder. Bu yaklaşıma göre her öğretmene aynı denetim biçimini uygulamak etkili değildir. Yeni başlayan, deneyimli, yüksek özerklik düzeyine sahip ya da belirli öğretimsel güçlükler yaşayan öğretmenlerin denetim gereksinimleri farklıdır. Bu nedenle denetim, öğretmenin gelişim düzeyine ve ihtiyaçlarına göre yönlendirici, iş birlikçi veya yönlendirici olmayan biçimlerde yapılandırılabilir (Aydın, 2019; Zepeda, 2016).

Farklılaştırılmış denetim modeli, gelişimsel denetim anlayışını daha esnek ve demokratik bir düzleme taşır. Glatthorn tarafından sistematize edilen bu model, öğretmenlere kendi gelişim süreçleriyle ilgili seçenekler sunar. Klinik denetim, iş birlikli mesleki gelişim, öz yönelimli

gelişim ve idari izleme gibi seçenekler, öğretmenin deneyim düzeyi ve gelişim ihtiyacına göre farklı biçimlerde uygulanabilir. Böylece denetim, tek tip zorunlu bir işlem olmaktan çıkarak öğretmenin mesleki sorumluluğunu ve öznel katılımını güçlendiren bir yapıya dönüşür (Zepeda, 2016).

5. ALTERNATİF DENETİM YAKLAŞIMLARI VE ÖĞRETMEN GELİŞİMİ

Çağdaş eğitim denetimi anlayışında alternatif yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Koçluk ve akran koçluğu, öğretmenin meslektaşlarıyla birlikte öğrenmesini sağlayan etkili uygulamalardır. Koçluk yaklaşımında amaç öğretmene dışarıdan hüküm vermek değil, onun kendi öğretim pratiği üzerine düşünmesini sağlamaktır. Akran koçluğu ise eşit statüdeki öğretmenlerin birbirlerinin derslerini gözlemlemeleri, geri bildirim vermeleri ve mesleki deneyim paylaşmaları üzerine kurulur. Bu yönüyle akran koçluğu, denetimin tehdit edici algısını azaltabilir ve mesleki öğrenmeyi doğal okul kültürü içine yerleştirebilir.

Eylem araştırması, öğretmenin kendi sınıfında karşılaştığı bir problemi sistematik olarak incelemesini, çözüm üretmesini ve uygulama sonuçlarını değerlendirmesini içerir. Bu yaklaşımda öğretmen yalnızca denetlenen kişi değil, aynı zamanda kendi uygulamasının araştırmacısıdır. Eylem araştırması, öğretmenin yansıtıcı düşünme becerisini artırır ve öğretim denetimini dışsal kontrol sürecinden mesleki öğrenme sürecine dönüştürür.

Portfolyo veya gelişim dosyası denetimi, öğretmenin mesleki gelişimini tek bir gözlem anına indirgemek yerine uzun süreli kanıtlarla değerlendirmeyi mümkün kılar. Ders planları, öğrenci ürünleri, ölçme araçları, öz değerlendirme formları, mesleki gelişim etkinlikleri ve geri bildirim kayıtları portfolyo içinde yer alabilir. Bu yaklaşım, öğretmenin yalnızca o anki performansını değil, gelişim sürecini ve mesleki öğrenme yolculuğunu görünür kılar.

Mentörlük, özellikle mesleğe yeni başlayan öğretmenler için kritik bir destek mekanizmasıdır. Deneyimli bir öğretmen veya eğitim liderinin rehberliğinde yürütülen mentörlük süreci, aday öğretmenin sınıf yönetimi, öğretim yöntemleri, ölçme-değerlendirme ve okul kültürüne uyum gibi alanlarda gelişimini destekler. Mentörlük, denetimin cezalandırıcı değil, yetiştirici boyutunu güçlendiren önemli bir uygulamadır.

Öz değerlendirme ise çağdaş denetim anlayışının merkezî bileşenlerinden biridir. Öğretmenin kendi güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerini fark etmesi, mesleki gelişim sorumluluğunu üstlenmesi açısından önemlidir. Ancak öz değerlendirme tek başına yeterli değildir; yapılandırılmış ölçütler, dışsal geri bildirim, akran desteği ve gelişim planıyla birlikte kullanıldığında daha işlevsel hâle gelir. Bu nedenle çağdaş öğretim denetimi, öz değerlendirmeyi çoklu veri kaynaklarından biri olarak konumlandırmalıdır (Aydın, 2014; Zepeda, 2016).

6. REHBERLİK TEMELLİ PARADİGMANIN KURAMSAL GEREKÇESİ

Rehberlik temelli denetim paradigması, yalnızca iyi niyetli bir uygulama önerisi değil, güçlü kuramsal gerekçelere dayanan bir dönüşüm ihtiyacıdır. Klasik denetim anlayışının öğretmen üzerinde baskı ve savunma davranışı üretme riski, çağdaş denetim modellerinin gelişimsel ve iş birlikçi yapısını zorunlu kılmaktadır. Öğretmen, eğitim sisteminin en kritik uygulayıcılarından biri olduğuna göre, denetimin temel işlevi öğretmeni pasifleştirmek değil, onun mesleki kapasitesini güçlendirmek olmalıdır.

Rehberlik temelli paradigma, denetimin amaç, süreç ve ilişki boyutlarını yeniden düzenler. Amaç bakımından denetim, eksik aramaktan çok gelişim ihtiyacını belirlemeye yönelir. Süreç bakımından tek seferlik kontrol yerine sürekli izleme ve geri bildirim döngüsü öne çıkar. İlişki bakımından ise denetleyen ile öğretmen arasında hiyerarşik mesafe yerine güvene dayalı profesyonel diyalog kurulması beklenir. Bu yaklaşım, öğretmen gelişimi ile okul gelişimi arasındaki bağı güçlendirir.

Bu paradigmanın önemli bir boyutu da bağlam duyarlılığıdır. Her okulun sosyoekonomik çevresi, öğrenci profili, öğretmen kadrosu, fiziksel olanakları ve kurumsal kültürü farklıdır. Bu nedenle aynı denetim aracının tüm okullara ve tüm öğretmenlere aynı biçimde uygulanması, adil ve geliştirici sonuçlar üretmeyebilir. Durumsallık yaklaşımının da işaret ettiği üzere, etkili denetim bağlama duyarlı olmalı; öğretmenin branşı, deneyimi, sınıf düzeyi ve öğrencilerin öğrenme ihtiyaçları dikkate alınmalıdır (Sağır, 2019).

Rehberlik temelli denetim aynı zamanda çoklu veri kaynaklarına dayanmalıdır. Tek derslik gözlem, öğretmenin gerçek performansını bütünüyle yansıtmakta sınırlı kalabilir. Bunun yerine gözlem verileri, öğrenci ürünleri, öğretmen portfolyosu, öz değerlendirme, akran geri bildirimi, okul gelişim verileri ve gerektiğinde dış değerlendirme bulguları birlikte ele alınmalıdır. Böylece değerlendirme hem daha güvenilir hem de öğretmen için daha geliştirici hâle gelir.

Bu bağlamda rehberlik temelli paradigma, öğretim denetimini kontrol mekanizması olmaktan çıkarıp profesyonel öğrenme ekosistemine dönüştürme potansiyeli taşımaktadır. Bu ekosistemde okul müdürü öğretimsel liderlik, müfettiş dış kalite güvencesi ve uzman rehberlik, öğretmen ise öz değerlendirme ve mesleki gelişim sorumluluğu bakımından işlevsel roller üstlenir. Ancak bu çalışmada amaç ampirik bir model sunmak değil, bu dönüşümün kuramsal dayanaklarını görünür kılmaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öğretim denetiminin kuramsal dönüşümü yönetim kuramları, denetim modelleri ve alternatif denetim yaklaşımları bağlamında ele alınmıştır. Değerlendirme, denetim anlayışının klasik dönemde kontrol ve standartlara uygunluk ekseninde şekillendiğini; neoklasik yaklaşımla insan ilişkileri ve rehberlik boyutunun güçlendiğini; modern yaklaşımla sistem ve süreç bütünlüğünün öne çıktığını; postmodern yaklaşımla ise öğrenen örgüt, katılımcı değerlendirme, öz değerlendirme ve sürekli gelişim kavramlarının denetim alanına dahil olduğunu göstermektedir.

Denetim modelleri açısından bakıldığında bilimsel denetim ölçülebilirlik ve standartlaşma, sanatsal denetim bağlam ve öğretmen yaratıcılığı, öğretimsel denetim öğretme-öğrenme sürecinin geliştirilmesi, klinik denetim sınıf içi veriye dayalı yapılandırılmış geri bildirim, gelişimsel denetim öğretmen gereksinimlerine uygun destek, farklılaştırılmış denetim ise esnek ve demokratik denetim seçenekleri bakımından önemli katkılar sunmaktadır. Bu modellerin hiçbiri tek başına tüm sorunları çözebilecek nitelikte değildir; ancak birlikte değerlendirildiklerinde çağdaş öğretim denetiminin çok boyutlu bir yapıya sahip olması gerektiğini göstermektedir.

Çalışmanın temel sonucu, öğretim denetiminin tek tip, kesitsel ve kontrol odaklı biçimde yürütülmesinin günümüz eğitim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kaldığıdır. Öğretim denetimi, öğretmenin mesleki gelişimini destekleyen, öğrenci öğrenmesini merkeze alan, açık ölçütlere dayanan, psikolojik güvenliği önemseyen, bağlam duyarlı ve çoklu veri kaynaklarından beslenen bir yapıya kavuşturulmalıdır.

Bu çerçevede öğretim denetimi uygulamalarında şu öneriler geliştirilebilir: Denetim süreçleri öğretmen gelişimini merkeze alacak biçimde yeniden yapılandırılmalıdır. Tek derslik gözlem yerine süreç temelli izleme ve yapılandırılmış geri bildirim döngüsü kullanılmalıdır. Okul müdürlerinin öğretimsel liderlik yeterlikleri güçlendirilmelidir. Müfettişlerin rehberlik, standart geliştirme ve dış kalite güvencesi rolleri daha belirgin hâle getirilmelidir. Öz değerlendirme, akran koçluğu, mentörlük ve portfolyo gibi alternatif yaklaşımlar denetim sürecine destekleyici araçlar olarak dahil edilmelidir.

Sonuç olarak öğretim denetiminde kuramsal dönüşüm, yalnızca kavramsal bir değişim değil, eğitim sisteminin niteliğini artırmaya yönelik zorunlu bir yeniden yapılanma alanıdır. Rehberlik temelli ve gelişim odaklı denetim anlayışı, öğretmeni kontrol edilen pasif bir nesne

olmaktan çıkarıp mesleki gelişimin aktif öznesi olarak konumlandırdığı ölçüde çağdaş eğitim yönetimiyle uyumlu bir yönelim sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Akan, D. (2019). Eğitimde denetim modelleri. M. Sağır & S. Göksoy (Ed.), Eğitimde denetim ve değerlendirme içinde (3. bs., ss. 145-187). Pegem Akademi.

Aydın, İ. (2019). Öğretimde denetim: Durum saptama, değerlendirme ve geliştirme (7. bs.). Pegem Akademi.

Aydın, M. (2014). Çağdaş eğitim denetimi (6. bs.). Gazi Kitabevi.

Başar, H. (2000). Eğitim denetçisi. Pegem Akademi Yayıncılık.

Beycioğlu, K., & Dönmez, B. (2009). Eğitim denetimini yeniden düşünmek. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 10(2), 71-93.

Bursalıoğlu, Z. (2016). Eğitim yönetiminde teori ve uygulama (13. bs.). Pegem Akademi Yayıncılık.

Danielson, C. (2010). Teacher evaluation that helps teachers learn. Educational Leadership, 68(4), 35-39.

Demir, K. (2018). Öğrenen örgüt yaklaşımı. Eğitim yönetimi kuramları içinde.

Deniz, Ü., & Saylık, N. (2018). Okul müdürleri ve öğretmenlerin perspektifinden öğretimde denetim problemi. Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kuram ve Uygulama, 1(1), 67-80.

Glickman, C. D., Gordon, S. P., & Ross-Gordon, J. M. (2014). Supervision and instructional leadership: A developmental approach (9th ed.). Pearson.

MEB. (2023). Millî Eğitim Bakanlığı Teftiş Kurulu Başkanlığı denetim rehberleri ve denetim esasları.

Sağır, M. (2019). Eğitim denetimi. M. Sağır & S. Göksoy (Ed.), Eğitimde denetim ve değerlendirme içinde. Pegem Akademi.

Sullivan, S., & Glanz, J. (2015). Supervision that improves teaching and learning. Corwin Press.

Zepeda, S. J. (2016). Instructional supervision: Applying tools and concepts. Routledge.

ÇOCUK KORUMA ALANINDA ÇALIŞAN SOSYAL ÇALIŞMACILARIN MESLEKİ KARARLARI VE EBEVEYNLİK DENEYİMLERİ

Reyyan Acar
Tokat Gaziosmanpaşa University Master's Student, Graduate School
Merkez Tokat
ORCID ID: 0009-0008-9999-862X
Dr. Öğr. Üyesi Beyhan Doğan
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work
Merkez Tokat
ORCID ID: 0000-0002-9803-1248

ÖZET
Sosyal hizmetin en yüksek riskli ve etik sorumluluğu en ağır çalışma alanlarından biri olan çocuk koruma, uzmanların hem bilişsel hem de duygusal kapasitelerini en üst sınırda kullanmalarını gerektirir. Bu alanda çalışan sosyal çalışmacılar, her gün ihmal, istismar ve aile parçalanması gibi ağır sosyal sorunlarla karşı karşıya kalırken, aynı zamanda birer ebeveyn olarak kendi aile yaşamlarını sürdürmektedirler. Bu çalışma, çocuk koruma alanındaki mesleki deneyimin ebeveynlik pratiklerine yansımasını ve eş zamanlı olarak, ebeveyn olma deneyiminin mesleki karar verme süreçleri üzerindeki etkisini "karşılıklı inşa" perspektifinden incelemeyi amaçlamaktadır. Nitel araştırma desenlerinden Fenomenolojik yaklaşımının benimseneceği bu araştırmada, çocuk koruma alanında aktif olarak görev yapan ve çocuk sahibi olan 15 sosyal hizmet uzmanı ile derinlemesine görüşmeler yapılması planlanmaktadır. Çalışma, uzmanın "kamusal alandaki çocuk koruyucu" kimliği ile "özel alandaki ebeveyn" kimliği arasındaki geçirgenliğin doğasını keşfetmeyi hedeflemektedir. Araştırma kapsamında odaklanılacak iki temel eksen bulunmaktadır: Birincisi, mesleki alandaki risk analizi becerilerinin ve travma tanıklıklarının, uzmanın kendi çocuğuna yönelik güvenlik algısı, sosyalleşme beklentileri ve disiplin yöntemleri üzerindeki dönüştürücü etkisidir. İkincisi ise, uzmanın kendi ebeveynlik rolünden kaynaklanan duygu durumlarının (şefkat, kaygı, vicdani sorumluluk), risk altındaki çocuklara dair verdiği "koruma altına alma" veya "aile yanında destekleme" gibi kritik mesleki kararları nasıl şekillendirdiğidir. Sonuç olarak bu çalışma, profesyonel ve kişisel roller arasındaki etkileşimin; ikincil travmatik stres, kronik kaygı ve mesleki yargılarda öznellik gibi kritik riskler barındırdığını savunmaktadır. Mesleki deneyimin ebeveynlikte çocuk üzerinde kısıtlayıcı tutumları tetiklerken; ebeveynlik duygularının da vaka yönetiminde 'karar verme sorunlarına' yol açabileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda araştırma, uzmanların klinik objektifliğini ve psikolojik sağlığını korumak adına süpervizyon ile öz-farkındalık temelli müdahalelerin önemini varsaymaktadır.
Anahtar kelimeler: Sosyal Çalışmacı, ebeveynlik, karar verme, mesleki ilişki, deneyim

PROFESSIONAL DECISIONS AND PARENTING EXPERIENCES OF SOCIAL WORKERS WORKING IN THE FIELD OF CHILD PROTECTION

ABSTRACT
Child protection, one of the highest-risk and most ethically demanding fields of social work, requires professionals to utilize both their cognitive and emotional capacities at the highest level. Social workers in this field encounter severe social problems such as neglect, abuse, and family disintegration on a daily basis, while simultaneously maintaining their own family lives as parents. This study aims to examine the reflection of professional experience in the field of child protection on parenting practices and, concurrently, the impact of parenting experience on professional decision-making processes from the perspective of "mutual construction." In

this study, which will adopt a phenomenological approach within qualitative research designs, in-depth interviews are planned with 15 social workers who actively work in the field of child protection and who are also parents. The study seeks to explore the nature of the permeability between the professional's identity as a "child protector in the public sphere" and their identity as a "parent in the private sphere." The research focuses on two main dimensions. The first concerns the transformative effects of professional risk assessment skills and exposure to trauma on the professional's perceptions of safety regarding their own child, expectations of socialization, and disciplinary practices. The second dimension examines how emotional states arising from the parenting role—such as compassion, anxiety, and moral responsibility—shape critical professional decisions regarding at-risk children, including decisions related to "placing the child under protection" or "supporting the child within the family environment." Ultimately, this study argues that the interaction between professional and personal roles carries significant risks, including secondary traumatic stress, chronic anxiety, and subjectivity in professional judgment. It is anticipated that professional experiences may trigger restrictive parenting attitudes toward one's own child, while parental emotions may also lead to difficulties in decision-making during case management processes. In this context, the research emphasizes the importance of supervision and self-awareness-based interventions in protecting professionals' clinical objectivity and psychological well-being.
Keywords: Social worker, parenting, decision-making, professional relationship,experience

DUT YAPRAĞINDAN PROTEİN EKSTRAKSİYON OPTİMİZASYONU

Ayşenur YAŞAR
23100, Merkez, Elazığ
ORCID ID: 0009-0001-5207-9465

ÖZET
Günümüzde beslenme bilincinin artması ve özel tüketici; vegan/vejeteryan tüketici gruplarının sayısının artması ile birlikte tüketicilerde ürün etiketlerini okuma alışkanlığı gelişmiş, bu durum besin değeri yüksek ve kaliteli gıdalara yönelimi artırmıştır. Bununla birlikte, dünya nüfusunun hızla artması protein içeriği yüksek gıdalara erişimi zorlaştırmakta; özellikle sürdürülebilir, ekonomik ve çevresel açıdan uygun protein kaynaklarına olan ihtiyacı belirgin hâle getirmektedir. Ülkemizde protein gereksinimi büyük ölçüde hayvansal kaynaklardan karşılanmaktadır. Ancak hayvansal ürün tüketimi; çevresel etkiler, maliyet, kişisel tercihler ve bazı sağlık sorunları nedeniyle sınırlanabilmektedir.
Bu nedenle kaliteli gıdaya erişimin sürdürülebilirliği açısından alternatif protein kaynaklarına, özellikle de bitkisel kökenli besinlere yönelim her geçen gün artmaktadır. Bitkisel protein kaynakları arasında tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar ve yeşil yapraklı bitkiler önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada atık olarak değerlendirilen dut ağacı yapraklarının protein potansiyeli incelenmiştir. Dut yaprağından elde edilen proteinin, hem gıda katkı maddesi olarak hem de doğrudan gıda takviyesi formunda kullanılabilirliği görülmüştür.
Bu çalışmada dut yaprağından protein eldesi amacıyla alkali ekstraksiyon kullanılmış ve proses parametreleri Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM) ile optimize edilmiştir. Sıcaklık, pH, katı-sıvı oranı ve ekstraksiyon süresi parametreleri bağımsız değişken olarak belirlenip protein verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Belirlenen optimum değerlere göre gram kuru madde başına 70-80 mg protein konsantresi elde edilmiştir. Elde edilen bu protein tozu raf ömrü çalışmalarında ve gıdaların besin değerini arttırmak amacıyla kullanılması planlanmaktadır.
Anahtar kelimeler: Bitkisel protein, dut yaprağı, protein eldesi

OPTIMIZATION OF PROTEIN EXTRACTION FROM MULBERRY LEAVES

ABSTRACT
With the increasing awareness of nutrition and the growing number of consumers with special dietary preferences, such as vegan and vegetarian groups, the habit of reading food labels has become more widespread. This trend has led consumers to prefer foods with higher nutritional value and quality. Meanwhile, the rapid growth of the global population makes access to protein-rich foods more challenging, highlighting the need for sustainable, economical, and environmentally friendly protein sources. In Türkiye, protein requirements are largely met from animal-based sources. However, the consumption of animal products may be limited due to environmental impacts, cost, personal preferences, and certain health concerns.
Therefore, there is a growing interest in alternative protein sources, particularly plant-based foods, to ensure sustainable access to high-quality nutrition. Among plant protein sources, cereals, legumes, oilseeds, and green leafy plants play a significant role. In this context, the present study investigates the protein potential of mulberry tree leaves, which are generally considered agricultural waste. The protein obtained from mulberry leaves has shown potential for use both as a food additive and as a direct dietary supplement.

In this study, protein extraction from mulberry leaves was carried out using an alkaline extraction method, and the process parameters were optimized using Response Surface Methodology (RSM). Temperature, pH, solid-to-liquid ratio, and extraction time were selected as independent variables, and their effects on protein yield were investigated. According to the optimized conditions, 70–80 mg of protein concentrate per gram of dry matter was obtained. The resulting protein powder is planned to be evaluated in shelf-life studies and for its potential to enhance the nutritional value of food products.
Keywords: Plant-based protein, mulberry leaf, protein extraction

TÜRK FINDIĞINDA (CORYLUS COLURNA L.) ABİYOTİK STRES İLE İLİŞKİLİ ADAY MİRNA'LARIN İN SİLİCO YAKLAŞIMLARLA TANIMLANMASI

Deniz GÜNEY
Yıldız Technical University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetic,
ORCID ID: 0009-0007-4971-2745
Prof.Dr.Semiha Erişen
Yıldız Technical University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetic,
ORCID ID: 0000-0002-0542-5118

ÖZET

Kuraklık ve tuzluluk stresi, bitkilerde büyüme, gelişme ve verimliliği olumsuz etkileyen başlıca abiyotik stres faktörleri arasında yer almaktadır. Bitkiler bu stres koşullarına karşı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde çeşitli yanıt mekanizmaları geliştirmektedir. Bu yanıtların düzenlenmesinde mikroRNA'lar (miRNA'lar), hedef genlerin ekspresyonunu transkripsiyon sonrası düzeyde baskılayarak önemli rol oynamaktadır. Türk fındığı (Corylus colurna L.), çevresel stres koşullarına dayanıklılığı ile dikkat çeken ve fındık ıslah çalışmalarında potansiyel genetik kaynak olarak değerlendirilen önemli bir türdür. Ancak bu türde kuraklık ve tuzluluk stresiyle ilişkili miRNA'lara yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu tez çalışmasında, Türk fındığında kuraklık ve tuzluluk stresi ile ilişkili potansiyel miRNA adaylarının in silico yaklaşımlarla belirlenmesi ve bu adayların hedef gen ağlarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle miRBase veri tabanından farklı bitki türlerine ait referans mature miRNA dizileri indirilmiş ve literatür bilgileri doğrultusunda kuraklık ve tuzluluk stresiyle ilişkili olan miRNA'lar filtrelenmiştir. Elde edilen referans mature miRNA dizileri kullanılarak Corylus colurna genomunda homoloji temelli BLAST analizleri gerçekleştirilmiş ve uygun benzerlik, kapsama oranı ve E-değeri kriterlerini sağlayan diziler potansiyel miRNA adayları olarak değerlendirilmiştir.

Belirlenen aday dizilerin pre-miRNA özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla RNAfold programı kullanılarak ikincil yapı analizleri yapılmıştır. Aday dizilerin karakteristik saç tokası/stem-loop yapısı oluşturma potansiyelleri incelenmiş; minimum serbest enerji (MFE), düzeltilmiş minimum serbest enerji (AMFE) ve minimum serbest enerji indeksi (MFEI) değerleri hesaplanmıştır. Bu termodinamik parametreler ve yapısal özellikler birlikte değerlendirilerek olası pre-miRNA adaylarının güvenilirliği analiz edilmiştir.

Daha sonraki aşamada, belirlenen miRNA adaylarının hedef genleri psRNATarget aracı kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen hedef genlerin olası biyolojik rolleri değerlendirilmiş ve bu genlerin kuraklık, tuzluluk, hormon sinyal iletimi, transkripsiyonel düzenleme, iyon taşınımı, oksidatif stres yanıtı ve metabolik adaptasyon gibi abiyotik stresle ilişkili süreçlerde görev alabileceği belirlenmiştir. Ayrıca hedef genler arasındaki olası protein-protein etkileşimlerinin ve fonksiyonel ilişkilerin ortaya konulması amacıyla STRING analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda, miRNA adaylarının hedeflediği genlerin stres yanıt mekanizmalarında birbiriyle ilişkili düzenleyici ağlar oluşturabileceği değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türk fındığında kuraklık ve tuzluluk stresiyle ilişkili potansiyel miRNA adaylarının belirlenmesine yönelik in silico temelli önemli bir kaynak sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Türk fındığı, Corylus colurna, miRNA, mature miRNA, kuraklık stresi, tuzluluk stresi, RNAfold, psRNATarget, STRING, hedef gen analizi, in silico analiz

SILICO IDENTIFICATION OF CANDIDATE miRNAs ASSOCIATED WITH ABIOTIC STRESS IN TURKISH HAZEL (CORYLUS COLURNA L.)

ABSTRACT

Drought and salinity stress are among the major abiotic stress factors that negatively affect plant growth, development, and productivity. Plants develop various physiological, biochemical, and molecular response mechanisms against these stress conditions. MicroRNAs (miRNAs) play an important role in the regulation of these responses by suppressing the expression of target genes at the post-transcriptional level. Turkish hazel (Corylus colurna L.) is an important species that attracts attention due to its tolerance to environmental stress conditions and is considered a potential genetic resource in hazelnut breeding studies. However, studies on miRNAs associated with drought and salinity stress in this species are quite limited.

In this thesis study, it was aimed to identify potential miRNA candidates associated with drought and salinity stress in Turkish hazel using in silico approaches and to analyze the target gene networks of these candidates. Within the scope of the study, reference mature miRNA sequences belonging to different plant species were first downloaded from the miRBase database, and miRNAs associated with drought and salinity stress were filtered based on literature information. Using the obtained reference mature miRNA sequences, homology-based BLAST analyses were performed in the Corylus colurna genome, and sequences meeting appropriate similarity, coverage rate, and E-value criteria were evaluated as potential miRNA candidates.

In order to evaluate the pre-miRNA characteristics of the identified candidate sequences, secondary structure analyses were performed using the RNAfold program. The potential of the candidate sequences to form characteristic hairpin/stem-loop structures was examined, and minimum free energy (MFE), adjusted minimum free energy (AMFE), and minimum free energy index (MFEI) values were calculated. These thermodynamic parameters and structural features were evaluated together to analyze the reliability of the putative pre-miRNA candidates.

In the next step, the target genes of the identified miRNA candidates were predicted using the psRNATarget tool. The possible biological roles of the predicted target genes were evaluated, and it was determined that these genes may be involved in abiotic stress-related processes such as drought, salinity, hormone signal transduction, transcriptional regulation, ion transport, oxidative stress response, and metabolic adaptation. In addition, STRING analysis was performed to reveal possible protein-protein interactions and functional relationships among the target genes. As a result of these analyses, it was suggested that the genes targeted by miRNA candidates may form interconnected regulatory networks in stress response mechanisms.

In conclusion, this study provides an important in silico-based resource for the identification of potential miRNA candidates associated with drought and salinity stress in Turkish hazel.

Keywords: Turkish hazel, Corylus colurna, miRNA, mature miRNA, drought stress, salinity stress, RNAfold, psRNATarget, STRING, target gene analysis, in silico analysis

UTILIZATIONS OF FOOD WASTE FROM CHEERYAL VILLAGE TELENGANA INDIA IN THE VARIOUS TYPES OF AGRICULTURAL ACTIVITY

Subhashish Dey
Civil Engineering Department, Seshadri Rao Gudlavalleru Engineering College, Gudlavalleru, Andhra Pradesh, India

Abstract:
The food waste management is a term that is used to refer to the process of collecting and treating of various types of food wastes. Waste management is all about how food waste can be reused as a valuable resource. There is a need to control the volume of food waste generated in our society. Every day a huge quantity of organic waste is disposed of inland fill sites without proper treatment. These landfills sites produce foul smell, underground water pollution and air pollution. This pollution can affect the health of humans, wildlife and our environment. Among many methods of organic waste management we adopted a composting method for managing organic waste generated in cheeryal village. The vegetable waste, fruit waste, rice waste are collected in cheeryal village and used for composting. There are six samples prepared with different proportions from organic waste like rice, vegetable waste, fruit waste, cow dung, rock phosphate. Moisture test is conducted to determine the initial moisture content. To determine the maturity of compost electrical conductivity and organic content tests are performed to check the quality of produced compost NPK tests is conducted.
Keywords: *Water, Food waste management, Pollution, Cheeryal village, Composting, Moisture test and NPK tests*

MATHEMATICAL MODELING OF CONTAMINANT TRANSPORT IN GROUNDWATER SYSTEMS WITH SINUSOIDAL HETEROGENEITY AND DECAYING INLET SOURCE

Ravi Shankar Singh
Pintu Das
Department of Mathematics, Sarala Birla University Ranchi, Jharkhand, India

Abstract:
A mathematical model of one dimensional solute transport in fluid saturated porous medium is developed, which includes advection, dispersion and linear sorption. The governing equation is derived as an altered version of the advection -dispersion equation where the retardation factor is obtained because of the interaction of solid and liquid phases through an adsorption partition coefficient, which regulates the actual movement of solute through the porous matrix. The initial condition is prescribed to be a spatial sinusoidal concentration distribution, which is periodic heterogeneity of the contaminant field. An exponentially decay time-dependent source at the inlet boundary is taken to ensure a declining input of contaminants where the outlet is set to zero concentration, which is a clean far-field condition. Analyzing the concentration profiles at the end of each time interval in varying hydrogeological conditions, the results are analyzed spatially. The impact of the decay parameters on the suture attenuation and transport behavior is examined and its effects are noted in various geological formations. The suggested formulation offers a versatile framework to analytical and numerical research of contaminant transport in groundwater and soil systems under changing environmental conditions to give a better understanding of solute transportation processes in porous media.
Keywords: Solute; porous media; advection-dispersion equation; retardation factor; groundwater contamination.

SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENMENİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Eda BALCI
İstanbul Beykent Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0001-9775-9280

ÖZET

Sürdürülebilir beslenme, bireylerin besin gereksinimlerini karşılarken çevresel etkileri en aza indiren ekonomik açıdan erişilebilir, sosyal ve kültürel bakımdan kabul edilebilir beslenme örüntüleri olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi ve beslenmeye bağlı kronik hastalıkların yaygınlığındaki artış, sürdürülebilir beslenme yaklaşımlarının önemini artırmıştır. Sürdürülebilir beslenme, bireysel sağlığın geliştirilmesinde ve gezegen sağlığının korunmasında da kritik bir öneme sahiptir. Bitki temelli beslenme modelleri, daha düşük sera gazı emisyonu ile daha az su ve arazi kullanımı sayesinde çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra lif, vitamin ve antioksidan bakımından zengin içerikleri sayesinde kardiyovasküler hastalıklar, obezite ve tip 2 diyabet gibi kronik hastalıkların önlenmesinde etkili olmaktadır. Hayvansal kaynaklı besinlerin aşırı tüketimi hem çevresel yükün artması hem de sağlık risklerinin yükselmesi ile ilişkilendirilmektedir. Sürdürülebilir beslenmenin temel bileşenleri arasında yerel ve mevsimsel besinlerin tercih edilmesi, gıda israfının azaltılması, yüksek düzeyde işlenmiş gıdaların sınırlandırılması ve bilinçli tüketim davranışlarının geliştirilmesi yer almaktadır. Toplumsal düzeyde sürdürülebilir beslenme davranışlarının yaygınlaştırılması ise eğitim programları, politika düzenlemeleri ve toplumsal farkındalık girişimlerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Özellikle çocukluk ve ergenlik döneminde kazanılan beslenme alışkanlıkları, yaşam boyu sürdürülebilir davranışların temelini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir beslenme, bireysel sağlığın korunması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu nedenle, gelecekteki beslenme politikaları ve eğitim stratejilerinde öncelikli bir konu olarak ele alınmalıdır.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir beslenme, Çevresel sürdürülebilirlik, Kronik hastalıklar

THE EFFECTS OF SUSTAINABLE DIETS ON HEALTH

ABSTRACT

Sustainable diets are defined as dietary patterns that meet individuals' nutritional requirements while minimizing environmental impacts, and that are economically accessible and socially and culturally acceptable. In recent years, climate change, depletion of natural resources, and the increasing prevalence of nutrition-related chronic diseases have heightened the importance of sustainable dietary approaches. In this context, sustainable diets play a critical role not only in promoting individual health but also in preserving planetary health. Plant-based dietary patterns contribute to environmental sustainability through lower greenhouse gas emissions and reduced water and land use. At the same time, their rich content of fiber, vitamins, and antioxidants makes them effective in the prevention of chronic diseases such as cardiovascular diseases, obesity, and type 2 diabetes. Conversely, excessive consumption of animal-based foods is associated with increased environmental burden as well as heightened health risks. Key components of sustainable diets include the preference for local and seasonal foods, reduction of food waste, limitation of highly processed foods, and the development of conscious consumption behaviors. At the societal level, promoting sustainable dietary behaviors requires

the implementation of educational programs, policy regulations, and public awareness initiatives. In particular, dietary habits established during childhood and adolescence form the foundation of lifelong sustainable behaviors. In conclusion, sustainable diets offer a holistic approach to maintaining individual health and ensuring environmental sustainability. Therefore, they should be considered a priority in future nutrition policies and educational strategies.
Key Words: Sustainable diets, Environmental sustainability, Chronic diseases

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA OKURYAZARLIĞI

Eda BALCI
İstanbul Beykent Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0001-9775-9280

ÖZET

Sürdürülebilir gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda tercihlerini çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar çerçevesinde değerlendirebilme; sağlıklı, güvenli ve ekosistem dostu besin seçimleri yapabilme kapasitesini ifade eden çok boyutlu bir kavramdır. İklim değişikliğinin artması, doğal kaynakların tükenmesi, gıda israfı ve beslenmeye bağlı kronik hastalıkların yaygınlaşması, bireylerin besin öğeleri hakkında bilgi sahibi olmalarını ve üretimden tüketime kadar tüm gıda sistemini anlayabilmelerini gerekli kılmaktadır. Sürdürülebilir gıda okuryazarlığı, geleneksel beslenme bilgisinin ötesine geçerek çevresel ayak izi, su kullanımı, karbon emisyonu, yerel üretim, mevsimsellik ve etik tüketim gibi unsurları da kapsamaktadır.
Sürdürülebilir gıda okuryazarlığı; bilgi, tutum ve davranış olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bilgi boyutu, bireylerin besinlerin çevresel etkileri, sürdürülebilir tarım uygulamaları, gıda etiketlemesi ve gıda güvenliği konularında farkındalık kazanmalarını içermektedir. Tutum boyutu, çevreye duyarlı beslenme uygulamalarına yönelik olumlu değerlerin geliştirilmesini kapsarken davranış boyutu ise bu farkındalığın günlük yaşama aktarılmasını ifade etmektedir. Bitki temelli beslenme tercihlerinin artırılması, yerel ve mevsimsel ürünlerin seçilmesi, gıda israfının azaltılması ve bilinçli gıda satın alma ile planlama davranışları, sürdürülebilir gıda okuryazarlığının uygulamadaki yansımaları arasında yer almaktadır.
Toplumsal düzeyde sürdürülebilir gıda okuryazarlığının geliştirilmesi hem halk sağlığı hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik önem taşımaktadır. Eğitim programları, üniversite müfredatları ve toplumsal farkındalık kampanyaları bu süreçte temel araçlar olarak değerlendirilmektedir. Çocukluk ve ergenlik döneminde kazanılan beslenme alışkanlıklarının yaşam boyu davranış örüntülerini şekillendirmesi nedeniyle, sürdürülebilir beslenme bilincinin erken yaşlarda kazandırılması kritik bir adım olarak görülmektedir.
Sonuç olarak sürdürülebilir gıda okuryazarlığı, bireysel sağlık ile gezegen sağlığını bütüncül bir yaklaşımla ele alan yenilikçi bir kavramdır. Bu yaklaşım, sağlıklı nesiller yetiştirilmesi ve doğal kaynakların korunması açısından önemli bir araç niteliği taşımaktadır ve beslenme politikaları ile eğitim stratejilerinin merkezinde yer almalıdır.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir beslenme, Gıda okuryazarlığı, Çevresel ayak izi

SUSTAINABLE FOOD LITERACY

ABSTRACT

Sustainable food literacy is a multidimensional concept that refers to individuals' capacity to evaluate their food choices within environmental, economic, and social dimensions, and to make healthy, safe, and ecosystem-friendly food preferences. Increasing climate change, depletion of natural resources, food waste, and the growing prevalence of nutrition-related chronic diseases highlight the need for individuals not only to have knowledge about nutrients but also to understand the entire food system from production to consumption. Sustainable food literacy goes beyond traditional nutrition knowledge by also encompassing factors such as environmental footprint, water use, carbon emissions, local production, seasonality, and ethical consumption.

Sustainable food literacy consists of three main components: knowledge, attitudes, and behaviors. The knowledge dimension involves individuals gaining awareness about the environmental impacts of foods, sustainable agricultural practices, food labeling, and food safety. The attitude dimension includes the development of positive values toward environmentally responsible dietary practices, while the behavior dimension refers to the application of this awareness in daily life. For instance, increasing plant-based dietary preferences, choosing local and seasonal products, reducing food waste, and practicing conscious food purchasing and planning are practical reflections of sustainable food literacy.

At the societal level, improving sustainable food literacy has strategic importance for both public health and environmental sustainability. Educational programs, university curricula, and public awareness campaigns are key tools in this process. Since dietary habits acquired during childhood and adolescence shape lifelong behavioral patterns, fostering sustainable food awareness at an early age is a critical step.

In conclusion, sustainable food literacy is an innovative concept that addresses individual health and planetary health through a holistic approach. This perspective represents an important tool for raising healthy generations and protecting natural resources and should be placed at the center of nutrition policies and educational strategies.

Key Words: Sustainable nutrition, Food literacy, Environmental footprint

EĞITIM ÖRGÜTLERINDE SPORUN STRATEJIK YÖNETIMI

Ozan Akıllı
Ünal Saki
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı

Özet
Giriş: Eğitim örgütlerinde sporun stratejik yönetimi, kurumların değişen çevresel dinamiklere uyum sağlayarak sürdürülebilir başarı elde etmeleri açısından kritik bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, eğitim örgütlerinde sporun stratejik yönetimini mevcut literatür üzerinden çok boyutlu (dijital dönüşüm, stratejik liderlik, insan kaynakları ile güvenlik ve risk yönetimi) olarak değerlendirmektir. Yöntem: Araştırmada, nitel ve nicel ampirik çalışmaları bir araya getirerek olgunun teorik ve pratik boyutlarını sentezleyen bütünleştirici derleme yöntemi kullanılmış; Google Akademik, Dergipark, TR Dizin, Web of Science, PubMed ve Scopus gibi veri tabanları üzerinden 2010-2025 yılları arasında yayımlanmış hakemli makaleler taranarak elde edilen veriler tematik bir çerçevede analiz edilmiştir. Bulgular: Okullardaki spor faaliyetlerinin stratejik vizyonla planlanmasının öğrencilerin fiziksel, akademik ve psiko-sosyal gelişimlerini anlamlı düzeyde artırdığı; ancak karşılaşılan bütçe ve nitelikli personel yetersizliklerini aşmak ile dijital dönüşüm ve kriz yönetimine uyum sağlamak için dönüşümcü liderlik modellerine ve etkili insan kaynakları politikalarına ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Sonuç: Spor programlarının başarısı, yenilikçi stratejik yönetim anlayışlarının bütüncül bir şekilde benimsenmesine bağlı olup; bu araştırma, yöneticilere liderlik ve planlama süreçlerinde kanıta dayalı işlevsel bir çerçeve sunarak literatüre kuramsal düzeyde önemli bir katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Aktivite, Yönetim, Müsabaka, Liderlik, Performans

STRATEGIC MANAGEMENT OF SPORTS IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Abstract
Introduction: It is considered that the strategic management of sports in educational organizations is of critical importance for institutions to adapt to changing environmental dynamics and achieve sustainable success. Accordingly, the aim of this study is to evaluate the strategic management of sports in educational organizations from a multidimensional perspective (digital transformation, strategic leadership, human resources, and security and risk management) through current literature. Method: In the research, an integrative review method was utilized, which synthesizes the theoretical and practical dimensions of the phenomenon by bringing together qualitative and quantitative empirical studies. The data obtained by scanning peer-reviewed articles published between 2010 and 2025 across databases such as Google Scholar, DergiPark, TR Dizin, Web of Science, PubMed, and Scopus were analyzed within a thematic framework. Results: It was determined that planning sports activities in schools with a strategic vision significantly enhances the physical, academic, and psycho-social development of students. However, it was also found that transformational leadership models and effective human resources policies are required to overcome the encountered budget and qualified personnel shortages and to adapt to digital transformation and crisis management. Conclusion: The success of sports programs depends on the holistic adoption of innovative strategic

management approaches. In this regard, this research makes a significant theoretical contribution to the literature by providing managers with an evidence-based functional framework for leadership and planning processes.
Keywords: Activity, Management, Competition, Leadership, Performance

ÇOKLU DİŞETİ ÇEKİLMESİNİN TEDAVİSİNDE BAĞ DOKUSU VE MODİFİYE TÜNEL TEKNİĞİ: VAKA RAPORU

Uzm. Dt. Gülnur Sağlam
Diyarbakır Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Periodontoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
Orcid ID: 0009-0005-4982-3651
Uzm. Dt. Deniz Gül Sarıdoğan
Nilüfer Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Periodontoloji Bölümü, Bursa, Türkiye
Orcid ID:0009-0002-9826-0101

ÖZET

Diş eti çekilmesi diş kökünün açığa çıkmasıyla birlikte estetik, dentin hassasiyeti, çürük ve çürük olmayan servikal lezyonlara sebep olan periodontal bir durumu ifade etmektedir. Günümüzde diş eti çekilmesinin tedavisinde otojen bağ dokusu grefti (CTG) altın standart olarak görülmektedir. Çoklu diş eti çekilmelerinde tünel tekniği ile birlikte otojen bağ dokusu grefti kullanımı güncelliğini koruyan bir tedavi yaklaşımıdır. Bu teknikte subperiosteal flebin koronale doğru ilerletilmesi esnasında papil bütünlüğü korunmaktadır. Serbestleştirilen bölgeye subepitelyal bağ doku greftinin yerleştirilmesi keratinize dokunun artmasını ve gingival dokunun kalınlaşmasını sağlar. Bu çalışmamızda diş etlerinde kanama, diş eti çekilmesi ve dentin hassasiyeti ile kliniğimize başvuran hastamızda uyguladığımız modifiye tünel tekniği ile yerleştirilen otojen bağ dokusu greftinin sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sol alt kanin ve premolar dişlerde diş eti çekilmesi şikâyeti olan sistemik olarak sağlıklı 44 yaşındaki erkek hastaya başlangıç periodontal tedavi(Faz.1) uygulandıktan sonra modifiye tünel tekniği ile birlikte otojen bağ dokusu grefti yerleştirilmiştir. Üç aylık takip sonrasında kök yüzeyinin kapatılmasında modifiye tünel tekniği ve bağ dokusu greftinin oldukça başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bağ dokusu grefti, modifiye tünel tekniği, diş eti çekilmesi

TREATMENT OF MULTIPLE GINGIVAL RECESSION USING CONNECTIVE TISSUE AND MODIFIED TUNNEL TECHNIQUE: CASE REPORT

ABSTRACT

Gingival recession refers to a periodontal condition characterized by the exposure of the tooth root, which leads to aesthetic concerns, dentin hypersensitivity, and both carious and non-carious cervical lesions. Today, autogenous connective tissue grafting (CTG) is considered the gold standard for the treatment of gum recession. The use of autogenous connective tissue grafting in conjunction with the tunnel technique for multiple gum recessions remains a current treatment approach. In this technique, papillary integrity is preserved as the subperiosteal flap is advanced coronally. Placement of a subepithelial connective tissue graft in the exposed area promotes the proliferation of keratinized tissue and thickening of the gingival tissue. The aim of this study was to evaluate the results of the autogenous connective tissue graft placed using the modified tunnel technique in a patient who presented to our clinic with bleeding gums, gum recession, and dentin hypersensitivity. A 44-year-old male patient with systemic health who complained of gingival recession in the lower left canine and premolar teeth underwent initial periodontal treatment (Phase 1), followed by the placement of an autogenous connective tissue graft using the modified tunnel technique. After a three-month follow-up, the modified tunnel technique and the connective tissue graft were found to be highly successful in covering the root surface.

Keywords: Connective tissue graft, modified tunnel technique, gingival recession

GİRİŞ

Diş eti çekilmesi, klinik ataçman kaybına bağlı olarak gingival marjinin mine-sement birleşiminin apikaline doğru yer değiştirmesi ve diş kökünün açığa çıkması olarak tanımlanır. (1) Farklı koşullar ve patolojiler neticesinde meydana gelir ve dişlerin bütün yüzeylerini kapsayabilir.(2)

Epidemiyolojik olarak diş eti çekilmeleri hem gençleri hem yetişkinleri etkilemektedir. 60 yaş üstü kişilerde en yüksek prevalansa ulaşır.(1)Bir veya daha fazla yüzeyin etkilendiği diş eti çekilmelerine 65 yaş sonrası bireylerde %88 oranında rastlanırken, 18 ila 64 yaş arasında ise bu oran %50 olarak gözlemlenmiştir (2).Plak kaynaklı periodontal inflamasyon ve hatalı diş fırçalama marjinal doku çekilmesinin iki önemli sebebidir. Bu faktörlerin kontrol altına alınması diş eti çekilmesinin ortaya çıkmasına engel olacaktır. Hastaların etkin fakat travmatik olmayan diş fırçalama yöntemlerini kullanması diş eti çekilmelerinin önlenmesinde oldukça önemlidir.(3)

Kök yüzeyi örtme işlemlerinin en önemli endikasyonu diş eti çekilmesiyle birlikte ortaya çıkan dentin hassasiyeti, aşınma erozyon gibi servikal lezyonlar, estetik sıkıntılar ve dental plak kontrolünün sağlanabilmesi için yumuşak doku topografyasının değiştirilmesi ihtiyacıdır. (3,4)

Diş eti çekilmelerinin tedavileri ile ilgili olarak daha önce Miller tarafından yapılmış olan sınıflandırmaya ilave olarak Cairo ve arkadaşları tarafından interproksimal ataçman seviyelerinin klinik olarak değerlendirilmesine dayanarak kök yüzeyi örtülmesi sonucunu tahmin etmek için bukkal bölgedeki çekilmeler için basit bir sınıflama yapılmıştır (5).

Bu sınıflamaya göre; interproximal ataçman kaybı olmadan bukkalde meydana gelen çekilmeler tip 1, bukkal ataçman kaybı ile eşit veya daha az olan çekilmeler tip 2,bukkal ataçman kaybından daha fazla interproximal ataçman kaybının olduğu çekilmeler tip 3 olarak adlandırılmıştır (5). Bu sınıflama ile kök yüzeyi örtülmesi potansiyeli tahmin edilebilir ve Cairo tip 1 çekilmelerde kök yüzeyinin örtülme başarısı %100 olarak öngörülebilir (6).

Diş eti çekilmesinin cerrahi olmayan tedavi seçenekleri arasında ise optimal plak kontrolünün sağlanması, taşkın subgingival restorasyonların çıkarılması ve hassasiyet giderici ajanların kullanımı yer alır . Cerrahi olarak ise, laterale kaydırılan flep, serbest dişeti grefti, bağ dokusu grefti, yönlendirilmiş doku rejenerasyonu, aselüler dermal matriks ve bunların kombinasyonları gibi çeşitli teknikler geliştirilmiş ve uygulanmıştır.(7)

OLGU SUNUMU

Sistemik olarak sağlıklı, sigara kullanmayan 44 yaşında erkek hasta sol alt kanin ve premolar dişlerindeki diş eti çekilmesinin tedavisi için kliniğimize başvurdu. Dişlerde Cairo tip 1 çekilme tespit edildi. Hastaya operasyon öncesinde faz-1 tedavi uygulandı ve ağız hijyen motivasyonu sağlandı. Her iki dişin kök yüzeyinde kök yüzeyi düzleştirmesi işlemi gerçekleştirildi. **(Resim.1)** Diş eti çekilmesinin tünel tekniği ile birlikte bağ doku kullanılarak tedavisine karar verildi.



Resim.1. Hastanın faz1 tedavi sonrası ağız içi görüntüsü

Diş eti oluğu içerisinden mikro cerrahi bistüri ile intra sulkuler kesi yapıldı. Tünel bıçaklarını kullanmadan önce papiller mümkün olduğunca serbest bir hale getirildi. Papil tabanındaki periost mikro bistüri ile kesildi ve papilin bukkal yarısı papil elevatörü ile tam olarak serbestleştirildi. Tünelin delinmemesi için tünel bıçakları ile işleme devam edildi ve kesi mukogingival sınırın apikaline kadar dairesel hareketlerle ilerletildi. Tünelin sınırları çekilme görülen dişlerin bir diş mezialine ve distaline uzatıldı. Tünelde yeterli serbestlik sağlanıp sağlanmadığı miller sondu ile kontrol edildi.

Hastanın aynı taraf damak bölgesinden 1.5-2 mm kalınlığında bağ dokusu grefti elde edildi ve 5.0 rezorbe olmayan polyamide sütur kullanıldı. 33 numaralı dişin mesial yarısının serbestleştirilen bölgesinden iğne ile girilerek 34'ün mezial sulkusundan çıkıldı İğne ile bağ dokunun bir ucundan önce içeriden dışarıya sonra ise dışarıdan içeriye geçildi ve bağ dokusu yakalanarak bir miller sondu yardımıyla tünelin içine doğru çekildi ve iğne ile ilk girilen bölgeye dönülerek bağ doku sabitlendi. Diğer tarafta ise aynı şekilde bağ dokusunun serbest ucu yakalanarak 34'ün distalinden tünel içine ilerletilip sabitlendi. Askı süturlar kullanılarak bağ dokusunun üstünde kalan flebin bağ dokuyu tam olarak örtmesi ve dokunun sabitlenmesi sağlandı **(Resim 2)**



Resim.2. Yerleştirilen bağ dokunun süture edilmesi

Hastadan 2 hafta boyunca operasyon alanını fırçalamaması, travmatik durumlardan bölgeyi koruması istendi. Postoperatif olarak hastaya 1 hafta analjezik, antienflamatuar, antibiyotik reçete edildi (Eto-dolak 400 mg tablet ve Amoksisilin/Klavulanik asit 625 mg film tablet)**.** 2 hafta boyunca kullanılmak üzere ise %0.12'lik klorheksidin glukonat gargara reçete edildi.12 gün sonra ise alıcı bölgedeki ve donör sahadaki süturlar alındı **(Resim 3).**



Resim.3 Hastanın 12 gün sonraki ağız içi görüntüsü

Operasyondan üç ay sonra dişeti çekilmesi ile ilgili şikâyetlerin tamamen sona erdiği ve estetik olarak tam bir kök yüzeyi kapamasının gerçekleştiği görüldü**. (Resim 4)**



Resim 4.Hastanın 3 ay sonraki ağız içi görüntüsü

Tartışma

Diş eti çekilmelerinin tedavisinde her tekniğin avantajları ve dezavantajları dikkatle değerlendirilmeli ve hastaya özgü planlamalar yapılmalıdır. Günümüzde cerrahi bir yaklaşımın gerekli olduğu durumlarda, koronal olarak ilerletilmiş flep ve tünel prosedürlerinin bağ dokusu grefti ile birlikte tekli veya çoklu çekilme defektlerinin tedavisinde kullanılması en etkili tedavi seçenekleri olarak kabul edilmektedir. Hastadan bağ dokusu grefti alınması için bir kontrendikasyon varsa veya hastanın donör bölge ameliyatını istemediği durumlarda, kollajen matriksler, aselüler dermal matriksler, mine matriks türevleri gibi yardımcı materyallerin kullanımı değerli bir tedavi alternatifi olabilir.(7)

Koronale kaydırılan flepler ve modifiye tünel tekniğinin kullanıldığı bağ dokusu prosedürleri farklı çalışmalarda karşılaştırılmış olmasına rağmen hangi yaklaşımın üstün olduğuna dair kesin bir sonuç belirtilmemiştir (8).Farklı çalışmalarında tünel tekniği ile birlikte serbest bağ dokusu grefti kullanılmış ve kök yüzeyi kapatmada %95 oranında bir başarı gözlemlenmiştir (9).

Tünel tekniğiyle birlikte bağ doku greftinin kullanılması greftin daha fazla vaskülarizasyonunu sağlayarak, hem supraperiosteal damarlar hem de onu örten flep yoluyla çift kan beslemesi elde edilmesini sağlar. Greftin aynı anda hem iç hem dış bölgeden beslenebilmesi sağ kalım oranını artırır ve yara iyileşmesini hızlandırır.(10) Kök yüzeyinin daha fazla örtülebilmesi ve önceki doku ile uyumlu bir renk elde edilmesi, flebin yarım kalınlık olması, ilave insizyon gerektirmemesi tekniğin önemli avantajları arasındadır.(10).Diğer yandan, tünel prosedürü sırasında, alıcı bölgede flebin perforasyon riski nedeniyle yüksek deneyime ve daha spesifik aletlere ihtiyaç duyulur (11).

Sonuç

Bu vakada, ameliyattan üç ay sonra, keratinize diş eti genişliğinin arttığı, dişeti çekilmesinin tamamen kapandığı ve hastanın estetik olarak sonuçtan son derece memnun olduğu görüldü.

Çoklu diş eti çekilmesinin tedavisinde otojen bağ dokusu ile birlikte uygulanan modifiye tünel tekniğinin kök yüzeyini kapatmak için uygun ve başarılı bir teknik olduğu sonucuna varıldı.

Kaynaklar

1.Koppolu P, ElHaddad SA-E, Abushama AA, Soliman O, Afsa A, Almutairi AH, Youssef MSA, Bukhary F, Almoallim MHS, Alrashidi EF, et al. Comparative effectiveness of autogenous connective tissue grafts and xenogeneic soft tissue substitutes for multiple gingival recessions: A systematic review and meta-analysis. *Medicina*. 2026; 62(2):366

2.Cortellini P, Bissada NF. Mucogingival conditions in the natural dentition: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. J Clin Periodontol. 2018 Jun;45 Suppl 20:S190-S198.

3.Lang NP, Lindhe J. Clinical Periodontology and Implant Dentistry, 2 Volume Set, 6th Edition. Clin Periodontol Implant Dent. 2015;969-1040.

4.Marini MG, Greghi SL, Passanezi E, Sant'ana AC. Gingival recession: prevalence, extension and severity in adults. J Appl Oral Sci. 2004; 12(3): 250-255.

5.Cairo F, Nieri M, Cincinelli S, Mervelt J, Pagliaro U. The interproximal clinical attachment level to classify gingival recessions and predict root coverage outcomes: an explorative and reliability study. J Clin Periodontol. 2011 Jul;38(7):661-6.

6.Tonetti MS, Jepsen S. Clinical efficacy of periodontal plastic surgery procedures: consensus Report of Group 2 of the 10th European Workshop on Periodontology. J Clin Periodontol. 2014; 41(S15): S36–S43.

7.Imber JC, Kasaj A. Treatment of Gingival Recession: When and How? Int Dent J. 2021 Jun;71(3):178-187.

8. Tavakolı, Mohammad, et al. A Clinical Comparison of Root coverage in Coronally Advanced Flap Technique (Zucchelli Method) with Free Connective Tissue Transplantation and Modified Tunnel Surgery Technique in Candidate Patients for Root Coverage. Nveo-Natural Volatıles & Essentıal Oıls Journal| Nveo, 2021, 6928-6938.

9. Tözüm TF, eçel HG, Güncü G , Hat poğlu H, engün D. Treatment of gingival recession: comparison of two techniques of subepithelial connective tissue graft. J Periodontol 2005; 76:18428.

10. Ripoll S, Fernández de Velasco-Tarilonte A, Bullón B, Ríos-Carrasco B, Fernández-Palacín A. Complications in the Use of Deepithelialized Free Gingival Graft vs. Connective Tissue Graft: A One-Year Randomized Clinical Trial. Int J Environ Res Public Health. 2021 Apr 23;18(9):4504.

11. Zucchelli G, Marzadori M, Mounssif I, Mazzotti C, Stefanini M. Coronally advanced flap + connective tissue graft techniques for the treatment of deep gingival recession in the lower incisors. A controlled randomized clinical trial. J Clin Periodontol. 2014 Aug;41(8):806-13.

YAPRAK BENZERİ TRAVMATİK FİBROMA: VAKA RAPORU

Uzm. Dt. Deniz Gül Sarıdoğan
Nilüfer Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Periodontoloji Bölümü, Bursa, Türkiye
Orcid ID:0009-0002-9826-0101
Uzm. Dt. Gülnur Sağlam
Diyarbakır Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Periodontoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
Orcid ID: 0009-0005-4982-3651

ÖZET
Yaprak benzeri travmatik fibroma (LTF), bağ dokusunun iyi huylu bir fibröz lezyonudur. Klinik özellikleri, bir yaprağı andıran, damağa iyi uyum sağlayan yassı bir pedikül görünümüne sahiptir. Rengi genellikle bitişik epitele benzer şekilde pembedir. Büyüme yavaştır. Lezyonun çapı iki cm'den büyük olabilir. Ağız boşluğunda uzun süre bulunabilir. LTF genellikle, lezyonun damağa yapışmasına neden olan, kötü uyarlanmış çıkarılabilir tam veya kısmi protezlerle ilişkilidir. Rekürrensi nadir olduğundan tedavisi konservatif insizyondur.

LEAF-LIKE TRAUMATIC FIBROMA: CASE REPORT

ABSTRACT
Leaf-like traumatic fibroma (LTF) is a benign fibrous lesion of the connective tissue. Its clinical features include a flat, pedunculated appearance that resembles a leaf and fits snugly against the palate. Its color is typically pink, similar to the adjacent epithelium. Growth is slow. The lesion's diameter may exceed 2 cm. It can persist in the oral cavity for a long time. LTF is usually associated with poorly-fitting removable full or partial dentures, which cause the lesion to adhere to the palate. Since recurrence is rare, treatment consists of conservative excision.

Giriş
Travmatik fibromlar, genel popülasyonda %1-2 prevalansı ile oral kavitenin en sık görülen benign tümörleridir.[1] Genellikle inflamatuar bağ dokusu reaksiyonlarını tetiklemekten sorumlu olan travmatik uyaranlarla ilgili olan aşırı plastik doku reaksiyonundan gelişirler.[2] Bu lezyonların çok sayıda formu vardır, en yaygını nodüler tiptir. Yaprak benzeri travmatik fibroma (LTF), yassı pedikülat yönü nedeniyle bu şekilde adlandırılmıştır, çiğneme ve konuşmayı engelleyebilen ve hastaya rahatsızlık veren yaprak benzeri bir şekil sunar.[3] Travmatik fibroma geleneksel olarak asemptomatiktir. Lezyon genellikle saplıdır, ortalama çapı 7-8 mm'dir, ancak 1-2 cm'den daha büyük olabilir. [4]Kitlenin yüzeyi genellikle papillerdir ve lezyon klinik olarak papilloma ile karışabilir. En sık etkilenen bölge, oklüzyon hattı boyunca oral mukozadır. Bununla birlikte, labiyal mukoza ve dil dahil olmak üzere oral kavitenin herhangi bir yerinde ortaya çıkabilir.[5] Fibromlar için tercih edilen tedavi lezyonun cerrahi eksizyonudur ve şimdiye kadar nadiren nüks bildirilmiştir.[6] Tedavi alternatifleri arasında sıvı nitrojen kullanan kriyocerrahi ve boğma tekniği yer alır. Kriyocerrahi, hastaların anesteziklere alerjisi olduğu veya cerrahi riskin yüksek olduğu durumlarda kullanılır. Kullanılan diğer teknikler, elektrikli ve geleneksel neşterlerdir.[7.8]

Vaka sunumu
45 yaşındaki kadın hasta kliniğimize damak bölgesindeki dişeti büyümesi şikâyetiyle başvurdu. Lezyon bölgesinde sabit protez kullanmakta olduğu ve bölgedeki dişetinin enflamasyonlu olduğu gözlendi. Sistemik herhangi bir hastalığı bulunmadığı, sigara kullanmadığı, büyümenin 5-6 aydır var olduğu ve ağrı şikâyetinin olmadığı öğrenildi. Radyolojik incelemede büyüme ile

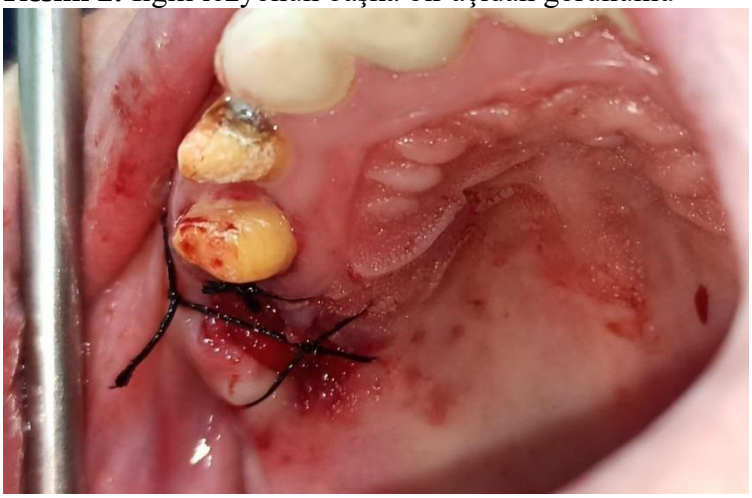
alakalı bir anomaliye rastlanılmadı. Sabit protezleri çıkartılarak periodontal tedavisi tamamlandı. Lezyon 15 numaralı diş bölgesinden damak orta hattına kadar uzanmakta idi. 15 numaralı diş 3. Derece mobildi. Dişin çekimi ile birlikte büyümenin eksizyonu planlandı. Preoperatif tahmini teşhisimiz travmatik fibromaydı.



Resim 1: Klinik görünüm. 15 numaralı dişin palatinalinden damak orta hatta uzanan, yassılaşmış, yaklaşık 4 cm büyüklüğünde saplı, hareketli, yer yer renk değişimleri görülen lezyon



Resim 2: İlgili lezyonun başka bir açıdan görünümü



Resim 3: Hemen ameliyat sonrası görünüm

Eksizyonel biyopsi yapıldı. Lezyon, içerisinden geçirilen 3.0 ipek sütur ile kaldırılarak sapından itibaren 15 numaralı bistüri ile eksize edildi. 15 numaralı diş çekildi. Dişin kökü ile lezyonun bağlantılı olduğu tespit edildi. Palatinal bölgede flep kaldırılarak bölge kürete edildi, steril salin solüsyonu ile yıkandı. Çekim bölgesine spongestan koyulup 3.0 ipek sütur ile flep süture edildi. Alınan doku formaldehit solüsyonuna koyulup patolojiye gönderildi. Patoloji raporu travmatik fibrom ile uyumlu idi.



Resim 4: Ameliyat sonrası 3. haftadaki görünüm

Tartışma

Fibroma, fibroblastların proliferasyonundan kaynaklanan konjonktival bir tümördür.[4] Kollajen ve bağ dokusunun varlığı ile karakterize, oral mukoza ile kaplanmış hipovaskülarize bir lezyondur. Gelişimi, lokal irritasyonlara veya travmaya yanıt olarak, nodüler bir kitle olarak ortaya çıkar ve bunlardan biri çeşitli morfolojik varyasyonlarla ortaya çıkar. LTF, düzleştirilmiş pedikül ile karakterizedir. Bu lezyonların kadınlarda yaşamın ikinci ve beşinci on yılı arasında daha yüksek bir prevalansı vardır.[9.10] Sunulan olgu literatürde tanımlanan oluşumla desteklemektedir. Hastanın cinsiyeti ve yaşının epidemiyolojik örüntüye uyduğunu gözlemleyebiliriz. Yaprak benzeri travmatik fibroma genellikle, çoğunlukla kötü adapte edilmiş çıkarılabilir tam veya kısmi protezlerin neden olduğu, protezin altında gelişen dokunun reaktif bir büyümesinin meydana geldiği lokal bir tahrişten kaynaklanır.[11] Bizim vakamızda lezyonun kökeni mevcut sabit protezin altındaki mobil, kökleri hafif rezorbsiyonlu 15 numaralı diş idi. Hasta hareketli protez kullanmamasına karşın lezyonun yassılaşmasını dilin negatif kompresyon etkisine bağlamaktayız. [12,13]

Fibromlar için tercih edilen tedavi cerrahi eksizyondur.[14] Kullanılan teknik, her fibromanın özelliklerine ve yerleşimine göre bireyselleştirilmelidir. Eksizyon için kullanılan genel anestezi tekniği lezyon çevresinde lokal bir infiltrasyondur. Eksizyon planlanırken tüm lezyonun gövdesi ve tabanının çıkarılması zorunludur. Ayrıca cerrahi alandaki bağ dokuların açıkta kalan bölgeleri örtülmeye ve korunmaya ihtiyaç duyar. Bu nedenle cerrahi bölgesinin kesi alanların dikilmesi gerekir. Bazı yazarlar, türlü sebeplerden cerrahi alanın sekonder iyileşmesine izin vermeyi tercih eder. Aynı anda doku eksizyonu ve pıhtılaşma avantajı sağlayan ve böylece kanamayı kontrol altına alan bir seçenek olan elektrocerrahi ile fibröz hiperplastik alanların çıkarılması da yapılabilmektedir.[7] Bu tip lezyonlar için başka tedavi alternatifleri de bulunmaktadır. Sıvı nitrojen kullanan ve hastaların ameliyat için yüksek risk altında olduğu veya anesteziklere alerjisi olduğu durumlarda çok faydalı olan kriyocerrahi buna örnek

verilebilir.[15] Ancak kriyoterapi ile küçük örneklemlerin histopatolojik incelemelerinin yapılamaması bir sınırlamadır.[7]

Bildirilen vaka, geleneksel bir neşter kullanılarak lezyonun eksizyonel biyopsisi yoluyla yönetildi. Bu teknik, lezyona kolayca erişilebildiği için seçilmiştir. Eksizyon, çevresi 2 mm normal doku olan eliptik bir insizyon kullanılarak gerçekleştirildi. Bildirilen vaka için seçilen tedavi seçeneği lezyonun klinik özelliklerine ve mevcut koşullara dayanıyordu. Tedavi sonrası 1.ve 3. Aylardaki takiplerde rekürrens görülmedi.

Sonuç

Bu vaka, herhangi bir tür hareketli protez kullanmayan bir hastada görülen atipik bir yaprak benzeri travmatik fibroma örneğidir. Oldukça nadir görüldüğü için literatürde bu konuyla ilgili çok az vaka raporu bulunmaktadır. Lezyonun yeri, klinik görünümü ve boyutu alışılmadık özellikler sergilemektedir. Lezyonun karakteristik şeklinin oluşmasında, dilin mekanik baskısı ve ağız içi negatif basıncın etkisinin olası belirleyici faktörler olabilir.

Kaynaklar

1. Bagde H, Waghmare A, Savitha B, et al. Irritation Fibroma: a case report. Int J Dent Clinics 2013;5:39–40.
2. Santos TS, Martins- Filho PRS, Pica MR, et al. Focal Fibrous hyperplasia: a review of 193 cases. J Oral Ma xillofac Pathol 2014;18(4):86–89. DOI: 10.4103/0973-029X.141328.
3. Mirtazapine H, Sa Y, Baharvand M, et al. Hindawi international journal of dentistry. Periphe Exophy Oral Lesi: Clin Decis Tree 2017;2017:1–19.
4. Kuriakose MA, Chakrabarti S, Cheong SC, et al. And neck tumors. Contempor Oral Med 2018. 25–27.
5. Vujhini SK, Reddy ES, S udheer MVS, et al. Irritation Fibroma of tongue: a case repor t. Int J Res Med Sci 2016;4:1272–1273. DOI: 10.18203/2320-6012.ijrms20160823.
6. Sreeia C, Vezhavendan N, Shabana E, et al. Recurrent peripheral odontogenic fibroma associated with basal cell budding. J Pharm Bioallied Sci 2014;6(5):204–207. DOI: 10.4103/0975-7406. 137470.
7. Correa PE, Arias Mendieta S. Resección de Fibroma en mucosa oral. Tecnica del estrangulamiento. Rev CES Odontol 2016;29(1):82–87. DOI: 10.21615/cesodon.29.1.8.
8. Borras MT, Delgado-Molina E, Berini-Aytés L, et al. Exeresis de las lesiones hiperplásicas de la cavidad bucal. Estudio retrospectivo de 128 casos. Med Oral Patol Oral Cir Buca 2005;10:151–162.
9. Esmeili T, Lozada-Nur F, Epstein J. Common benign oral soft tissue masses. Dent Clin North Am 2005;49(1):23–40. DOI: 10.1016/j.cden.2004.07.001.
10. Braga MM, Carvalho ALG, Vasconcelos MCP, et al. Giant cell fibroma: a case repor t. J Clin Pediatr Dent 2006;30(3):261–264. DOI: 10.17796/jcpd.30.3.j784203n931w3x6j.
11. Veena K, Jagadishchandra H, Sequria J, et al. An extensive denture-induced hyperplasia of maxilla. Ann Med H ealth Sci Res 2013;3(5):7–9. DO I: 10.4103 /2141- 9248.121208.
12. Canger EM, Celenk P, Kayipmaz S. Denture-related hyperplasia: a clinical study of a Turkish population group. Braz Dent J 2009;20(3):243–248. DOI: 10.1590/S0103-64402009000300013.
13. Car valho FK, Pinheiro TN, Ari d J, et al. Trauma-induced giant pyogenic granuloma in the upper lip. J Dent Child 2015;82:168–170.
14. Rossmann JA. Reactive lesions of the gingiva: diagnosis and treatment options. Open Pathol J 2011;5(1):23–32. DOI: 10.2174/1874375701105010023.
15. Villavicencio V F, Luengo FJ, Hernçndez MM, et al. Fi broma de células gigantes en lact ante mayor. Reporte de un caso. Int J Odo ntostomat 2018;12(2):93–96. DOI: 10.4067/S0718-381X2018000200093

SAĞLIK BİLGİ GÜVENLİĞİ VE GİZLİLİĞİ FARKINDALIK ÖLÇEĞİ (HISPAS-26) 'NİN TÜRKÇE UYARLAMASININ PSİKOMETRİK DEĞERLENDİRMESİ

Tayfun Bayrı
İstanbul Aydın Üniversitesi, Florya Yerleşkesi (Halit Aydın Yerleşkesi)
Beşyol–Küçükçekmece / İSTANBUL
ORCID ID: 0009-0006-3259-4466
Dr. Ögr. Üyesi Ahmet Genç
İstanbul Aydın Üniversitesi, Florya Yerleşkesi (Halit Aydın Yerleşkesi)
Beşyol–Küçükçekmece / İSTANBUL
ORCID ID: 0000-0001-8381-1164

Özet
Sağlık hizmetlerinin hızla dijitalleşmesi ve elektronik sağlık kayıtları, hastane bilgi sistemleri ile mobil sağlık uygulamalarının yaygınlaşması, sağlık verilerinin güvenliği ve gizliliğine yönelik riskleri artırmıştır. Sağlık çalışanlarının konuyla ilgili farkındalığını değerlendirmek için geçerli ve güvenilir araçların olması son derece önemlidir. Bu çalışma, Sari, Handayani ve Hidayanto (2023) tarafından geliştirilen Sağlık Bilgisi Güvenliği ve Gizliliği Farkındalık Ölçeği'ni (HISPAS-26) Türkçeye uyarlamak ve psikometrik özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Bu kesitsel araştırma İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan dört kamu hastanesi ve iki üniversite hastanesinde çalışan 410 sağlık profesyoneliyle yapılmıştır. Araştırmanın verileri, 2026 yılı Mart ve Nisan aylarında yüz yüze ve çevrimiçi anketler kullanılarak toplanmıştır. Türkçe ve İngilizce versiyonlar arasındaki dil eşdeğerliği güçlü bir korelasyona sahiptir ($r = 0,931$, $p < 0,001$). 26 maddenin tümü yeterli ayırt edici özelliktedir (madde-toplam korelasyonları: 0,593–0,782). Açımlayıcı faktör analizi, toplam varyansın %76,25'ini açıklayan orijinal dört faktörlü yapıyı doğrulamıştır. Doğrulayıcı faktör analizi, çok iyi bir model uyumu göstermiştir (RMSEA = 0,017, CFI = 0,965). İç tutarlılık katsayısı oldukça yüksek olarak bulunmuştur (Cronbach's $\alpha = 0,924$). HISPAS-26'nın Türkçe uyarlaması, Türkçe konuşan sağlık çalışanlarının sağlık bilgisi güvenliği ve gizliliği konusundaki farkındalıklarını ölçmek için geçerli ve güvenilir bir araçtır. Türkçe HISPAS-26, Türkiye'nin gelişmekte olan dijital sağlık ekosisteminde verilerin korunması ile ilgili uygulamaların geliştirilmesi amacıyla yapılacak araştırmaları ve hedeflenen eylemleri destekleyecek niteliktedir.

Anahtar Kelimeler:
Sağlık bilgi güvenliği, veri gizliliği, farkındalık, ölçek uyarlama, psikometrik değerlendirme, kültürlerarası geçerlilik

PSYCHOMETRIC ASSESSMENT OF THE TURKISH ADAPTATION OF THE HEALTH INFORMATION SECURITY AND PRIVACY AWARENESS SCALE (HISPAS-26)

Abstract
The rapid digitalization of healthcare services and widespread use of electronic health records, hospital information systems, and mobile health applications have increased risks to the security and privacy of health data. Valid and reliable instruments are crucial for evaluating healthcare professionals' awareness of these matters. This study aimed to adapt the Health Information Security and Privacy Awareness Scale (HISPAS-26), originally developed by Sari, Handayani, and Hidayanto (2023), into Turkish and evaluate its psychometric properties. A cross-sectional study was conducted with 410 healthcare professionals working in four public hospitals and

two university hospitals located on the European side of Istanbul. Data were collected via face-to-face and online surveys between March and April 2026. Language equivalence was established through a strong correlation between the Turkish and English versions ($r = 0.931$, $p < 0.001$). All 26 items demonstrated adequate discriminative power (item-total correlations: 0.593–0.782). Exploratory factor analysis confirmed the original four-factor structure, which explained 76.25% of the total variance. Confirmatory factor analysis demonstrated excellent model fit (RMSEA = 0.017, CFI = 0.965). Internal consistency was high (Cronbach's $\alpha = 0.924$). The Turkish version of HISPAS-26 is a valid and reliable tool for measuring health information security and privacy awareness among Turkish-speaking healthcare professionals. The Turkish adaptation of HISPAS-26 will support future research and targeted initiatives to enhance data protection practices in Türkiye's evolving digital health ecosystem.
Keywords: Health information security, data privacy, awareness, scale adaptation, psychometric evaluation, cross-cultural validation

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA OKURYAZARLIĞININ SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENME DAVRANIŞIYLA İLİŞKİSİ

Hatice Sude AKTAŞ
Nişantaşı University, Faculty of Health Science, Department of Nutrition and Dietetics, Master's Student, 34398 Sarıyer, İstanbul
ORCID ID: 0009-0007-5700-9240
Dr. Öğr. Üyesi Rabia Nur KOCAMIŞ
Nişantaşı University, Faculty of Health Science, Department of Nutrition and Dietetics, 34398 Sarıyer, İstanbul
ORCID ID: 0000-0003-2645-0782

ÖZET

Gıda okuryazarlığı, bireyin gıdaya ilişkin bilgiye erişmesi, bu bilgiyi değerlendirmesi, alışveriş ve yemek hazırlama süreçlerini yönetmesi, etiket okuması, porsiyon planlaması yapması ve güvenli saklama uygulamalarını sürdürmesi gibi yeterlikleri kapsar. Bu yeterlikler, sürdürülebilir beslenme davranışının özellikle gıda israfı, dengeli beslenme ve yerel mevsimsel seçim bileşenleriyle yakın bir bağ kurar. Öğrencinin bilgiyi kullanma becerisi arttıkça seçimlerin daha tutarlı hale gelmesi beklenir. Bu araştırmada üniversite öğrencilerinde sürdürülebilir gıda okuryazarlığı ve sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme davranışlarının incelenmesi aynı zamanda aralarındaki ilişkinin saptanması amaçlanmıştır. Araştırmamız kesitsel ve tanımlayıcı-ilişkisel tasarımda planlanmış olup, örneklem için 367 üniversite öğrencisi çalışmaya dahil edilmiştir. Veriler kişisel bilgi formu, Sürdürülebilir Gıda Okuryazarlığı Ölçeği ve Sürdürülebilir ve Sağlıklı Beslenme Davranışları Ölçeği kullanılarak çevrim içi anket uygulaması üzerinden toplanmıştır. Veri toplama sürecinde elde edilen veriler SPSS 25.0 paket programı ile analiz edilmiştir. Verilerin analizinde betimleyici istatistikler, bağımsız örneklem t testi, Welch ANOVA, ki-kare testi, Pearson korelasyon analizi, çoklu doğrusal regresyon ve aracılık analizi kullanılmıştır. Çalışmamıza dahil edilen katılımcıların %56,1'i kadın, %43,9'u erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Ayrıca katılımcıların %30,0'u Beslenme ve Diyetetik bölümünde, %70,0'i farklı lisans programlarında öğrenim görmektedir. Analizler sonucunda elde edilen verilere göre Sürdürülebilir Gıda Okuryazarlığı Ölçeğinden elde edilen toplam puan ortalaması 4,67±0,774 iken Sürdürülebilir ve Sağlıklı Beslenme Davranışları Ölçeğinden elde edilen toplam puan ortalaması 4,41±0,714 olarak bulunmuştur, ölçekler arasında istatistiksel olarak pozitif yönlü ve güçlü düzeyde anlamlı ilişki saptanmıştır ($p<0,001$). Sürdürülebilir Gıda Okuryazarlığı ölçeği ve Sürdürülebilir ve Sağlıklı Beslenme Davranışları ölçeği puanlarının kadın katılımcılarda erkek katılımcılara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Yaş grubu, sınıf düzeyi ve büyüdükleri yerleşim yerine göre yapılan değerlendirmelerde ölçek puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Gelir durumuna göre yapılan analizlerde ise geliri giderinden fazla olan katılımcıların Sürdürülebilir Gıda Okuryazarlığı ölçeği ve Sürdürülebilir ve Sağlıklı Beslenme Davranışları ölçeği puanlarının diğer gruplara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanı sıra regresyon analizinde sürdürülebilir gıda okuryazarlığı ile sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme davranışları arasında ve bölüm değişkeni ile sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme davranışları arasında da anlamlı düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Sonuç olarak üniversite öğrencilerinde

sürdürülebilir beslenme davranışlarının geliştirilmesinin gıda okuryazarlığı ile birlikte ele alınması önerilmektedir.
Anahtar kelimeler: Beslenme davranışı, sürdürülebilir beslenme, sürdürülebilir gıda okuryazarlığı, üniversite öğrencileri

THE RELATIONSHIP BETWEEN SUSTAINABLE FOOD LUTERACY AND SUSTAINABLE EATING BEHAVIORS AMONG UNIVERSUTY STUDENTS

ABSTRACT

Food literacy encompasses competencies such as an individual's ability to access information about food, evaluate that information, manage shopping and meal preparation processes, read labels, plan portions, and follow safe storage practices. These competencies are closely linked to sustainable dietary behaviors, particularly in terms of food waste, balanced nutrition, and choosing local, seasonal foods. As students' ability to apply this knowledge increases, their choices are expected to become more consistent. This study aimed to examine sustainable food literacy and sustainable and healthy dietary behaviors among university students, as well as to determine the relationship between them. Our study was designed as a cross-sectional and descriptive-correlational study, and 367 university students were included in the sample. Data were collected via an online survey using a personal information form, the Sustainable Food Literacy Scale, and the Sustainable and Healthy Eating Behaviors Scale. The data collected during the data collection process were analyzed using the SPSS 25.0 software package. Descriptive statistics, independent samples t-test, Welch ANOVA, chi-square test, Pearson correlation analysis, multiple linear regression, and mediation analysis were used in the data analysis. Of the participants included in our study, 56.1% were female and 43.9% were male students. Additionally, 30.0% of the participants were enrolled in the Nutrition and Dietetics program, while 70.0% were enrolled in other undergraduate programs. According to the data obtained from the analyses, the mean total score from the Sustainable Food Literacy Scale was 4.67 ± 0.774, while the mean total score from the Sustainable and Healthy Eating Behaviors Scale was 4.41 ± 0.714. a statistically significant, positive, and strong correlation was found between the scales ($p<0.001$). It was determined that the scores on the Sustainable Food Literacy Scale and the Sustainable and Healthy Nutrition Behaviors Scale were statistically significantly higher among female participants compared to male participants ($p<0.05$). No statistically significant differences in scale scores were found when evaluations were conducted based on age group, grade level, and the settlement where they grew up ($p > 0.05$). In analyses based on income status, it was found that participants whose income exceeded their expenses had significantly higher scores on the Sustainable Food Literacy Scale and the Sustainable and Healthy Eating Behaviors Scale compared to other groups ($p<0.05$). In addition, regression analysis revealed a statistically significant relationship between sustainable food literacy and sustainable and healthy eating behaviors, as well as between the department variable and sustainable and healthy eating behaviors ($p < 0.05$). Consequently, it is recommended that the development of sustainable eating behaviors among university students be addressed in conjunction with food literacy.

Keywords: Eating behavior, sustainable nutrition, sustainable food literacy, university students

OECD SÜTUN İKİ: KÜRESEL ASGARİ KURUMLAR VERGİSİNİN TÜRK VERGİ MEVZUATINA ENTEGRASYONU VE YATIRIM TEŞVİKLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ

Öğr. Gör. Dr. Cemil ALTUN
Aksaray University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance, 68100 Merkez, Aksaray
ORCID ID: 0000-0002-7914-8125

ÖZET
Küreselleşme ve dijitalleşme süreçleri, sermaye hareketliliğini artırarak çok uluslu işletmelerin kârlarını düşük vergili veya vergisiz yargı alanlarına kaydırmasını kolaylaştırmış; bu durum uluslararası vergi rekabetini derinleştirerek vergi matrahlarının aşınmasına neden olmuştur. OECD/G20 Kapsayıcı Çerçevesi tarafından geliştirilen İki Sütunlu Çözüm'ün ikinci ayağını oluşturan OECD Sütun İki düzenlemeleri, söz konusu matrah aşındırma ve kâr kaydırma uygulamalarına karşı küresel ölçekte ortak bir asgari vergileme standardı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda yıllık konsolide cirosu 750 milyon Avro ve üzerindeki çok uluslu işletmeler için faaliyet gösterdikleri her yargı alanında en az %15 efektif kurumlar vergisi uygulanması öngörülmektedir. OECD tahminlerine göre söz konusu sistemin küresel kurumlar vergisi gelirlerini önemli ölçüde artırması beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı, OECD Sütun İki kapsamında geliştirilen "Küresel Matrah Aşındırmasını Önleme Kuralları"nın (GloBE Kuralları) Türk vergi mevzuatına entegrasyon sürecini incelemek ve düzenlemelerin yatırım teşvik sistemi üzerindeki dönüştürücü etkilerini değerlendirmektir. Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş; OECD düzenlemeleri, 7524 sayılı Kanun, 30 Mayıs 2025 tarihli yatırım teşvik reformları ve konuya ilişkin güncel akademik literatür karşılaştırmalı hukuk ve mali politika analizi çerçevesinde incelenmiştir. Analiz kapsamında Gelir Dâhil Etme Kuralı, Yetersiz Vergilendirilmiş Ödemeler Kuralı ve Nitelikli Yurtiçi Asgari Tamamlama Vergisi mekanizmalarının Türkiye bakımından doğuracağı hukuki ve mali sonuçlar değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları, Türkiye'nin küresel asgari vergi rejimine uyum sürecinde "taktik uyum" yaklaşımından "stratejik yönetişim" anlayışına geçtiğini göstermektedir. Özellikle gelir ve kâr temelli vergi teşviklerinin etkinliğinin azalacağı; buna karşılık maliyet temelli teşvikler, doğrudan nakdi destekler, Ar-Ge teşvikleri ve sigorta primi işveren hissesi desteklerinin daha sürdürülebilir hale geleceği tespit edilmiştir. Ayrıca 30 Mayıs 2025 tarihli reformların Türkiye'nin yatırım politikalarını yüksek teknoloji, stratejik üretim ve katma değer odaklı sektörlere yönlendirmeyi hedeflediği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak çalışma, OECD Sütun İki düzenlemelerinin yalnızca teknik bir vergi uyum reformu değil, aynı zamanda Türkiye'nin yatırım teşvik sisteminin yeniden yapılandırılmasını gerektiren yapısal bir mali dönüşüm süreci olduğunu ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: OECD Sütun İki, Küresel Asgari Kurumlar Vergisi, Küresel Matrah Aşındırmasını Önleme Kuralları (GloBE Kuralları), Vergi Teşvikleri

OECD PILLAR TWO: INTEGRATION OF THE GLOBAL MINIMUM CORPORATE TAX INTO TURKISH TAX LEGISLATION AND THE TRANSFORMATION OF INVESTMENT INCENTIVES

ABSTRACT

Globalization and digitalization have increased capital mobility and facilitated the shifting of multinational enterprises' profits to low-tax or no-tax jurisdictions, thereby intensifying international tax competition and leading to the erosion of tax bases. The OECD Pillar Two rules, constituting the second component of the OECD/G20 Inclusive Framework's Two-Pillar Solution, aim to establish a global minimum taxation standard against base erosion and profit shifting practices. Within this framework, multinational enterprises with consolidated annual revenues of at least EUR 750 million are required to be subject to a minimum effective corporate tax rate of 15% in every jurisdiction where they operate. According to OECD estimates, this system is expected to increase corporate tax revenues. The aim of this study is to examine the integration of the Global Anti-Base Erosion Rules (GloBE Rules), developed under OECD Pillar Two, into Turkish tax legislation and to evaluate their effects on the investment incentive system. The study adopts a qualitative research methodology and analyzes OECD regulations, Law No. 7524, the investment incentive reforms dated 30 May 2025, and recent academic literature within the framework of comparative legal and fiscal policy analysis. In this context, the legal and fiscal implications of the Income Inclusion Rule, the Undertaxed Profits Rule, and the Qualified Domestic Minimum Top-up Tax mechanisms for Türkiye are assessed. The findings indicate that Türkiye has shifted from a "tactical compliance" approach to a "strategic governance" approach in adapting to the global minimum tax regime. Profit- and income-based tax incentives are expected to lose effectiveness, whereas cost-based incentives, direct cash incentives, R&D incentives, and social security premium support are likely to become more sustainable. Consequently, the study concludes that OECD Pillar Two represents not only a technical tax harmonization reform but also a structural fiscal transformation requiring the redesign of Türkiye's investment incentive system.

Keywords: OECD Pillar Two, Global Minimum Corporate Tax, Global Anti-Base Erosion Rules (GloBE Rules), Tax Incentives

ESKİ OCAKLARDAN YENİ ORDUYA: 1826-1827 ASKERİ KANUNNÂMELERİNDE KURUMSAL DÖNÜŞÜM

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZASLAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Tarih Bölümü
ORCID ID: 0000-0001-8136-6255

ÖZET
1826'da Yeniçeri Ocağı'nın kaldırılması, Osmanlı askeri teşkilatında yalnızca eski bir kurumun tasfiyesi değil, aynı zamanda yeni askeri düzenin hangi unsurlar üzerine kurulacağı sorusunu da gündeme getirdi. Asâkir-i Mansûre-i Muhammediye'nin teşkili bu dönüşümün merkezinde yer alsa da 1826-1827 askeri kanunnâmeleri, sürecin sadece yeni bir ordunun kuruluşundan ibaret olmadığını gösterir. Kanunnâmelerde Bostâniyân-ı Hâssa, Cebehâne-i Âmire, Mehterhâne-i Âmire ve Arabacıyan gibi eski askeri ve saray bağlantılı hizmet teşkilatlarının maaş, kıyafet, görev tanımı, rütbe, defter kaydı ve merkezî denetim esasları çerçevesinde yeniden düzenlenmesi dikkat çekicidir.
Bu düzenlemeler, II. Mahmud dönemi askeri reformunun "ilga" ve "yeniden kuruluş" ikiliğiyle açıklanamayacak kadar çok katmanlı olduğunu ortaya koyar. Bostâniyân-ı Hâssa saray ve muhafaza geleneğinin yeni hassa düzenine uyarlanmasını; Cebehâne-i Âmire mühimmat ve harp malzemesi idaresinin merkezî denetim altına alınmasını; Mehterhâne-i Âmire çadır, hayme ve sefer levazımı üzerinden askerî hareketliliğin maddi altyapısını; Arabacıyan ise nakliye ve sevkiyat hizmetlerinin yeni ordu düzenindeki yerini temsil eder. Böylece eski kurumların tümüyle ortadan kaldırılmasından ziyade, işlevlerinin seçici biçimde korunarak yeni askeri-bürokratik yapı içine eklemlendiği görülür.
Kanunnâmelerdeki ortak düzenleme dili, personelin sayılması, kayda geçirilmesi, maaşlandırılması, kıyafetlendirilmesi ve belirli görev alanlarına yerleştirilmesi üzerine kuruludur. Bu durum, reformun sadece askeri talim veya savaş kabiliyetiyle sınırlı olmadığını; insan gücü, malzeme, nakliye, muhafaza ve sefer organizasyonunu birlikte düzenleyen merkezî bir idari mantığa dayandığını gösterir. 1826-1827 kanunnâmeleri, Osmanlı askerî modernleşmesini yalnız kopuş ekseninde değil, süreklilik, dönüşüm, merkezîleşme ve bürokratikleşme ilişkileri içinde değerlendirmeye imkân verir. Yeniçeri sonrası düzen, eski askeri yapıların tasfiyesi kadar, bazı hizmet alanlarının yeni devlet aklına uygun biçimde yeniden tanımlanmasıyla da şekillenmiş çok yönlü bir askeri dönüşüm alanı sunar.
Anahtar Kelimeler: II. Mahmud, Asâkir-i Mansûre-i Muhammediye, Askerî Kanunnâmeler, Bostâniyân-ı Hâssa, Cebehâne-i Âmire, Osmanlı Askerî Modernleşmesi.

FROM THE OLD CORPS TO THE NEW ARMY: INSTİTUTİONAL TRANSFORMATİON İN THE MİLİTARY REGULATİONS OF 1826–1827

ABSTRACT
The abolition of the Janissary Corps in 1826 did not merely signify the liquidation of an old military institution; it also brought to the fore the question of which elements would constitute the foundations of the new Ottoman military order. Although the formation of the Asâkir-i Mansûre-i Muhammediye stood at the centre of this transformation, the military regulations of 1826-1827 reveal that the process cannot be reduced solely to the establishment of a new army. These regulations are particularly significant in that they reorganised former military and palace-related service corps, such as the Bostâniyân-ı Hâssa, the Cebehâne-i Âmire, the

Mehterhâne-i Âmire and the Arabacıyan, within a new framework based on salaries, uniforms, duties, ranks, registers and centralised supervision.
These arrangements demonstrate that the military reforms of Sultan Mahmud II were too multi-layered to be explained simply through the binary of “abolition” and “re-establishment”. The Bostâniyân-ı Hâssa represented the adaptation of palace and guard traditions to the new imperial household order; the Cebehâne-i Âmire embodied the centralised control of ammunition and war material; the Mehterhâne-i Âmire pointed to the material infrastructure of military mobility through tents, pavilions and campaign equipment; and the Arabacıyan indicated the place of transport and logistical services within the new army. Thus, rather than the total disappearance of older institutions, their functions were selectively preserved and incorporated into a new military-bureaucratic structure.
The shared regulatory language of the kanunnâmes was built upon counting personnel, registering them, assigning salaries, prescribing uniforms and placing them within clearly defined fields of duty. This indicates that the reform was not limited to military drill or combat capacity. Rather, it rested on a central administrative logic that sought to regulate manpower, material resources, transport, guard services and campaign organisation together. The military regulations of 1826-1827 therefore make it possible to evaluate Ottoman military modernisation not only through the lens of rupture, but also through the interrelated processes of continuity, transformation, centralisation and bureaucratisation. The post-Janissary military order was shaped not only by the abolition of old military structures, but also by the redefinition of certain service fields in accordance with a new logic of statecraft, thereby offering a multi-dimensional field of military transformation.
Keywords: Sultan Mahmud II, Asâkir-i Mansûre-i Muhammediye, Military Regulations, Bostâniyân-ı Hâssa, Cebehâne-i Âmire, Ottoman Military Modernisation.

TÜRK BASININDA MAGAZİN GAZETECİLİĞİNİN DÖNÜŞÜMÜ: HÜRRİYET VE SABAH GAZETELERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR İNCELEME

Arş. Gör. Dr. Ali TANER
Süleyman Demirel University, Faculty of Communication, Department of Journalism, 32000 Merkez, Isparta
ORCID: 0009-0009-9257-2957

ÖZET
Magazin haberciliği, Türk basın tarihinin her döneminde toplumsal ilginin merkezinde yer alarak popüler kültürün inşasında ve kitlelerin tüketim alışkanlıklarının şekillenmesinde kritik bir rol oynamıştır. Başlangıçta belirli bir zümreye hitap eden "sosyete haberleri" ve kültürel faaliyetlerle sınırlı olan bu alan, medyanın mülkiyet yapısındaki değişimler ve teknolojik ilerlemelerle birlikte daha geniş kitlelere hitap eden, sansasyonel ve görselliğin ön planda olduğu bir yapıya bürünmüştür. Bu çalışma, magazin haberciliğinin Türkiye'deki tarihsel evrimini ve bu süreçteki yapısal dönüşümleri, sektörün iki köklü ve yüksek tirajlı yayın organı olan Hürriyet ve Sabah gazeteleri üzerinden analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, her iki gazetenin magazin ekleri olan "Kelebek" ve "Günaydın"ın içerikleri, karşılaştırmalı bir analize tabi tutulacaktır. Çalışmada nitel ve nicel içerik analizi yöntemleri birlikte kullanılarak; haberlerin tematik dağılımı, kullanılan dilin niteliği, görsel tercihlerin ağırlığı ve haber kaynaklarının dijitalleşme ile birlikte geçirdiği değişimler incelenecektir. Özellikle 1990'lı yıllardaki "yıldız sistemi" odaklı muhabirlik pratiklerinden, günümüzün sosyal medya kaynaklı ve etkileşim öncelikli habercilik anlayışına geçiş süreci, bu iki gazete arasındaki yayın politikası farklılıkları üzerinden değerlendirilecektir. Bildiri kapsamında yapılması planlanan bu inceleme sonucunda; Hürriyet'in daha kurumsal ve yerleşik magazin dili ile Sabah'ın dinamik ve rekabetçi içerik stratejisinin benzerlikleri ve ayrıştığı noktalar ortaya konulacaktır. Sonuç olarak bu çalışma, dijitalleşmenin geleneksel magazin gazeteciliği üzerindeki dönüştürücü etkisini somut verilerle tartışmaya açmayı ve popüler kültürün medya aracılığıyla yeniden üretim süreçlerine dair akademik bir perspektif sunmayı hedeflemektedir.
Anahtar Kelimeler: Magazin Haberciliği, Dijital Dönüşüm, Gazete, Popüler Kültür.

THE TRANSFORMATION OF MAGAZINE JOURNALISM IN THE TURKISH PRESS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF HÜRRİYET AND SABAH NEWSPAPERS

ABSTRACT
Magazine journalism has played a critical role in the construction of popular culture and the shaping of mass consumption habits by remaining at the center of social interest throughout every period of Turkish press history. Initially limited to "society news" and cultural activities appealing to a specific group, this field has transformed into a structure that appeals to broader audiences, where sensationalism and visuality are at the forefront, alongside changes in media ownership structures and technological advancements. This study aims to analyze the historical evolution and structural transformations of magazine journalism in Türkiye through Hürriyet and Sabah newspapers, two well-established and high-circulation outlets of the sector. Within the scope of the research, the contents of the magazine supplements of both newspapers, "Kelebek" and "Günaydın," will be subjected to a comparative analysis. By utilizing qualitative and quantitative content analysis methods, the thematic distribution of news, the quality of the language used, the weight of visual preferences, and the changes in news sources alongside

digitalization will be examined. In particular, the transition process from the "star system" oriented reporting practices of the 1990s to today's social media-sourced and engagement-priority journalism approach will be evaluated through the differences in editorial policies between these two newspapers. As a result of this investigation planned within the scope of the paper, the similarities and points of divergence between Hürriyet's more corporate and established magazine language and Sabah's dynamic and competitive content strategy will be revealed. Consequently, this study aims to open the transformative effect of digitalization on traditional magazine journalism to discussion with empirical data and to provide an academic perspective on the reproduction processes of popular culture through the media.
Keywords: Magazine Journalism, Digital Transformation, Newspaper, Popular Culture.

2018 ORTAOKUL MATEMATİK ÖĞRETİM PROGRAMI İLE 2024 TYMM CEBİR ÖĞRENME ALANININ TYLER MODELİ ÇERÇEVESİNDE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Merve ÇOLAK
Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Eğitimi, 16059 Nilüfer, Bursa
ORCID ID: 0009-0008-6377-7374
Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi, 16285, Nilüfer, Bursa
ORCID ID: 0000-0002-1860-852X
Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ
Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi, 16285, Nilüfer, Bursa
ORCID ID: 0000-0002-8567-3639

ÖZET
Küresel ihtiyaçların değişimi eğitim-öğretim programlarında yeniliği gerekli kıldığından matematik dersi öğretim programları zaman içinde revize edilmiştir. Bu çalışmanın amacı 2018 Matematik Öğretim Programı ve 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) Matematik Dersi Öğretim Programı ortaokul cebir öğrenme alanını Tyler Eğitim Programları çerçevesinde karşılaştırmalı analiz etmektir. Bu doğrultuda iki program; eğitimin hedefleri, öğrenme yaşantıları, içerik organizasyonu ve ölçme ve değerlendirme (öğrenme kanıtları) boyutları ile karşılaştırılmıştır. Araştırmanın deseni analitik araştırma yöntemlerinden doküman analizidir. Doküman analizi, yapılacak çalışma ile ilgili mevcut kayıt ve belgelerin incelenip veri toplanarak belirli normlara göre kodlanarak düzenlenmesidir. Verilerin kaynağını Talim ve Terbiye Kurulu tarafından yayınlanan 2018 ve 2024 yıllarına ait matematik öğretim programları oluşturduğundan veri toplama aracı olarak doküman incelemesi kullanılmıştır. Araştırma bulgularında 2018 ve 2024 programına ait hedefler benzerlik gösterse de 2024 programının daha beceri temelli ve sistematik olduğu tespit edilmiştir. İki program öğrenme yaşantıları açısından öğretmen ve öğrenci rolleri ile karşılaştırılmıştır. 2024 programının en belirgin özelliği, öğretmenin bilişsel aktarımla bütünleşik değer aktarıcısı olarak yapılandırılmış görevlerinin bulunmasıdır. Programlar içerik organizasyonu boyutuyla incelenirken süreklilik, sıralılık ve bütünleşiklik kodlarıyla karşılaştırılmıştır. Süreklilik bir dersin farklı kademelerde işlenişi ile ilgilidir. Sıralılık, süreklilik ile benzese de derinlik ve genişlik bağlamında incelemektir. Bütünleşiklik ise disiplinler arası ilişkidir. Bu iki program özellikle gerçek hayat durumlarını içermesiyle bütünleşiklik boyutu açısından benzer özellikler gösterse de 2024 programında algoritma yapılandırması ve beceriler bulunması, sıralılık ve süreklilik boyutlarında daha sistematik yapıya sahip olmasını sağlamıştır. Öğrenme kanıtlarında her iki programın esnek ve çok odaklı yapıya sahip olduğu görülmüştür. Programlarda, ölçme ve değerlendirme uygulamaları öğretmen ve öğrencilerin aktif katılımıyla gerçekleşmiştir. 2024 programında ön bilgileri ölçmek için tanılayıcı, öğrenme süreci içindeki kazanımları ölçmek için formatif, hedefe ulaşılma düzeyini ölçmek için de düzey belirleyici değerlendirmelere yönelik ölçmeler ile ilgili daha kapsamlı bilgiler yer aldığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Matematik Öğretim Programı, Tyler Eğitim Programı Modeli, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2018 MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS CURRICULUM AND THE 2024 TYMM ALGEBRA LEARNING AREA WITHIN THE FRAMEWORK OF THE TYLER MODEL

ABSTRACT

As global needs evolve, innovation in educational curricula becomes essential; consequently, mathematics curricula have been revised over time. The purpose of this study is to comparatively analyze the 2018 Mathematics Curriculum and the 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Model (TYMM) Mathematics Curriculum within the middle school algebra learning domain, based on Tyler's Curriculum Framework. Accordingly, the two curricula were compared in terms of educational objectives, learning experiences, content organization, and assessment and evaluation (evidence of learning). The research design is document analysis, one of the analytical research methods. Document analysis involves examining existing records and documents related to the study, collecting data, and coding and analyzing them according to specific norms. Since the data sources consist of the mathematics curricula published by the Board of Education (Talim ve Terbiye Kurulu) for the years 2018 and 2024, document review was used as the data collection tool. The findings indicate that although the objectives of the 2018 and 2024 curricula are similar, the 2024 curriculum is more skill-based and systematic. In terms of learning experiences, the most distinctive feature of the 2024 curriculum is the teacher's role as a transmitter of values integrated with cognitive transfer. Regarding content organization, the curricula were compared using the codes of continuity, sequence, and integration. Although both curricula show similarities in terms of integration, the inclusion of algorithm construction and specific skills in the 2024 curriculum provides a more systematic structure regarding sequence and continuity. Finally, in terms of evidence of learning, it was determined that the 2024 curriculum includes more comprehensive information on diagnostic, formative, and summative assessments compared to the 2018 curriculum.

Keywords: Mathematics Curriculum, Tyler Curriculum Model, Türkiye Century Maarif Model

1. GİRİŞ

21. yüzyılda küresel dinamiklerin hızlı değişimi eğitim ve öğretim programlarında yenilik ve güncellemeyi zorunlu kılmıştır (Aşiret & Özenir, 2025). Nitekim toplumun ilerlemesinin önemli bir rolü olan eğitim programlarının; ülkelerin gelişiminin ve değişiminin lokomotifi olması beklenmektedir (Berk & Özer, 2024). Eğitim programları; toplumların ihtiyaçlarına, bilimsel ve teknolojik gelişmelere, insan anlayışına ve dünya görüşlerine göre şekillenir (Kuzu, Toptaş & Göçer, 2025). Dünyadaki değişim, gelişim ve dönüşüm süreci öğretim programlarını etkileyip ulusal düzeyde geliştirilen programların yol göstericisi niteliğinde olmaktadır (Behriz, 2025; Karanthi, 2017). Bu doğrultuda derslerin kapsam ve içeriğinin de yenilenmekte olduğu görülmektedir. Bu değişim sürecinde matematik öğretim programları da yeniden düzenlenmiştir.

Matematikte müfredat geliştirme, öğretmenleri ve öğrencileri etkileyen bir girişim hareketidir. Aynı zamanda öğrenilmeye değer içerikleri ve öğrencilerin bunları nasıl öğrendiği, materyallerin nasıl kullanılacağı ve matematiksel içeriklerin gelişimsel yörüngeleri hakkında bildiklerimize dayanan bilimsel bir faaliyettir (International Mathematical Union, ty.). Matematikte müfredat reformunun geliştirilebilmesi için geçmişte tasarlanmış, uygulanmış ve veriler elde edilmiş diğer müfredatlarla ilişkili olması önem arz etmektedir (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organization for Economic Co-operation and Development) [OECD], 2024). Araştırmacılar iyi ve etkili bir müfredat geliştirerek geleceğe dair yol haritası çizmenin en etkili yöntemlerden birinin geçmişteki müfredatları incelemek olduğuna vurgu yapar (Özmantar, 2017; Lester, 2013; Schoenfeld, 2004, akt. Baş, 2017).

Cumhuriyet tarihinden itibaren genel eğitim programlarıyla birlikte matematik öğretim programları da değişime uğramıştır. 1924 programında okuma-yazma, köye öğretmen yetiştirme ve Cumhuriyet'in benimsetilmesi gibi amaçlar öne çıkarken (MEB, 1924; akt. Deveci & Aykaç, 2020), 1926 ve 1936 programlarında müspet bilimlere ağırlık verilmiş; problem çözme, ölçme, grafik ve tablo gibi konulara vurgu yapılmıştır (Gözütok, 2003; Sezgin Memnun, 2013). 1948 ve 1968 programlarında matematik "Aritmetik" ve "Geometri" olarak iki ayrı alan şeklinde ele alınmış; aritmetikte sayı ve işlemler ile günlük yaşam uygulamalarına, geometride ise şekiller, hesaplamalara, estetik ilişkilere odaklanılmıştır (Deveci & Aykaç, 2020). 1980'li yıllarda program geliştirme çalışmalarında yeni yaklaşımlar benimsenerek, matematik dersinin amaçları okul ve sınıf düzeyinde belirlenerek uygulama ve değerlendirme süreçleri daha belirgin hale getirilmiştir (Arslan, 1999; Akbaba, 2004). 1998 programında kazanımlar öğrenme alanlarına göre düzenlenmiş, 2005 programında ise "Her çocuk matematik öğrenebilir" anlayışıyla somut yaşam modellerine dayalı öğretim vurgulanmıştır (MEB, 2005; akt. Orbeyi & Güven, 2008). Son olarak, bu değişim sürecinin güncel yansımaları 2018 Matematik Öğretim Programı ve 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde görülmektedir.

Cebir yapısı gereği genelleme ve soyutlamalar içerdiğinden ilkokulda sadece sezdirilirken; ortaokul kademesinde sınıf düzeyine göre sarmal bir yapı şeklinde ele alınır (Karaca & Yalçınkaya, 2018). Nitekim 2018 ve 2024 programlarında işlem özelliklerinden cebirsel ifadelerle işlemlere ve denklemlere, örüntülerden fonksiyonlara doğru genişleyecek şekilde ele alınmıştır (MEB, 2018; MEB, 2024). Bu doğrultuda cebir öğrenme alanının matematik öğretim programında nasıl yapılandırıldığının sistematik bir şekilde incelenmesi ve karşılaştırılması gerekli olmaktadır. Bu karşılaştırmaları yaparken programın amaçları, eğitim tecrübeleri (öğrenme yaşantıları), içerik organizasyonu, ölçme değerlendirme boyutlarının da ele alınması gerekir (Tyler, 1993). Bu amaçla 2018 ve 2024 matematik öğretim programları Tyler program modeli çerçevesinde karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmek amaçlanmıştır.

Matematik dersi bağlamında alanyazında incelemeler yapacak olursak öğretim programlarının karşılaştırılması ile ilgili farklı çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Öğrenme alanları ve kazanımlar temelinde 2005 ve 2013 beşinci sınıf matematik öğretim programları karşılaştırılmıştır (Danişman & Karadağ, 2015). Ayrıca 2009, 2015 ve 2017 öğretim programlarının karşılaştırıldığı bir durum çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada kazanım, öğrenme alanları, temel beceri, öğrenme süreçlerine ilişkin madde, program yaklaşımı, hedefler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır (Baş, 2017). Ayrıca yine 2009 ve 2015 öğretim programlarının karşılaştırıldığı ve doküman incelemesi ile yapılandırılan çalışma da bulunmaktadır. Programda amaçlar açısından, kazanımlar ve içerik, öğrenme öğretme yaklaşımları, ölçme değerlendirme yaklaşımları açısından öğretmen görüşlerine başvurulmuştur (Gökbulut & Aslan, 2017). 2009-2017 ilkokul matematik öğretim programlarının karşılaştırıldığı ve öğretmen görüşlerinin alındığı bir başka çalışma da bulunmaktadır (İncesöz, 2019). 2024 yılında gerçekleştirilen ve 2018 ilkokul öğretim programı ile 2024 yılı taslak öğretim programının karşılaştırılmalı olarak incelendiği bir çalışma da yürütülmüştür. Bu çalışmada Bloom'un program öğeleri ölçüt alınarak amaç, program yaklaşımı ve felsefesi, üniteler, değerlendirme boyutu ve eğitim boyutu da değerlendirmeye dahil olmuştur (Baş & Ünal, 2024). 2025 yılında yürütülmüş bir çalışmada ise 2015, 2018, 2024 ilkokul matematik öğretim programlarının karşılaştırılmalı analizinin yapıldığı bir nitel araştırma bulunmaktadır (Şahin, 2025). Mevcut çalışmalara bakacak olursak cebir öğrenme alanına ve temasına yönelik Tyler Modeli çerçevesinde karşılaştırmalı analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Alan yazındaki bu eksiklik cebir alanına yönelik 2018 ve 2024 programlarının Tyler modeli çerçevesinde karşılaştırmayı gerekli hale getirmiştir. Bu çalışmada 2018 ve 2024 öğretim programlarında cebir alanı Tyler Modeli ile karşılaştırılırken hedef ve kazanımlar,

öğrenme yaşantıları, içeriğin düzenlenmesi ve ölçme değerlendirme yaklaşımları boyutlarıyla karşılaştırmalı analizinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır.

Amaç boyutuna göre;

- 2018 ve 2024 programlarında cebir alanına yönelik genel amaçlar farklı sınıf kademelerinde nasıl farklılaşmaktadır?

Öğrenme yaşantıları boyutuna göre;

- Öğrenme-öğretme yaklaşımları Tyler modeline göre nasıl yapılandırılmıştır?
- Öğretmenin ve öğrencinin rolü nedir?

İçerik düzenlenmesi ve organizasyon boyutuna göre;

- Cebir öğrenme alanı 2018 ve 2024 öğretim programlarında Tyler modelinin içerik organizasyonu boyutuna göre nasıl düzenlenmiştir?

Ölçme ve değerlendirme boyutuna göre;

- 2018-2024 matematik öğretim programlarında cebir alanına yönelik ölçme ve değerlendirme süreçleri Tyler modeli değerlendirme boyutuna göre nasıl değişiklik göstermiştir?

2. TYLER EĞİTİM PROGRAMI MODELİ

Tyler, yaşam boyu edinilen tecrübelerden öğrenmenin gerçekleştiğini belirtmiştir (Tyler & Hiatt, 1994). Ona göre nitelikli bir eğitim sisteminin her bir parçası, bireyin deneyimlerinden yola çıkarak yapıcı öğrenmelerin gerçekleşmesini sağlayacak şekilde oluşturulması gerekir (Ryan vd. , 1977). Tyler ve Bloom'a göre eğitim bireyde davranış değişikliği meydana getirme sürecidir. Bu doğrultuda yalnızca dışarıdan fark edilebilir davranışlarla değil aynı zamanda düşünme, hissetme gibi eylemlerin ötesindeki duygu ve düşünce durumlarında da değişiklik meydana gelebilir. İstendik yönde davranış değişiklikleri olabileceği gibi istenmeyen davranışlar da oluşabilir. Lakin amaçlı değişimlere öncelik tanınarak değerlendirilmesi önemli bir husustur (Bloom, 1956; Bloom, 2014).

Tyler (1949), eğitimin amaçlarının net şekilde belirlenmesinin; öğretim sürecinde, içeriğin planlanmasında ve değerlendirilmesinde amaca daha iyi hizmet ettiğini ve kolaylık sağladığını ifade eder. Bu doğrultuda cevaplanması gereken dört temel soruyu sormuştur (Tyler, 1949):

1. Okulun ulaşması gereken eğitimsel amaçlar nelerdir?
2. Eğitimsel amaçlara ulaşabilmek için hangi öğrenme yaşantıları oluşmalıdır?
3. Öğrenme yaşantıları etkili bir şekilde nasıl düzenlenebilir?
4. Amaçlara ulaşılıp ulaşılmadığı nasıl tespit edilebilir?

2.1. Tyler Eğitim Programının Öğeleri

2.1.1. Hedef

Tyler hedeflerin; her bir programın, ders izlencesinin ve öğretim planlamalarının bir bileşeni olması gerektiğini vurgulamıştır (Tyler, 1949). Nitelikli bir hedefin oluşturulabilmesi için öğrenci deneyimlerinin, ihtiyaçlarının ve bilinçlerinin de öğretimsel sürece dahil edilmesi ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda gerekli planlamaların tasarlanması son derece kritiktir (Aron-Salvacion, 2023; Tyler, 1949). Lakin hedef davranışlar bazen öğretmenin öğretim süreci esnasında göstereceği davranışlar olarak yer almaktadır. Eğitimin asıl amacı öğretmenin davranışlarını sergilemesi değil, öğrencinin davranışlarında istendik ve kasıtlı değişiklikler meydana gelmesi ve bu değişikliklerin yazılı olarak ifade edilmesidir (Bloom, 1956; Tyler, 1949).

Hedef davranışların sıklıkla yazıldığı bir diğer şekil ise derste işlenecek konuların, kavramların ve kazanımların listelenmesidir. Bu yazım şekli öğrencilerin çalışacağı alanı belirtmekle birlikte, öğrencilerin bu içeriklerle ne yapması gerektiğini yeterince iyi açıklamadığından dolayı tatmin edici hedefler arasında gösterilemez. Hedef davranışlarının ifade edilmesinde en

kullanışlı ve uygun biçim; hem öğrencinin kazanacağı davranış şeklini hem de bu davranışın değiştirilmesini etkileyen içeriği tanımlayan şeklindedir (Tyler, 1949).

2.1.2. Öğrenme Yaşantısı

Öğrenme yaşantısı ifadesi, derste işlenen konular ya da öğretmenin sergilediği performanslar demek değildir. Bu ifade öğrencinin dışsal koşullar ile arasındaki karşılıklı etkileşim anlamına gelir. Öğrenciler aynı öğrenme ortamlarında bulunsalar da öğrenme yaşantıları farklı olabilmektedir. Bu sebeple öğretmene önemli sorumluluklar yüklenmektedir. Öğretmen her öğrencinin farklı yaşantıları için mümkün olduğunca çok yönlü durumlar oluşturmalıdır. Bu doğrultuda öğrenme yaşantılarının seçiminde dikkat edilecek bazı genel hususlar vardır. Bunlardan ilki hedefe uygun davranışları uygulayabilmesi için uygun yaşantılar sağlanmalıdır. Örneğin öğrencinin kitap okuma ilgisinin artırılmasını hedefliyorsak öğrencinin ilgisini çeken bir kitabın okunmasına fırsat verilmelidir (Tyler, 1949). İkinci husus öğrenme yaşantıları, öğrencinin öğrenmeden tatmin olacağı şekilde tasarlanmalıdır. Eğer öğrenciler bu yaşantılardan yeterince memnuniyet duymuyorsa istendik bir davranış değişikliği oluşmaz. Yaşantılardaki üçüncü önemli husus ise istendik davranışlar öğrencilerin gerçekleştirebileceği nitelikte olmalıdır. Öğretmen öğretime öğrencisinin bulunduğu konumdan başlamalıdır (Tyler, 1949).

Etkili öğrenme yaşantılarından bazıları şunlardır:

2.1.2.a. Düşünme becerisini geliştiren öğrenme yaşantıları. Bu terim ile kastedilen davranış fikirleri sadece hatırlamaktan öte ilişkilendirmedir. Öğrenme yaşantılarında öğrencilerin farklı düşünme biçimlerini sergilemeye fırsat verilmelidir. Bu süreçte öğrencileri harekete geçirecek problem verilmelidir (Tyler, 1949).

2.1.2.b. Bilgi edinmeye yardımcı öğrenme yaşantıları. Bu öğrenme yaşantısına ait hedef davranışlar anlama ve bilgi edinmeyi içerir. Genellikle edinilecek bilgiler ilke, yasa, kuram, fikir ve olgulardan oluşur. Bilgi edinme sürecinde dört hususa dikkat edilmelidir. İlk husus, öğrencinin sadece ezberlemesine yönelik değil, problem çözme sürecinin bir öğesi olarak bilgiler edineceği bir yaşantı oluşturmaktır. İkinci öneri sadece kayda değer bilgileri yaşantı olarak seçmektir. Kullanılan terim ve bilgiler az ve öz olmalıdır. Bir diğer husus ise bilgiler çeşitli yollarla ve yoğunlukla verilmelidir. Dördüncü husus ise bilgilerin sık kullanılmasıdır. Bilgiler ne kadar sık kullanılırsa o kadar hatırlanma ihtimali artar (Tyler, 1949).

2.1.2.c. Sosyal tutum geliştirmeye yardımcı öğrenme yaşantıları. Ders dışı etkinliklerde sergilenen tutumu içerir. Tutum geliştirmeye yönelik çeşitli genellemeler yapılabilir. Öncelikle okul ve topluluk çevresi mümkün olduğunda istendik davranışların sergilenmesine uygun olmalıdır. Çevre ve eğitim tutarlılığı artırılarak sosyal tutumlar pekiştirilip daha bütüncül bir ortam oluşturulmalıdır. Bir diğer mesele ise öğrencilere gündelik bir problemle farkındalık yaratarak sorunun nasıl çözüleceği konusunda fırsat verilmelidir. Böylelikle sosyal meselelere karşı görüş kazandırılması sağlanır. Son olarak öğrenciler kendi tutumlarını gözden geçirerek bu davranışların amaçlara uygunluğunu denetler (Tyler, 1949).

2.1.2.d. İlgi geliştirmeye yardımcı öğrenme yaşantıları. Öğrenme yaşantılarının öğrencilerin memnuniyet duymasına olanak vermelidir. Etkinliği tatmin edici kılan şeylerden biri etkinliği tatmin edici başka bir öğrenme yaşantısı ile ilişkilendirmektir. Bir diğeri ise öğrenciye sıkıcı gelen şeyleri ilgi çekici hale getirecek yaşantılar yaratmaktır (Tyler, 1949).

2.1.3. İçerik (Organizasyon)

Eğitim sürecinde öğrenme yaşantılarının kümülatif ve kalıcı bir etki bırakabilmesi için bu yaşantıların birbirini olumlu yönde etkileyecek şekilde organizasyonu sağlanmalıdır. Bu organizasyonu sağlarken öğrenme yaşantılarının kendi içindeki ve diğer alanlarla ilişkilerini incelemek gerekir. Örneğin bir dersin farklı sınıf kademelerinde incelenmesi dikey organizasyona, aynı sınıf düzeyinde farklı alanların incelenmesi yatay organizasyona karşılık gelmektedir. Öğrenme yaşantılarının organizasyonu sağlanırken süreklilik, sıralılık ve

bütünleşiklik olmak üzere üç temel ölçüt dikkate alınır. Süreklilik, eğitim programına ait bileşenlerin dikey boyutta geliştirilmesine karşılık gelir. Sıralılık, süreklilikle ilişkili olmasının yanı sıra bir önceki öğrenme yaşantılarını referans alarak konuyu daha derin ve daha kapsamlı şekilde işleyen öğrenme yaşantılarının geliştirilmesinin önemine dikkat çeker. Bütünleşiklik ise öğrenme yaşantıları arasındaki yatay ilişkidir. Bu yatay organizasyon hedef ve ilgili öğelerle ilişkili davranışları bütünleştirmeyi sağlayacak şekilde oluşturulmalıdır. Eğitim programlarında en sık yer alan organizasyon örüntülerinden biri kronolojidir. Konu öğrenciye kavramın zaman içindeki değişimini görebileceği şekilde verilmelidir. Önemli diğer organizasyon şemaları ise uygulamayı genişletme, etkinlikleri farklılaştırma, açıklayarak analiz etme, örnek gösterme ve gerekçelendirme, bütünleşik bir çevre farkındalığı yaratma olarak sıralanabilir (Tyler, 1949).

2.1.4. Ölçme ve Değerlendirme (Öğrenme Kanıtları)

Ölçme ve değerlendirme, amaca yönelik davranışların öğretim aracılığıyla hangi ölçüde hayata geçirildiğini tespit etme sürecidir. Bireyin davranışlarında istendik yönde değişikliğin meydana gelip gelmediğini tespit etmek için birden fazla değerlendirme yapılması gerekir. Bu doğrultuda öğretim sürecine başlarken bir ölçme ve değerlendirme yapılmalı ilerleyen süreçlerde başka bir değerlendirme daha yapılmalı ki anlamlı bir değişikliğin oluşup oluşmadığı fark edilebilsin. Öğrencilerin öğretim sürecinin başlangıcındaki durumlarını bilmeden ne kadar değişiklik gerçekleştiğini belirlemek mümkün değildir. Buna ek olarak öğrenmenin daha kalıcı olabilmesi için öğretim süreci bitse de bir süre sonra yeniden değerlendirme yapmak önem arz etmektedir. Bu yüzden okullar öğrencilerinde öğrenme kalıcılığını sağlamak için izleme çalışması yaparlar. Öğrencilerin bilgiler edinmek amacıyla yazılı testler veya çoktan seçmeli testleri kullanabilirler. Ancak bu testlerle ölçülmesi kolay olmayan davranışlar da vardır. Örneğin sosyal davranışlar için testler yerine gözlemlerden yararlanılır. Tutum ve ilgi değişikliklerinde ise anket görüşmeleri yapılabilir. Ayrıca öğrencilerin hazırladıkları çalışmalar da ölçme değerlendirmeye dair bir kanıttır. Bu doğrultuda her davranışa özgü kanıt sağlayacak değerlendirme araçlarına gereksinim duyulur. Buna yönelik olarak da öğrencilere hedef davranışı sergileyebilmeleri için fırsat verilmelidir. Öğrenme kanıtlarını elde ettikten sonra bunları kayıt altına alarak davranışı özetlemek gerekir. Bir diğer adımda ise tarafsızlık sağlanmaya çalışılır. Birbirine denk iki öğretici aynı davranışı ayrı ayrı notlar. Bu notlar sonucunda benzer ve yakın sonuçlara ulaşılması gerekir. Ancak aksi bir durumda daha tarafsız bir yöntem geliştirmek gerekir (Tyler, 1949).

3. YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş olup doküman analizi kullanılmıştır. 2018 Matematik Öğretim programı ve 2024 TYMM Matematik Öğretim Programı Tyler Program Öğeleri Modeli çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Doküman analizi, yazılı materyallerin içeriğinin sistematik ve dikkatli bir şekilde analiz edilip incelenerek veri toplama sürecini kapsayan bir nitel araştırma yöntemidir (Wach & Ward, 2013; Karasar, 2013). Doküman analizinde yapılacak olan çalışmaya yönelik uygun belge ve materyaller toplanarak belirli bir norm ve sisteme göre kodlanıp incelenir (Çepni, 2021). Doküman incelemesi; belgelerin ve kaynakların toplanması, özgünlüğünün kontrol edilmesi, belgeleri anlama, veri analizi ve toplanan verilerin işe koşulması adımlarından oluşur (Forster, 1994; Merriam, 2009).

3.2. Araştırma Verilerinin Kaynağı

Bu çalışmanın veri kaynağını, Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı'na ait resmi sitesinde (https://ttkb.meb.gov.tr) yayımlanan 2024 TYMM Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programı ve 2018 Matematik Öğretim Programı oluşturur. Her iki program da incelenirken yalnızca ortaokul boyutlunda ve cebir konusu üzerine inceleme yapılmıştır. İki

program Tyler Program Öğeleri Modeli çerçevesinde hedef, öğrenme yaşantıları, organizasyon ve öğrenme kanıtları boyutuyla incelenmiştir.

3.3. Araştırma Verilerinin Analizi

Araştırmada 2018 ve 2024 matematik öğretim programlarına ait dokümanlar içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. İçerik analizinin temel amacı, elde edilen verileri temsil edip açıklayacak uygun kavramlara ulaşmaktır. Burada yapılan iş, okuyucunun daha rahat anlayabilmesi amacıyla birbiriyle ilişkili verileri belirli tema ve kategoriler altında bir araya getirmektir. İçerik analizinde elde edilen veri, gözlem, görüşme, kaynak ve dokümanlar dört aşamada analiz edilir: Verilerin kodlanması, temalar oluşturulması, kodların ve temaların düzenlenmesi, bulguların yorumlanıp tanımlanmasıdır (Çepni, 2021; Strauss & Corbin, 1990). Bu çalışmada oluşturulan kodlar önceden belirlenmiş yapılara göre değil, doküman analizi sonucu elde edilen verilerden çıkan kavramlara göre yapılmıştır. Ardından elde edilen bu kodlar, aralarındaki ortak yönler referans alınarak kategorilere ve temalarına ayrılmıştır. Ardından elde edilen sonuçlar bulgu olarak sunulmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde 2018 ve 2024 matematik öğretim programlarına ait cebir öğrenme alanında Tyler modeli çerçevesinde amaçlar, içerik organizasyonu, öğrenme yaşantıları ve ölçme değerlendirme boyutuna göre karşılaştırmalar gerçekleştirilecektir.

2018 ve 2024 Matematik Öğretim Programlarının Tyler Amaçlar Boyutuna Göre Karşılaştırılması

Tablo 1: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Amaçlar Boyutuna Göre Karşılaştırmalı Analizi (5.sınıf)*

Amaçsal Kategoriler	Amaçsal Kodlar	2018 Matematik Öğretim Programı	2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı
Kazanım Yetersizliği	Kazanım Eksikliği	- 5. sınıfta cebir alanına yönelik doğrudan kazanım yer almamaktadır.	-
Matematiksel Yeterlilik Kazandırılması	Kavramsal Anlama	-	- Esnek stratejiler ve muhakeme becerileri ile eşitliğin korunumu, işlem özellikleri ve şekil örüntülerine yönelik muhakeme ile zihinsel ve kavramsal alt yapı oluşturma hedeflenir.
	İşlemsel Akıcılık	-	- Öğrencilerin standart hesaplamalar yapmadan sayı cümleleri arasındaki ilişkiyi karşılaştırması amaçlanır. - Öğrencilerin işlem önceliğine yönelik varsayımlarda bulunmaları amaçlanır.
Matematik Alan Becerilerinin Kazandırılması	Matematiksel Temsil	-	- Temel aritmetik işlemler içeren sözde kod, akış şeması ve doğal dil kullanılıp temsiller arası geçiş yapılarak algoritmik yorumlamalar hedeflenir.
	Matematiksel Muhakeme	-	Öğrencinin eşitliğin korunumu ve işlem özelliklerine yönelik muhakeme etmesi hedeflenir. Öğrenci sayı ve şekil örüntülerinin kuralını belirlemeye yönelik muhakemeler yapması amaçlanır.
Üst Düzey Cebirsel	Fonksiyonel Düşünme	-	Öğrenci örüntülerdeki değişime yönelik muhakeme ederek

Düşünme Becerilerinin Kazandırılması			fonksiyonel düşünme sürecine giriş yapması hedeflenir.
	Algoritmik Düşünme	-	Öğrencinin temel aritmetik işlemler ile sözde kod ve akış şeması kullanarak algoritmaları yorumlaması önemli bir amaçtır.
Öğrenmeye Hazırlık	Ön Bilgi Oluşturma	-	- Birbirine bağlı değişen niceliklere yönelik muhakeme yaparak fonksiyonların temelini oluşturma planlanır. - Eşitliğin korunumu ve işlem özelliklerine yönelik muhakeme ile 7. sınıftaki eşitlik ve denklem konuları için kavramsal alt yapı oluşturma hedeflenir.

2018 ve 2024 programı cebir alanını Tyler modeli amaçlar boyutu kapsamında incelediğinde, başlangıç düzeyi, programların amaçları, beceri temelli yapı bakımından belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. 2018 programında cebir konusu tüm sınıf düzeylerinde "Cebir Öğrenme Alanı" olarak yer almaktadır. 2024 öğretim programında ise 5.sınıfta " İşlemlerle Cebirsel Düşünme" olarak yer almaktadır. Cebir konusuna 2024 programında 2018 programına göre daha erken geçiş yapılmıştır. Nitekim 2018 programında 5.sınıf düzeyinde doğrudan cebir öğrenme alanına yönelik kazanımlar bulunmamaktadır. 2024 yılı öğretim programı 5.sınıf düzeyinde ise "İşlemlerle Cebirsel Düşünme" temasında eşitlik, işlem özellikleri ve örüntüler üzerinden cebirsel ve fonksiyonel düşünme becerisi temel düzeyde ele alınıp ilerleyen sınıf düzeyleri için temel atılmıştır. Bu bağlamda özellikle kavramsal anlama kodu 2024 programında cebirsel düşünmenin merkezinde yer almaktadır. Öğrencilerin yalnızca mekanik işlemler yapmalarını sağlamanın ötesinde muhakeme ve temsil becerileriyle kavramlar arasında köprüler kurarak matematiksel yeterlilik kazanmaları amaçlanır. Algoritma yapılandırılması temel aritmetik işlemlerle başlar.

Tablo 2: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Amaçlar Boyutuna Göre Karşılaştırmalı Analizi (6.sınıf)*

Amaçsal Kategoriler	**Amaçsal Kodlar**	**2018 Matematik Öğretim Programı**	**2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı**
Kazanım Yetersizliği	Kazanım Eksikliği	-	-
Matematiksel Yeterlilik Kazandırılması	Kavramsal Anlama	- Öğrencilerin en az bir değişken ve işlem içeren yapıların cebirsel ifade olduğunu anlamlandırması hedeflenir. - Terim, sabit terim, benzer terim, katsayı kavramları ayırt edilmeye çalışılır. - Harflerin sadece nesne değil, değişkenleri temsil ettiği zihinsel olarak yapılandırılmaya çalışılır.	- Öğrencilerin gerçek yaşam durumlarındaki bilinen ve bilinmeyen nicelikler ile ilgili muhakeme yapması hedeflenir. - Farklı temsillerden yola çıkarak örüntülerdeki yapının yorumlanması amaçlanır.
	İşlemsel Akıcılık	- Bir cebirsel ifadenin değeri farklı sayı değerleri için oluşturmaya çalışılır.	- Algoritmaların, tablo temsili ve cebirsel ifade gibi esnek yapılara dönüşmesi amaçlanır.
Matematik Alan Becerilerinin Kazandırılması	Matematiksel Temsil	- Cebirsel ifadelerin temsili için harflerden yararlanılması beklenir.	- Öğrenciler sayı ve şekil örüntüleri arası ilişkileri incelerken tablo, grafik ve sözde temsillerden yararlanılarak

		- Sözel durumları cebirsel ifadeye, cebirsel ifadeleri sözel duruma dönüştürerek temsiller arası geçiş yapılması hedeflenir.	çoklu temsiller kullanımı ve temsiller arası geçiş amaçlanmaktadır.
	Matematiksel Muhakeme	- Cebirsel ifadelerde sözel ve sembolik dil arasındaki geçişlerde örtük olarak muhakeme becerisinin kullanımına yönelik amaçlar bulunur.	- Öğrencilerin bilinen niceliklerden yola çıkarak bilinmeyen niceliklere yönelik varsayımlar ve genellemeler yapması hedeflenir. - Cebirsel ifadelerin, farklı değişken ve değerlerle yeniden ifade edilip öğrencinin kendi cümleleriyle açıklaması hedeflenir. - Öğrenci sayı ve şekil örüntülerinin kuralını belirlemeye yönelik muhakeme etmesi beklenir.
Üst Düzey Cebirsel Düşünme Becerilerinin Kazandırılması	Fonksiyonel Düşünme	- Değişken alacağı değere göre cebirsel ifadenin değerinin değişmesi ile fonksiyonel düşünmeye yönelik örtük bir zemin amaçlanır.	- Örüntülerdeki ilişkileri fark edip ve bu ilişkiyi diğer terimlere genelleyerek fonksiyonel yapının oluşmaya başlanması hedeflenir.
	Algoritmik Düşünme	-	- Temel aritmetik işlemler ile sözde kod ve akış şeması kullanarak algoritmaların yorumlanması beklenir.
Öğrenmeye Hazırlık	Ön Bilgi Oluşturma	- Cebirsel ifadelerin değerini hesaplamak fonksiyonel düşünmenin bir parçası olduğundan dolayı fonksiyon kavramlarının temelinin oluşturulması hedeflenir.	- Birbirine bağlı değişen niceliklere yönelik muhakeme yaparak fonksiyonların temelini oluşturması hedeflenir.

TYMM 6. sınıfta cebir, "İşlemlerle Cebirsel Düşünme ve Değişimler" teması altında işlenmektedir. 6. sınıf düzeyinde 2018 programı daha sınırlı iken; 2024 programında örüntüleri yorumlama becerisine ek olarak algoritma ve cebirsel ifadeler bütünleşik bir yapıda ele alınmaktadır. Bu programda işlem özellikleri ve cebirsel düşünme arasında muhakeme yapma ön plana çıkmaktadır. Hedef olarak her iki program benzer hedefler barındırsa da 2024 programı daha kapsamlıdır. Öğrenciler temsil becerisini 2018 programında sadece cebirsel ifadelerde harflerin temsili için kullanırken 2024 programında tablo, grafik ve sözde temsil gibi farklı temsil çeşitlerinden yararlanır. 2018 programında örüntülere yönelik amaçsal davranışlar 7. sınıfta yer alırken 2024 programında 6. sınıfta başlar. Bu doğrultuda 2018 programında fonksiyonel düşünme cebirsel ifadelerin alacağı farklı değerlerle sağlanırken 2024 programında buna ek olarak örüntülere yönelik muhakemeyi de içerir. Algoritmik düşünme, 2024 programında yer alırken 2018 programında bulunmaz. NCTM'nin belirttiği işlemsel akıcılık standartlarından esneklik yapısına 2024 programında algoritmaların, tablo temsili ve cebirsel ifade gibi sözel temsillere dönüşmesinde rastlanır.

Tablo 3: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Amaçlar Boyutuna Göre Karşılaştırılması (7.sınıf)*

Amaçsal Kategoriler	Amaçsal Kodlar	2018 Matematik Öğretim Programı	2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı
Kazanım Yetersizliği	Kazanım Eksikliği	-	-
Matematiksel Yeterlilik Kazandırılması	Kavramsal Anlama	- Öğrencinin eşitlik kavramını ve eşitliğin korunumunu terazi veya benzeri denge modelleriyle anlamlandırması amaçlanır.	- Öğrenci tam sayılarla işlem özelliklerinden yararlanarak cebirsel ifadelerle toplama çıkarma ve bir rasyonel sayıyla çarpma işlemi yapması beklenir.
	İşlemsel Akıcılık	- Öğrencinin cebirsel ifadelerle toplama çıkarma ve bir tam sayıyla çarpma işlemi yapması hedeflenir. - Öğrencinin birinci dereceden bir bilinmeyenli denklem kurması ve çözmesi beklenir.	- Öğrenciler denklem ve eşitsizliklerin öğreniminde uygun bir strateji oluşturması uygulaması ve çözüme ulaştırmayan stratejiyi esnek bir şekilde değiştirmesi hedeflenir.
Matematik Alan Becerilerinin Kazandırılması	Matematiksel Temsil	- Öğrenci örüntü kuralına ilişkin değişimleri incelerken matematiksel temsili bir araç olarak kullanması beklenir. Sözel, görsel, sembolik temsiller arası geçiş yapma amaçlanır.	- Öğrenciler denklem ve eşitsizliklerin öğreniminde problem çözme becerisine ek olarak temsil becerisini de kullanması amaçlanır. Öğrenciler çözümlerinin doğruluğunu kanıtlamak için örnek ve temsillerden yararlanması beklenir.
	Matematiksel Muhakeme	- Öğrencilerin gerçek hayat durumlarında veya sayı örüntülerindeki değişimi fark ederek istenilen terimi bulması amaçlanır. - Eşitliğin her iki tarafına aynı işlemlerin yapılması durumunda eşitlik korunumuna yönelik zihinsel yapıların oluşması amaçlanır.	- Öğrenci denklem ve eşitsizliklerin öğreniminde problem çözme becerisine ek olarak matematiksel muhakeme becerisini kullanması hedeflenir. - Sayıların özelliklerine yönelik çıkarımlarda bulunarak cebirsel ifadelere genelleme yapma, ispat yapma becerisinin gelişiminde araç olarak kullanılması amaçlanır. - Örüntülere dayalı varsayımlar oluşturulması beklenir.
Üst Düzey Cebirsel Düşünme Becerilerinin Kazandırılması	Fonksiyonel Düşünme	- Öğrenciler kazanım düzeyinde örüntülerdeki ilişkileri fark ederek bu ilişkiyi diğer terimlere genellemesi beklenir. Örüntü kuralından yola çıkarak değişimi fark etmeleri beklenir.	- Öğrenciler, örüntülere dayalı varsayımlar yaparak fonksiyonel ve cebirsel düşünmeye sahip olmaları beklenir.
	Algoritmik Düşünme	-	- Öğrenci cebirsel ifadelerle işlemleri araç olarak kullanarak algoritmaları yapılandırmayı amaçlar.
Öğrenmeye Hazırlık	Ön Bilgi Oluşturma	- Örüntülerdeki ilişkiyi incelemek fonksiyonel düşünmenin bir parçası olduğundan dolayı fonksiyon kavramlarının temelinin oluşturulması beklenir. İstenilen terimi hesaplama yoluyla değişim oranına ve doğrusal ilişkilere temel oluşması amaçlanır. Buna ek olarak cebirsel ifadelerde toplama çıkarma işleminin	- Denklem çözme problemleri, fonksiyonların girdileri, çıktıları ve ters fonksiyon çalışmaları için yapı taşıdır.

gerçekleştirilmesi ile denklem çözmenin temelinin atılması beklenir.

TYMM, 7. sınıfta "İşlemlerle Cebirsel Düşünme ve Değişimler" teması altında işlenmektedir. Eşitliğin korunumuna ilişkin kavramsal anlamaya 2018 programında ilk olarak 7. sınıfta karşılaşılmaktadır. Eşitliğin korunumu kavramı terazi ve denge modelleri ile kazandırılmaya çalışılmaktadır. 2018 programında örüntülere yönelik amaçlarda temsiller arası geçişler bulunur. Bu bağlamda sayı örüntüleri sözel olarak ifade edildikten sonra terimler arası ilişki tabloda gösterilir. Arından örüntünün kuralı n cinsinden cebirsel ifade ile temsil edilmesi beklenir. 2024'te örüntülere yönelik çalışmalar daha sınırlıdır. 2024 programında göze çarpan en önemli özelliklerden biri olan uygun bir strateji oluşturma ve çözüme ulaştırmayan stratejiyi esnek bir şekilde değiştirme hedefi, NCTM standartlarında yer stratejik esneklik, verimlilik ve uygunluk anlayışıyla tam bir uyum sergilemektedir. En önemli farklılıklardan biri de matematiksel muhakeme ve algoritmik düşünmede gözlenir. 2018 programındaki muhakeme becerisi örüntü kuralı ve eşitliğin korunumu ile sınırlı iken 2024 programında süreç sayıların özelliklerine yönelik durumlarda cebirsel ispat yöntemlerini seçerek kullanır (MEB, 2024) seviyesine taşınmıştır. Ayrıca 2018 programında yer almayan algoritmik düşünce yapısı, 2024'te cebirsel ifadeleri araç olarak kullanarak algoritma yapılandırma hedefiyle yer alır. Son olarak her iki program da içerdiği hedef ve kazanımlarla üst sınıflar için temel bir yapı oluşturur.

Tablo 4: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Amaçlar Boyutuna Göre Karşılaştırılması (8.sınıf)*

Amaçsal Kategoriler	**Hedefler**	**2018 Matematik Öğretim Programı**	**2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı**
Kazanım Yetersizliği	Kazanım Eksikliği	-	-
Matematiksel Yeterlilik Kazandırılması	Kavramsal Anlama	- Öğrencilerin cebirsel ifadeleri farklı şekilde yazarak ve özdeşlikleri modelleyerek süreci anlamlandırmaları beklenmektedir. - Gerçek hayat durumlarından yola çıkarak koordinat sisteminin özelliklerinin tanınması hedeflenir. - Günlük hayat durumlarından eşitsizlik örnekleri yazma amaçlanır.	- Öğrencinin doğrusal fonksiyonlara ilişkin kavramların gelişiminde dik koordinat sisteminin bileşenlerini belirleyerek aralarındaki ilişkiyi fark etmesi hedeflenir.
	İşlemsel Akıcılık	- Öğrencilerin denklem ve eşitsizlik çözmesi beklenmektedir. - Öğrencilerin cebirsel ifadeleri çarpanlara ayırması ve özdeşlikleri modellemesi beklenir.	- Öğrencilerin doğrusal fonksiyonlara ilişkin problem çözümünde adımları ve ilişkileri açıklaması hedeflenir. Doğrusal ilişkileri modellemek için doğrusal fonksiyonların cebirsel, tablo ve grafik temsillerini tanıyarak temsiller arası geçiş hedeflenir.
Matematik Alan Becerilerinin Kazandırılması	Matematiksel Temsil	- Öğrenci iki değişken arasındaki ilişkinin incelenmesinde ve doğrusal denklemlerin grafiğini çizmede matematiksel temsili, bir araç olarak kullanır. Tablo ve grafikten yararlanır.	- Öğrencilerin gerçek yaşam durumlarını ve doğrusal ilişkileri doğrusal fonksiyonlarla temsil ederek temsiller arası geçiş yapmaları beklenir. Temsilleri ekonomiklik ve kullanışlılık arasından karşılaştırmaları istenir.

		- Öğrenciler koordinat sistemini ve özelliklerini öğrenirken matematiksel temsili bir araç olarak kullanır. Tablo ve grafikten yararlanır. - Günlük hayat örnekleri ile sözel temsil, sayı doğrusu ile işlemsel temsil aracılığıyla eşitsizliklerin modellenmesi amaçlanır.	
	Matematiksel Muhakeme	- Cebirsel ifadeleri farklı biçimde yazarak yeniden ifade etmesi beklenir. - Eşitsizliğin her iki tarafını negatif bir sayı ile çarpma veya bölme durumlarında eşitsizliğin yön değiştireceğine yönelik çalışmalar hedeflenir.	- Farklı doğrusal fonksiyonlara ilişkin varsayımlar oluşturması amaçlanır. - Öğrenci koordinat sisteminin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirlemesi hedeflenir.
Üst Düzey Cebirsel Düşünme Becerilerinin Kazandırılması	Fonksiyonel Düşünme	- Öğrencilerin aralarında doğrusal ilişki bulunan iki değişkenden birinin diğerine göre nasıl değiştiğini incelemesi ve bağımlı bağımsız değişkene odaklanması beklenir.	- Önceki sınıflarda değişimin incelenmesi yaklaşımı bu sınıfta fonksiyon kavramının temsil edilmesine katkı sağlaması beklenir.
	Algoritmik Düşünme	-	- Öğrencilerin doğrusal fonksiyon problemleri ile algoritmaları yapılandırması beklenir.
Öğrenmeye Hazırlık	Ön Bilgi Oluşturma	- İki değişken arasındaki ilişkinin incelenmesi fonksiyon kavramı için temel oluşturması beklenir. - Özdeşlikler, çarpanlara ayırma, eşitsizlikler, grafik çizimi ve eğim lise düzeyindeki cebir ve geometri konularına temel olmaktadır.	- Denklem çözme problemleri, fonksiyonların girdileri, çıktıları ve ters fonksiyon çalışmaları için yapı taşıdır.

2024 yılı programı 8. sınıfta cebirsel süreçler, "Cebirsel Düşünme ve Değişimler" teması altında ele alınır. 2018 programı kapsamında cebirsel ifadelerle işlemler ve denklemler konuları günlük hayat problemlerini çözme ile ilişkilendirilirken; 2024 programında buna ek olarak süreç algoritmik yapılarla bütünleşik şekilde sunulmaktadır. Ayrıca 2024 programında muhakeme ve ispat yapma, çoklu temsil, yorumlama gibi üst düzey bilişsel hedefler belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır. Konu dağılımları dikey organizasyonla incelenecek olursa eşitsizlik kavramı 2024 programında ilk olarak 7. sınıf kademesinde, 2018 programında ise 8. sınıf kademesinde verilmektedir. 2018 programı cebirsel ifadeler ve özdeşlikler, çarpanlara ayırma, doğrusal ilişkiler, doğrusal denklemler ve eşitsizlikler gibi operasyonel konulara odaklanarak amaçlı ve aşamalı şekilde ilerler. Beceri temelli değil daha çok konu ve doğrudan problem çözme odaklıdır. Buna karşın 2024 programında doğrusal fonksiyon kavramları merkeze alınmış çözümleme, matematiksel temsil ve muhakeme becerileriyle ilişkili amaçlar ön plana çıkmaktadır.

Genel olarak bakıldığında 2018 öğretim programında cebir öğrenme alanı daha çok kazanım düzeyinde ve konu temelli bir yaklaşımla düzenlenmiştir. 2024 programında ise matematik alan becerilerinden matematiksel muhakeme, matematiksel problem çözme, matematiksel temsil (MEB, 2024) becerileri öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra algoritma yapılandırma ve

yorumlama, ilişkilendirme ve ispat becerileri de öne çıkmaktadır. Ayrıca NCTM'nin belirlediği işlemsel akıcılığın uygunluk, doğruluk, verimlilik, esneklik boyutları 2024 programında belirgin şekilde görülmektedir. 2024 programında her sınıf kademesinde algoritma yapılandırılması zorunlu olarak bulunurken 2018 programında bununla ilgili bir ifade yer almaması; iki program arasındaki en belirgin farklardan biridir.

2018 ve 2024 Matematik Öğretim Programlarının Tyler Öğrenme Yaşantıları Boyutuna Göre Karşılaştırılması

Tablo 5: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Öğrenme Yaşantıları Boyutuna Göre Karşılaştırılması*

Rol Kategorileri	Rol Kodları	2018 Matematik Öğretim Programı	2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı
ÖĞRENCİ ROLÜ	Bilgi İnşacısı	Kazanımlarda belirlenen içerikler doğrultusunda kavramları öğrenen, açıklayan, ifade eden ve değişkenler arası ilişkiyi belirleyip dönüştüren.	Kavramlar arası ilişkisel anlamlandırmalar yaparak ispatlarla matematiksel muhakeme yapıp zihinsel şemalarını yansıtan.
	İşbirlikli Öğrenme Paydaşı	Kısıtlı grup çalışmalarına çözüm ortaklığı yapan.	Akranlarıyla grup çalışmaları yapan ve sınıf içi tartışma ortamlarına aktif katılım gösteren.
	Özgün Yapılandırıcı	Hazır bilgi ve kuralları öğrenerek kavramları anlayıp farklı biçimlerde ifade eden.	Kavramları anlayıp kendi özgün cümleleriyle ifade eden, varsayımlar oluşturan çözüm yollarını gerekçelendiren, ispat eden ve doğrulayan.
	Çözüm üretici ve Uygulayıcısı	Hesaplamalar ve işlemler yapan, rutin günlük yaşam problemlerini çözen.	Konuyu anlamlandıran, inceleyen, problemlerde uygulayan ilişkisel varsayımlarını sınayan ve yorumlayan, algoritmalar kullanarak bilgiyi yapılandıran, rutin günlük yaşam problemlerini çözen.
	Modelleyici	Somut, görsel veya teknolojik materyallerle kavramsal ilişkileri gösterip yorumlayan.	Somut, görsel veya teknolojik materyallerle kavramsal ilişkileri gösterip yorumlayan, çıkarımlarda bulunan, infografiklerle bilgiyi inşa eden algoritma ile yapılandıran.
	Öz ve Akran Değerlendirici	Öğretim programında ölçme ve değerlendirme yaklaşımları çerçevesinde; çok odaklı öğretmen ve öğrencilerin bir arada yürüttüğü değerlendirme sürecinin aktif katılımcısı.	Grup çalışmaları ile kendisinin ve akranlarının gelişimini gözlemleyen, öğrenme sorumluluğunu üstlenen aktif katılımcı.
ÖĞRETMEN ROLÜ	İçerik Düzenleyicisi	Kazanım sırası, kapsam ve içeriğe bağlı kalarak sınırlandırmalar ve genellemeler yapan, bilgi aktarımını yöneten.	Kazanım sırası, kapsam ve içeriğe bağlı kalarak sınırlandırmalar ve genellemeler yapan, bilgi aktarımını yöneten, buna ek olarak konuyla ilişkili sınıf içinde grup çalışmaları ve dinamik tartışma ortamlarını sağlayan.
	Bağlam Oluşturucu	Konuyla ilişkili yapıyı ilişkilendirerek günlük hayat	Günlük hayat durumlarına ilişkin modellemeler yapan,

	durumlarından modellemeler yapan.	disiplinler arası ilişkiler kurarak yöneten.
Model ve Materyal Sağlayıcı	Cebir karoları, denge terazileri kullanan, sınırlı düzeyde teknoloji entegrasyonunu sağlayan.	Cebirsel tablo ve grafiklerle bilgiyi inşa eden, denge terazisi ile anlamlandıran, dinamik geometri yazılımlarıyla bütünleşik teknoloji entegrasyonunu sağlayan.
Değer Aktarıcısı	Öğretim programından bağımsız, örtük hedefler araçlığıyla değerler kazandıran, belirli kavramların önemini vurgulayan.	D3. Çalışkanlık, D5. Duyarlılık, D9. Merhamet, D16. Sorumluluk, D11. Özgürlük D13. Sağlıklı Yaşam, D17. Tasarruf, D20. Yardımseverlik değerlerini matematiksel problemlerin doğasına gömen.
İşbirlikli Yapı Sağlayıcısı	Öğrenme yaşantılarını bireysel performans odaklı yürüten.	Öğrenme yaşantılarını bireysel performans odaklı yürütmeye ek olarak grup çalışmaları için ortam hazırlayan, sınıf içi bilişsel tartışma ortamları yaratan, yöneten ve çıktıları değerlendiren.
Değerlendirici	Öğretim programlarının ölçme ve değerlendirme yaklaşımları çerçevesinde çok odaklı ve süreç boyunca devam eden; bilişsel, duyuşsal, psikomotor ölçümler gerçekleştiren.	Tanılayıcı (diagnostik) değerlendirmelerle ön bilgilerin kontrolünü sağlayan; biçimlendirici (formatif) değerlendirmelerle grup çalışmalarında sınıf içi dinamik bilişsel tartışma ortamlarında kısa geri dönütler veren, düzey belirleyici (summatif) değerlendirmeler ile hedefin kazanılıp kazanılmadığını kontrol eden.

Tablo 5 incelendiğinde, 2018 ve 2024 programlarının Tyler'ın öğrenme yaşantıları boyutunda öğretmenlere ve öğrencilere ait rollerde belirgin farklılıklar görülmektedir. Her ne kadar iki program da aynı roller çerçevesinde oluşturulmuş olsa da bu rollerin göstergelerinin 2024 programında daha kapsamlı, sistematik, beceri temelli olduğu tespit edilmiştir. Bilgi inşası ve özgün yapılandırma rollerinde 2024 programı muhakeme ve ispat becerileriyle 2018 programından ayrılmaktadır. 2018 programında öğrencilerin grup çalışmalarında yer alıp almadığı açıkça belirtilmezken 2024 programında "Öğrencilerden gruplar hâlinde çalışarak buldukları ilişkiler üzerine tartışmaları sağlanır **(SDB2.1)**" (MEB, 2024; 81) benzeri ifadelerle öğrenciye argümanlarını paylaşabileceği aktif bir grup ortamı sağlandığı açıkça ifade edilmiştir. Bu ortamın sağlayıcısı her iki programda da öğretmenlerdir. Lakin 2024 programı çalışmaları grup odaklı iken 2018' de bireysel performans ön plandadır. Her iki programda yer alan öz ve akran değerlendirici öğrenci rolleri 2018 programında ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarında genel olarak verilirken, 2024 programında her tema için ayrı ayrı ölçme ve değerlendirme süreçleri yer almaktadır. Her iki programda öğretmenlerin farklı değerlendirici rolleri bulunsa da 2024 programında daha fazla değerlendirici öğretmen rolü yer almaktadır. 2018 programında ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarında öğretmenlerin bilişsel, duyuşsal, psikomotor becerileri ölçüm rolleri bulunmaktadır. 2024 programında ise ön değerlendirme süreci, sınıf içi geri dönütler ve genel yazılı testlerle biçimlendirici, formatif ve düzey belirleyici roller yer alır.

2024 programında değer aktarımı rolü açıkça ifade edilirken 2018 programında örtük program dahilinde verilmektedir.

2018 ve 2024 Matematik Öğretim Programlarının Tyler İçerik Boyutuna Göre Karşılaştırılması

Tablo 6: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler İçerik Boyutuna Göre Karşılaştırılması*

Boyut Kategorileri	Organizasyon Ölçütü	2018 Matematik Öğretim Programı	2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı
DİKEY BOYUT	Süreklilik	6. sınıfta cebirsel ifadelerin anlamlandırılmasına yönelik içerikler yer alırken 7. sınıfta cebirsel ifadelerle işlemler ve eşitliğin korunumu ve denklem çözümüne yönelik içerik planlaması yapılmıştır. Yine 7. sınıfta örüntü kuralına yönelik muhakemeler de yer almaktadır 8. sınıfta ise doğrusal denklemleri çözme ve grafiğini oluşturmaya ek olarak cebirsel ifadeler, özdeşlikler ve çarpanlara ayırma konuları ele alınmaktadır.	5. sınıfta eşitliğin korunumuna yönelik çıkarımlar ve işlem önceliğini yorumlamaya yönelik çalışmalar yer alırken 5. ve 6. sınıfta örüntülere yönelik muhakemeler bulunmaktadır. 6. sınıfta cebirsel ifadeleri anlamlandırmaya yönelik katkı da sağlanmaktadır. 7. sınıfta cebirsel ifadelerle işlemler, denklem çözme çalışmaları ve sayıların özelliklerine yönelik varsayımlar yapılmaktadır. 8. sınıfa gelindiğinde dik koordinat düzlemini çözümleme, doğrusal fonksiyonları temsil ederek aralarındaki ilişkiye yönelik çıkarım yapabilmeye yönelik çalışmalar yer alır. Algoritma yapılandırması ise tüm sınıf kademelerinde yer almaktadır.
	Sıralılık	Cebirsel ifadeler alt öğrenme alanı 6. sınıfta cebirsel ifadeleri anlamlandırma olarak yer alırken, 7. sınıfta cebirsel ifadelerle işlemlerle devam eder. Cebirsel ifadelerle işlemler; toplama, çıkarma ve bir doğal sayı ile çarpma işlemlerini içerir. 7. sınıfta eşitlik ve denklem alt öğrenme alanında işlenmeye başlayan denklemler konusu 8. sınıfta doğrusal denklemler alt öğrenme alanında da devam etmektedir.	5. sınıfta işlem özelliklerine yönelik muhakeme yapabilme becerisi 7. sınıfta sayılar ve işlem özelliklerini içeren ispat ve matematiksel muhakeme olarak yer alır. Sayı ve şekil örüntüleri kuralına yönelik çalışmalar 5. sınıfta örüntü kuralına yönelik muhakeme, 6. sınıfta örüntüleri yorumlama, 7. sınıfta varsayım ve sınamalar yapar. Ayrıca örüntülere yönelik yapılan muhakemeler 8. sınıfta doğrusal ilişkiden doğrusal fonksiyonlara, doğrusal fonksiyonlardan grafiklere olacak şekilde genişler. Cebirsel ifadelere yönelik çalışmalar; 6. sınıfta bilinmeyen niceliklere ilişkin muhakeme olarak başlar 7. sınıfta cebirsel ifadelerle işlemler ve denklem çözme olarak devam eder. Algoritma yapılandırması 5. sınıfta temel aritmetik işlemlerle başlar, cebirsel ifadeleri algoritma ile yorumlamayla devam eder, 7. sınıfta ise 5 ve 6. sınıf algoritma çalışmaları bir arada bulunur. 8.

			sınıfta ise doğrusal fonksiyonlara ilişkin problem çözümleri algoritma kullanılarak yapılandırılır.
YATAY BOYUT	Bütünleşiklik	"Günlük hayat durumlarında veya şekil örüntülerindeki ilişkileri örüntüye dönüştürerek kuralı bulmaya yönelik çalışmalara da yer verilir." "Ekleme ve çıkarma durumlarında eşitliğin korunduğunu göstermek için terazi veya benzeri denge modellerine yer verilir." "Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklemi tanır ve verilen gerçek hayat durumlarına uygun birinci dereceden bir bilinmeyenli denklem kurar." "Koordinat sistemi üzerinde yer belirlemeyle gerçek hayat durumlarını ilişkilendirmeye yönelik çalışmalara yer verilir." "Gerektiğinde uygun bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılır." "Birinci dereceden bir bilinmeyenli eşitsizlik içeren günlük hayat durumlarına uygun matematik cümleleri yazar. Örneğin "Anaokuluna en az 3 yaşında olan çocuklar kabul ediliyor" ifadesinde çocukların yaşı x ile temsil edildiğinde, eşitsizlik $x \geq 3$ olarak belirtilebilir."	"Karşılaştığı günlük hayat ya da matematiksel durumlarda işlem önceliğini yorumlayabilme." "Cebirsel ifadelerin matematiğin farklı alanlarında ve gerçek yaşam durumlarında kullanımına yönelik katkısını ifade eder." "Gerçek yaşam durumları ya da matematiksel durumlar üzerinden cebirsel ifadelerle toplama, çıkarma ve bir rasyonel sayıyla çarpma işlemlerini yorumlayabilme. a) Gerçek yaşam durumlarına ya da matematiksel durumlara karşılık gelen cebirsel ifadelerle işlemleri inceler." "Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklem ve birinci dereceden bir bilinmeyenli eşitsizlik içeren gerçek yaşam problemlerini çözebilme." "Gerçek yaşam durumları üzerinden dik koordinat sistemini çözümleyebilme" "Gerçek yaşam durumlarındaki doğrusal ilişkileri doğrusal fonksiyonlarla temsil edebilme. b) Gerçek yaşam durumlarındaki doğrusal ilişkileri incelemek için doğrusal fonksiyonların temsillerinden uygun olanını belirler."

Tyler içerik boyutunda üç temel ölçüt dikkate alınır: "Süreklilik, sıralılık, bütünleşiklik" (Tyler, 1949). Süreklilik ve sıralılık organizasyonları düşey boyut, bütünleşiklik ise yatay boyut kategorisindedir. Bir dersi farklı sınıf kademelerinde incelersek dikey organizasyonu, aynı sınıf düzeyinde farklı alanları incelersek yatay organizasyonu ele almış oluruz. Süreklilik eğitim programına ait bileşenlerin dikey boyutta geliştirilmesine karşılık gelir. Sıralılık, süreklilikle ilişkili olarak bir önceki öğrenmelerin derin ve daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasıdır. Bütünleşiklik ise öğrenme yaşantıları arasındaki yatay ilişkidir. Disiplinler arası ilişki ve günlük hayat bağlamlarına karşılık gelir. Tablo 6 incelendiğinde süreklilik ölçütü çerçevesinde her iki programda benzer konular dikkat çekmektedir lakin bu konular çoğunlukla farklı sınıf kademelerinde de yer almaktadır. Örneğin 5. sınıf kademesinde açıkça cebir öğrenme alanına yönelik kazanım bulunmazken 2024 programında öğrenme çıktıları açık ve nettir. 2018 programında dikey boyutta konular kapsam olarak değişirken 2024 programında beceri temelli değişimler görülmektedir. Özellikle 5. sınıf düzeyinde muhakeme ile başlayan örüntü çalışmalarının, 6.sınıfta yorumlama düzeyi 7. sınıfta 'varsayım ve sınama' düzeyine, 8. sınıfta ise doğrusal fonksiyonlar arası ilişkilerin incelenmesine dönüşmesi; Tyler içerik boyutu sıralılık ilkesinde belirtilen derinlik ve genişlik ilkeleriyle örtüşmektedir. Ayrıca algoritma

yapılandırmasının temel aritmetik işlemlerle başlayıp doğrusal fonksiyonlarla son bulması dikey boyuttaki tutarlılığa bir örnektir.

2018 ve 2024 Matematik Öğretim Programlarının Tyler Öğrenme Kanıtları (Ölçme ve Değerlendirme) Boyutuna Göre Karşılaştırılması

Tablo 7: *2018-2024 Programları Cebir Konusunun Tyler Ölçme Değerlendirme Boyutuna Göre Karşılaştırılması*

Karşılaştırma Ölçütü	2018 Matematik Öğretim Programı	2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı
Temel Felsefe	Ölçme ve değerlendirmede tek tip ve standart ölçmeler insan doğasına aykırıdır anlayışıyla, ölçme sürecinin özgünlüğü ve çeşitliliği öğretmenin yaratıcılığına bırakılmıştır.	Bireysel farklar kabul edilmekle birlikte; değerlendirme sürecinin farklı aşamalarında kullanılacak olan testler program tarafından belirlenmiştir.
Kapsam ve Boyut	Ölçme ve değerlendirme çalışmaları öğretim programının tüm çıktıları ile azami uyum sağlamalıdır. Programdaki genel ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarından edinilen çıkarımlarla bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerin ölçülmesi hedeflenir; ancak bu hedefler kazanımlar açıkça ifade edilmediğinden örtük kalabilir.	Bilgi, beceri ve değerlerin bir arada ele alındığı; ön bilgi, süreç bilgisi ve kazanım bilgilerinin kontrolünün sağlandığı ölçme ve değerlendirme süreci gerçekleşir.
Değerlendirme Zamanı	Eğitimde ölçme ve değerlendirme uygulamaları eğitimin ayrılmaz bir parçasıdır ve yalnızca eğitimin sonunda değil eğitim süreci boyunca yapılması gerektiği vurgulanır.	Ön bilgilerin değerlendirilmesi (hazırbulunuşluk), biçimlendirici (formatif) değerlendirme (süreç içi) ve düzey belirleyici (sonuç) aşamaları net çizgilerle ayrılmıştır.
Öğrenci Rolü	Ölçme ve değerlendirme uygulamalarının öğretmen ve öğrencinin aktif katılımıyla gerçekleştiği belirtilmiştir.	Öz değerlendirme ve akran değerlendirmelerin, her temanın sonunda yer alan öğrenme kanıtları ile sürecin bir parçası olduğu görülmektedir.
Ölçme Araçları	Program, ölçme araç ve yöntemleri açısından uygulayıcılara keskin çizgiler oluşturmaz, yol gösterip rehber olur. Öğrenci gelişimi yalnızca bir yöntemle veya teknikle ölçülüp değerlendirilemez.	Portfolyo, gözlem formları, dereceli puanlama anahtarları (rubrik), gözlem formları, öz ve akran değerlendirmeler ve yansıtma formları her tema ve öğrenme çıktıları için özel olarak önerilmiştir.

2018 programında cebir öğrenme alanına özel ölçme ve değerlendirme açıklamaları bulunmamaktadır. 2018'de programa ilişkin ölçme ve değerlendirmelerle ilgili bilgiler, programın genel ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarında yer alırken 2024 programında her temaya özel uygun ölçme ve değerlendirme bilgileri verilmiştir. Her iki programda ölçmeler süreç boyunca gerçekleştirilir. 2018 programında ölçme araçları ile ilgili kesin sınırlar çizilmeyip, uygulayıcının esnekliğine ve insiyatifine bırakılmıştır. 2024 programında da kesin sınırlar olamamasına karşın tema ve öğrenme çıktıları için uygun ölçme ve değerlendirme araçları ile ilgili ek bilgiler yer almaktadır. Her iki programda da ölçme ve değerlendirme sürecine öğretmen ve öğrencinin dahil olması gerektiği belirtilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Tyler'ın Program Geliştirme çerçevesi temel alınarak 2018 Matematik Öğretim Programı ile 2024 TYMM Matematik Dersi Öğretim Programı ortaokul cebir alanı kapsamında karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda da araştırma programların nitelikli şekilde karşılaştırmayı gerekli kılmaktadır. Ornstein ve Hunkins (1993), müfredat yaklaşımının öğretmen ve

öğrencinin rolünü, müfredatın hedefini ve incelenmesi gereken kritik konular hakkındaki bakış açılarını kapsadığını belirtmişlerdir. Tyler (1949) ise program geliştirme yaklaşımlarında eğitimsel amaçlar, bu amaçlar için oluşturulacak öğrenme yaşantıları, bu yaşantılara uygun içerik düzenlemesi ve hedefe ulaşılıp ulaşılmadığının tespiti ile ilgili sorulara cevap aranması gerektiğini belirtmiştir. Bu doğrultuda karşılaştırma sürecinde programlar; hedefler, öğrenme yaşantıları, içerik organizasyonu ve ölçme-değerlendirme boyutları açısından bütüncül bir analize tabi tutulmuştur. Araştırmanın ilk sorusu olan eğitimsel amaçlar kapsamında yapılan karşılaştırma sonucunda; 2018 programı ağırlıklı olarak işlem adımları ve rutin problemlerle işlemsel akıcılık mimarisi amaçlanırken; 2024 programında cebirsel süreçler süreç bileşenleri üzerinden yapılandırılarak muhakeme, temsil, temsiller arası geçiş, varsayım ve ispat odaklı beceri modeli temel alınmıştır. Ayrıca 2024 programında algoritmik düşünme ve yapılandırma amaçlanırken 2018 programında bununla ilgili açıkça bir hedef belirtilmemiştir. Araştırmada cevap aranan ikinci sorusu ise hangi öğrenme yaşantılarının oluşması gerektiği ile ilgilidir. Tyler Eğitim Programı'na göre öğrenme yaşantıları yalnızca öğretmenin ders içinde anlattıklarından ibaret olmayıp öğrencinin çevresiyle karşılıklı etkileşim içinde bulunmasının bir ürünüdür (Tyler, 1949). Bu doğrultuda öğretmen ve öğrencilerin belirli rolleri bulunmaktadır. Her iki programda da öğrenciler çözüm üretici ve uygulayıcı rolleri bulunmaktadır. Bu roller kapsamında 2018 programında öğrenciler hesaplamalar ve işlemler yapıp günlük rutin problemleri çözerken 2024 programında aynı görevler varsayım ve muhakeme becerileri ile bütünleşmiştir. Bu bağlamda 2024 programının daha ileri düzey zihinsel becerileri merkeze aldığı görülmektedir. Benzer şekilde işbirlikli öğrenme çalışmalarında 2024 programında öğrencilere ait rollerin daha belirgin ve dinamik olduğu görülmektedir. Bu rollerin sınıf içindeki sağlayıcısı ve yürütücüsü öğretmenlerdir. 2024 programında öğretmenler, sınıf içi tartışma ortamları yaratarak öğrencilerin fikir ve varsayımlarını paylaşmalarına rehberlik eder. Böylelikle öğrenciler, öz ve akran değerlendirmelerle sürece dahil olarak ölçme ortamlarının bir paydaşı haline gelirler. Bu durum 2018 programında da görülmektedir. Nitekim her iki programda da öğrencilerin ölçme ve değerlendirmeye katılmaları gerektiği belirtilmiştir. 2018 ve 2024 programlarında ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarında öğretmene esneklik tanınarak tek bir yöntem, teknik veya araç sunulmaz. Lakin bu hususta 2024 programı 2018'den belirgin şekilde farklılık göstermektedir. 2024 programında her tema ve konu için rehber niteliğinde somut ölçme yöntem ve araçları tavsiye edilerek konu, etkinlik, sınıf içi tartışma ortamları ve öğrenme ortamları için gözlem formu, açık uçlu sorular, performans görevleri, izleme testleri, çalışma kağıtları verilebileceği belirtilmiştir. 2018'de ise herhangi bir ayrıntıya rastlanamamıştır. Bu durum ölçme değerlendirme boyutlarının 2018 programında daha yüzeysel 2024 programında ise daha sistematik ve ayrıntılı ele alındığını göstermektedir. Ulaşılan bu bulgular da dördüncü araştırma sorusu olan **"**Hedeflere nasıl ulaşılacak?" sorusuna cevap olmaktadır. Programları birbirinden ayıran bir diğer özgün bulgu ise öğretmenin değer aktarıcısı görevidir. 2018 programında değerler aktarımı örtük ve dolaylı kalırken; 2024 programında öğretmenler TYMM modeli tarafından belirlenen çalışkanlık, duyarlılık, merhamet, sorumluluk, özgürlük, sağlıklı yaşam, tasarruf, yardımseverlik değerlerinin aktarıcısıdır. Bir diğer araştırma sorusu olan "İçerik organizasyonu nasıl sağlanır ?" kapsamında iki program sıralılık, süreklilik ve bütünleşiklik ölçütleri ile karşılaştırılmıştır. Her iki programda da bu üç boyut açıkça görülmektedir. Lakin en belirgin fark 2024 programına ait algoritmik yapılandırma sürecidir. Sıralılık boyutunda görülen genişleyen ve derinleşen konu kapsamı 2018 programında kazanım temelli iken 2024 programında kazanım ve beceri temelli olduğu görülmektedir. Buna ek olarak her iki programda disiplinler arası ilişkiye rastlanmaktadır.

Araştırmanın bulguları genel olarak incelendiğinde 2024 programının öğrenci merkezli olduğu, çağdaş becerilere odaklandığı, işbirlikli çalışma ortamlarını oluşturmayı hedeflediği, bilişsel süreçlerle birlikte değerler aktarımında da kritik rollerinin de bulunduğu görülmektedir. Alanyazında yer alan diğer çalışmalar bunu destekler niteliktedir. Er ve Özyurt (2025), 2018 ve 2024 matematik programlarını karşılaştırmalı olarak analiz ettiği bir çalışmada 2024 Maarif Modeli öğretim programının 2018 programına kıyasla daha öğrenci merkezli, dijital okuryazarlık ve sürdürülebilirlik gibi çağdaş becerilere odaklandığını belirtmiştir. Açıkyıldız ve Şahin (2025), 2018 ve 2024 programlarını istatistik alanında karşılaştırdıkları bir çalışmada 2024 programının daha muhakeme ve bağlam temelli olduğunu, öğrencilerin günlük yaşam problemleri ile ilişkilendirme kapasitesini artırma potansiyelini taşıdığı ve eleştirel düşünüp karar verme becerilerine katkı sağladığını belirtmişlerdir. Şahin (2025), 2015, 2018, 2024 yılı ilkokul matematik öğretim programlarının karşılaştırdığı bir çalışmada 2024 programının dijital okuryazarlık, sosyal-duygusal gelişim ve disiplinler arası etkileşimi esas alarak yaşamla bütünleşik olduğunu belirtmiştir. Literatürü incelediğimizde matematik öğretim programlarının karşılaştırıldığı pek çok çalışma bulunsa da Tyler'ın program geliştirmesi çerçevesinde cebir öğrenme alanına yönelik hedef, içerik, öğrenme yaşantıları ve ölçme değerlendirme boyutlarında yapılan karşılaştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak araştırma sürecinde yapılan karşılaştırmalı analizlerle bu açığın kapanması ve literatüre katkı sunması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Açıkyıldız, G. ve Şahin, KN (2025). Ortaokul Matematik Dersi Öğretim Programlarının İstatistik Öğrenim Alanı Açısından Karşılaştırılması. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi* , *16* (1), 1940-1967.

Aron-Salvacion, J. (2023). Book review: Ralph Tyler's "basic principles of curriculum and instruction". CLAC Graduates Studies, 1-3.

Arslan, M. (1999). *Cumhuriyet dönemi ilköğretim programları ve belli başlı özellikleri*. **Milli Eğitim Dergisi, 144**. http://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli_Egitim_Dergisi/144/arslan.htm

Aşiret, S., & Özenir, Ö. S. (2025). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli 2024 Öğretim Programlarında Ölçme ve Değerlendirme Yaklaşımının Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *26*(3), 895-931.

Baş, M. (2017). 2009 ve 2015 İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programları ile 2017 İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programı Karşılaştırması. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1219-1258. https://izlik.org/JA46LG36GP

Baş, M. & Ünal, N. S. (2024) 2018 yılı ilkokul matematik dersi öğretim programı ile 2024 yılı ilkokul matematik dersi taslak öğretim programının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, *Akademik Eğitim ve Sosyal Bilimler Dergisi* (AESD), 1,(1), 1-23. Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.14917322

Behriz, A. (2025). Türkiye yüzyılı maarif modeli üzerine öğretmen görüşlerinin incelenmesi.

Benjamin S. Bloom . İnsan Nitelikleri ve Okulda Öğrenme . Pegem Akademi Yayıncılık . 9786053642534

Berk, Ş. & Özer, B. (2024). "Türkiye Yüzyılı" Maarif Modeli (TYMM) Öğretim Programlarına İlişkin Düşünceler. Journal of History School, 73, 3241-3256.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York: Longman.

Çepni, S. (2021). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (9. Baskı). Yazarın kendi yayını

Deveci, İ. (2018). Türkiye'de 2013 ve 2018 Yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programlarının Temel Öğeler Açısından Karşılaştırılması. Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi , 14 (2), 799- 825. https://doi.org/10.17860/mersinefd.342260

Deveci, Ö. & Aykaç, N. (2020). Türkiye Cumhuriyeti'nde uygulanan ilkokul matematik dersi öğretim programlarının incelenmesi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20(3), 1512-1532.

Er, FT ve Özyurt, M. (2025). 2018 ve 2024 Ortaokul Matematik Öğretim Programlarının Karşılaştırmalı Analizi. *Kapadokya Eğitim Dergisi* , *6* (2), 237-261. https://doi.org/10.69643/kaped.1780866

Ergün, M., Özmantar, M. F., Bay, E. ve Agaç, G. (2015). Cumhuriyetin ilanından günümüze eğitimde, program geliştirmede ve matematik programlarında yaşanan değişim ve gelişimler. İçinde: M. F. Özmantar, A. Öztürk ve E, Bay (Eds.), Reform ve değişim bağlamında ilkokul matematik öğretim programları (p. 407-424). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık

Forster, N. (1994). The analysis of company documentation. In C. Cassell & G. Symon (Eds.), Qualitative methods in organizational research: A practical guide (pp. 147-166). SAGE Publications

Gökbulut, Y., & Aslan, O. (2017). 2009 VE 2015 İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 18(3), 908-930. https://izlik.org/JA25XE29MG

Gözütok, F. D. (2003). *Türkiye'de program geliştirme çalışmaları*. *Millî Eğitim Dergisi*, (160). https://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/milli_egitim_dergisi/160/gozutok.htm

International Mathematical Union. (t.y.). Research on mathematics curriculum development. https://www.mathunion.org/icmi/projects/icme-11-topic-study-group-reports/research- mathematics-curriculum-development

İncesöz, E. (2019). *2009-2017 ilkokul matematik öğretim programlarının karşılaştırılması ve öğretmen görüşleri* (Order No. 28678603). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2579336986). Retrieved from https://www.proquest.com/dissertations- theses/2009-2017-ilkokul-matematik-öğretim/docview/2579336986/se-2

Karaca, H., & Yalçınkaya, İ. (2018). ORTAOKUL CEBİR ÖĞRENME ALANI TUTUM ÖLÇEĞİ (CTÖ). Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi, 14, 1-18. https://izlik.org/JA67BC29PC

Karasar, N. (2013). Bilimsel araştırma yöntemi (25. Baskı). Ankara: Nobel Akademi.

Kranthi, K. (2017). *Curriculum development*. IOSR Journal of Humanities and Social Science, 22(2), 1–5. https://doi.org/10.9790/0837-2202030105

Kuzu, O., Toptaş, V., & Göçer, V. (2025). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Perspektifinde 2018 ve 2024 İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programlarının Karşılaştırılması. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 26(1), 114-140. https://doi.org/10.29299/kefad.1545275

MEB (2025). Öğretim programları. https://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx

Merriam, S. B. (2009). Qualitative research: A guide to design and implementation. Jossey-Bass.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Matematik dersi öğretim programı* (İlkokul ve Ortaokul 1–8. Sınıflar). MEB. https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201813017165445-MATEMAT%C4%B0K%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI%202018v.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025). *6. sınıf matematik ders kitabı (2. kitap)*. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları. https://tymm.meb.gov.tr/upload/kitap/matematik_6_2.pdf

Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı. (1968). İlkokul matematik programı. MEB

OECD (2024), An Evolution of Mathematics Curriculum: Where It Was, Where It Stands and Where It Is Going, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/0ffd89d0-en.

Ornstein, A. C., & Hunkins, F. P. (1993). Curriculum: Foundations, principles and issues. Allyn and Bacon

Özmantar, M. F., & Öztürk, A. (2017). Cumhuriyet Dönemi İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programlarında Problem Çözme Becerisi. *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, *4*(7), 120-146. https://doi.org/10.20860/ijoses.318228

Ryan, K., Johnston, J., Newman, K. & Tyler, R. (1977). An interview with Ralph Tyler. The Phi Delta Kappan, 58(7), 544-547

Sezgin Memnun, D. (2013). *Türkiye'deki Cumhuriyet Dönemi ilköğretim matematik programlarına genel bir bakış*. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 71–91. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/181356

Şahin, M. "2015, 2018 ve 2024 İlkokul Matematik Öğretim Programlarının Karşılaştırmalı Analizi - Comparative Analysis of 2015, 2018, and 2024 Primary School Mathematics Curricula" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Ondokuz Mayıs University Journal of Faculty of Education, 44(1), June 2025: 71-144.

T.C. Kültür Bakanlığı. (1948). İlkokul programı. Milli Eğitim Basımevi

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Öğrenme çıktıları çerçevesi* (Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli). Erişim adresi: https://tymm.meb.gov.tr/ogrenme-ciktilari-cercevesi

Tyler, W. Ralph. Basic Principles of Curriculum and Instruction. The University of Chicag o Press, 1993.

Tyler, R. W. (1949). Basic Principles of Curriculum and Instruction. Chicago and London: The University of Chicago Press.

Tyler, R. W. & Hiatt, D. B. (1994). An interview with Ralph Tyler: no limit to the possibilities. The Phi Delta Kappan, 75(10), 786-789

Wach, E., & Ward, R. (2013). Learning about Qualitative Document Analysis (Version 1). The Institute of Development Studies and Partner Organisations. https://hdl.handle.net/20.500.12413/2989

YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi (YYU Journal Of EducationFaculty),2017; 14(1):1219-1258,http://efdergi.yyu.edu.tr http://dx.doi.org/10.23891/efdyyu.2017.44

.

SOSYAL KARŞILAŞTIRMA DUYGUSAL YEME VE ÖZ ELEŞTİREL RUMİNASYON ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ

Melisa Başduvar
İstanbul Arel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Psikoloji Programı
ORCID: 0009-0002-2302-9941
Dr. Öğr. Üyesi Nilgün ONNAR
İstanbul Arel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü
ORCID: 0000-0003-3861-801X

ÖZET
Sosyal karşılaştırma bireyin kendi tutum, kabiliyet ve genel özelliklerini ölçmek ve anlamak için başkaları ile kıyaslama eğilimidir. Duygusal yeme, kişinin iç veya dış etkenlerden dolayı uyarılmışlık yaşayarak fazla yeme eğilimi göstermesidir. Kişi baş edemediği olumsuz duygu ve düşüncelere karşılık, aşırı yeme eğilimi göstererek kısa süreli bir rahatlama yaşar ve bu sebeple kişi için bir baş etme mekanizmasıdır. Öz eleştirel ruminasyon ise kişinin kendisine karşı agresif, suçlayıcı ve aşırı sorgulayıcı bilişlerinin, geçmiş hayatında yaşadığı olumsuz deneyimlerine, başarısızlıklarına ve pişmanlık yaşadığı durumları baz alarak, sürekli tekrarlayan ve bitmeyen düşünceler döngüsüdür. Yapılan literatür taramaları, sosyal karşılaştırma, duygusal yeme ve öz eleştirel ruminasyon arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu araştırmanın amacı 18-35 yaş aralığında olan bireylerde sosyal karşılaştırma, duygusal yeme ve öz eleştirel ruminasyon tutumları arasındaki ilişkileri incelemektir. Çalışmaya kolayda örneklem yöntemiyle 18-35 yaş aralığında bulunan 389 kişi katılmıştır. Elde edilen veriler online platformlarda, Bilgilendirilmiş Onam Formu, Sosyodemografik Bilgi Formu, Sosyal Karşılaştırma Ölçeği, Duygusal Yeme Ölçeği ve Öz Eleştirel Ruminasyon Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin analizinde IBM SPSS 27 programı kullanılmıştır. Çalışmada yer alan değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için Pearson Korelasyon Katsayısı analizleri yapılarak; Duygusal Yeme ile Öz Eleştirel Ruminasyon arasında pozitif yönde zayıf düzeyde, Duygusal Yeme ile Sosyal Karşılaştırma arasında negatif yönde zayıf düzeyde ve Sosyal Karşılaştırma ile Öz Eleştirel Ruminasyon arasında negatif yönde zayıf düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmüştür. Bu çalışma bireylerde bulunan sosyal karşılaştırma, duygusal yeme ve öz eleştirel ruminasyon eğilimlerinin anlamlı biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir. Çalışma sonuçları bu üç değişkenin yalnızca birer davranış veya düşünce örüntülerinden ibaret olmadığını, birbirlerini etkileyen ve birlikte çalışılması gereken çok boyutlu bir yapı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Karşılaştırma, Duygusal Yeme, Öz Eleştirel Ruminasyon

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SOCIAL COMPARISON EMOTIONAL EATING AND SELF-CRITICAL RUMINATION

ABSTRACT
Social comparison is the tendency to compare oneself with others to assess and understand one’s own attitudes, abilities, and general characteristics. Emotional eating is the tendency to overeat when a person experiences arousal due to internal or external factors. In response to negative emotions and thoughts they cannot cope with, the individual experiences short-term relief by overeating, making it a coping mechanism for them. Self-critical rumination, on the other hand, is a cycle of constantly repeating and endless thoughts based on aggressive,

accusatory, and overly questioning cognitions directed at oneself, rooted in negative experiences, failures, and situations of regret from one's past. Literature reviews indicate a relationship between social comparison, emotional eating, and self-critical rumination. The aim of this study is to examine the relationships between social comparison, emotional eating, and self-critical rumination attitudes among individuals aged 18–35. A convenience sample of 389 individuals aged 18–35 participated in the study. The data were collected via online platforms using the Informed Consent Form, the Sociodemographic Information Form, the Social Comparison Scale, the Emotional Eating Scale, and the Self-Critical Rumination Scale. IBM SPSS 27 software was used to analyze the data obtained from the study. To examine the relationships between the variables included in the study, Pearson correlation coefficient analyses were conducted; A weak positive correlation was observed between Emotional Eating and Self-Critical Rumination, a weak negative correlation between Emotional Eating and Social Comparison, and a weak negative correlation between Social Comparison and Self-Critical Rumination, all of which were statistically significant. This study demonstrates that the tendencies toward social comparison, emotional eating, and self-critical rumination in individuals are significantly interrelated. The study results indicate that these three variables are not merely individual behavioral or thought patterns, but rather a multidimensional structure that influences one another and must be addressed collectively.
Keywords: Social Comparison, Emotional Eating, Self-Critical Rumination

CYNARA CARDUNCULUS YABANİ BİTKİSİNDEN FARKLI ÜRETİM PARAMETRELERİNDE ELDE EDİLEN BİYOCHARLARIN CO_2 TUTMA KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Yunus Emre ŞİMŞEK
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü,
TR 11100 Gülümbe/BİLECİK
ORCID ID: 0000-0001-6722-2052

ÖZET
Fosil yakıtların aşırı kullanımı, endüstriyel süreçlerden salınan yüksek emisyonlar, orman alanlarının kesimi, tarıma açılması ve yapılaşması ile arazi temizlemesi gibi süreçler sonucunda atmosfere salınan CO_2 derişimi hızla artmaktadır. Bu artış ise küresel ısınma, okyanus ve denizlerin asitleşmesi ve ekosistemde geri dönüşü olmayan ciddi sonuçlara neden olmaktadır. Atmosferdeki CO_2'nin tutulması için absorpsiyon, kriyojenik teknikler, membran teknolojisi, biyolojik yöntemler ve adsorpsiyon gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında adsorpsiyon ucuz, yüksek CO_2 seçiciliğine ve kapasiteye sahip olup diğer yöntemlerden bir adım öne çıkmaktadır. Adsorpsiyon sistemlerinde kullanılan killer, zeolitler, metal-organik çerçeveler, fullerenler, grafenler, aktif karbonlar ve biyocharlar adsorban olarak kullanılmaktadır. Tarımsal atıklar ve yan ürünlerden karbonca zengin, farklı fonksiyonel yüzey gruplarına sahip ve yüksek yüzey alanına sahip biyochar eldesi sürdürülebilir bir ekonomiye ciddi katkı sağlamaktadır. Bu tip kaynaklardan üretilen biyocharların CO_2 tutma kapasitesi doğrudan biyochar üretim yöntemine ve bu yöntemde kullanılan üretim parametrelerine bağlıdır. Bu çalışmada, hiçbir ekonomik değeri olmayan yabani bir bitki olan Cynara cardunculus biyochar başlatıcısı olarak kullanılmıştır. Başlatıcı, asit, baz ve tuz gibi kimyasal aktivasyon ajanları ile farklı oranlarda emdirilmiş ve kimyasal olarak aktive edilen ham madde farklı piroliz sıcaklıklarında biyochar elde edilmiştir. Farklı üretim koşullarında elde edilen biyocharların özellikleri Raman spektroskopisi, taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX), Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X-ışını kırınımı (XRD) ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) teknikleri ile ayrıntılı biçimde araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar, 1:2 emdirme oranında o-fosforik asit ile kimyasal olarak aktive edilmiş ham maddenin 400 °C'de piroliziyle elde edilen biyocharın maksimum CO_2 tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.
Anahtar kelimeler: Biyochar, Aktivasyon, CO_2 tutma, Karakterizasyon

AN INVESTIGATION OF THE CO_2 SEQUESTRATION CAPACITIES OF BIOCHARS PRODUCED FROM THE CYNARA CARDUNCULUS WILD PLANT UNDER DIFFERENT PRODUCTION PARAMETERS

ABSTRACT
The concentration of CO2 in the atmosphere is rapidly increasing due to the excessive use of fossil fuels, high emissions from industrial processes, deforestation, conversion of land to agricultural use, construction, and land clearing. This increase is causing global warming, ocean and sea acidification, and irreversible, serious consequences for the ecosystem. Methods such as absorption, cryogenic techniques, membrane technology, biological methods, and adsorption are used to capture CO_2 from the atmosphere. Among these methods, adsorption stands out as inexpensive, with high CO_2 selectivity and capacity, and is a step ahead of other methods. Clays, zeolites, metal-organic frameworks, fullerenes, graphene, activated carbon, and biochars

are used as adsorbents in adsorption systems. The production of biochar—a carbon-rich material derived from agricultural waste and byproducts, which contains various functional surface groups and has a high surface area—contributes significantly to a sustainable economy. The CO_2 sequestration capacity of biochar produced from these sources depends directly on the biochar production method and the parameters used. In this study, Cynara cardunculus, a wild plant with no economic value, was used as a biochar precursor.
Biochar was obtained from raw materials impregnated with chemical activation agents, such as acid, base, and salt, at varying ratios and then chemically activated at different pyrolysis temperatures. The properties of biochars produced under different conditions were investigated in detail using Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM-EDX), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Experimental studies indicate that biochar produced by pyrolyzing chemically activated raw material impregnated with o-phosphoric acid at a 1:2 impregnation ratio at 400 °C had the maximum CO_2 sequestration capacity.
Keywords: Biochar, Activation, CO_2 sequestration, Characterization

IMPACT RESPONSES OF JUTE/BASALT FIBER HYBRID COMPOSITES AT ROOM AND ELEVATED TEMPERATURES

Mehmet İskender ÖZSOY
Sakarya University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Sakarya, Turkey
ORCID: 0000-0001-6777-4818

ABSTRACT
This study investigates the low-velocity impact (LVI) behavior of pure jute and basalt/jute hybrid epoxy composites at room temperature (25°C) and at a high temperature (80°C), approaching the glass transition temperature of the epoxy matrix. Composite laminates were fabricated using the hand lay-up technique and subjected to 30 J impact energy with a hemispherical impactor. Results revealed a significant temperature-dependent transition in damage mechanisms. Hybridization of jute with basalt fibers made a synergistic reinforcement effect by combining the high energy-absorbing capabilities. At room temperature, pure jute composites exhibited brittle fracture characterized by matrix cracks and full penetration. In contrast, at 80°C, matrix softening promoted ductile deformation and reduced crack sharpness. The basalt outer layers acted as protective barriers, delaying crack initiation and suppressing catastrophic penetration, while the jute core contributed to progressive damage development and energy dissipation. The hybrid composite tested at 80°C demonstrated the most balanced performance, combining matrix ductility with basalt fiber reinforcement. The findings highlight the importance of temperature effects near Tg in hybrid natural fiber composites and demonstrate that basalt hybridization is an effective strategy to enhance penetration resistance, damage controllability, and overall impact performance.
Keywords: Low-velocity impact, basalt/jute hybrid composite, elevated temperature effect, damage morphology

INTRODUCTION
Natural fiber reinforced composites are increasingly considered for applications where low-velocity impact (LVI) resistance is required, particularly in automotive interior panels, protective casings, lightweight building components, and semi-structural elements. The primary motivation for their use under mechanical systems from their relatively low density, biodegradability, cost-effectiveness, and reduced environmental impact compared to synthetic fiber composites (Palanisamy at al. 2024; Ahmed et al. 2025; Kamarudin et al. 2022). Unlike brittle high-modulus reinforcements, many natural fibers exhibit fibrillar structures that this fibril property provides gradual damage evolution such as fiber pull-out, and frictional energy dissipation mechanisms under mechanical loadings (Lakshme Gowda DM et al. 2025). This progressive damage behavior can enhance impact tolerance by preventing sudden catastrophic failure. Among natural fibers, jute has emerged as a promising reinforcement material for lightweight structural applications (Habib et al. 2025; Fagone et al. 2017). On the other hand, basalt fiber, which has high mechanical strength, thermal stability, and good chemical resistance, has been widely used (Chen et al. 2024; Musa et al. 2025). For this aim, adding basalt layers into jute composites can improve the load transfer mechanisms at different temperature environments. In addition, temperature effects the impact performance of polymer matrix composites. As the service temperature increases toward the matrix glass transition temperature (Tg), significant changes occur in stiffness, energy absorption capability, and damage evolution mechanisms. So, the matrix softening near Tg can accelerate the crack propagation and decrease the penetration resistance (Khan et al. 2026).

This study aims to a systematic investigation linking temperature conditions approaching the glass transition temperature with damage evolution and impact mechanics in jute/basalt hybrid laminates. In this context, low velocity impact tests were carried out at 30 J impact energy on pure jute and basalt/jute hybrid epoxy laminates at 25°C and 80°C.

MATERIALS AND METHOD

Woven-type jute and basalt fiber fabrics were used as reinforcement materials in the composite laminates. The areal densities of the fabrics were 320 g/m² for the jute and 200 g/m² for the basalt fibers. A two-component thermosetting epoxy system, Sika CR 80, was employed as the matrix material. The resin component was combined with its corresponding curing agent, CH 80-2, in accordance with the manufacturer's recommended mixing ratio (100:30 by weight) to ensure proper cross-linking and optimal mechanical performance. The selected epoxy system provides strong adhesion to fiber reinforcements, sufficient mechanical strength, and reliable curing characteristics, thereby rendering it appropriate for composite laminate manufacturing of fiber-reinforced composite laminates; moreover, glass transition temperature (Tg) of the cured Sika CR 80 and CH 80-2 system is stated approximately 93 °C (Sika 2026). All laminates consisted of eight plies. Two different laminate configurations were produced such as 8J, eight layers of woven jute fiber and 2B4J2B, two outer basalt layers and four inner jute layers. Figure 1 shows the schematics of the laminate configurations. Composite laminates were fabricated using the hand lay-up technique.

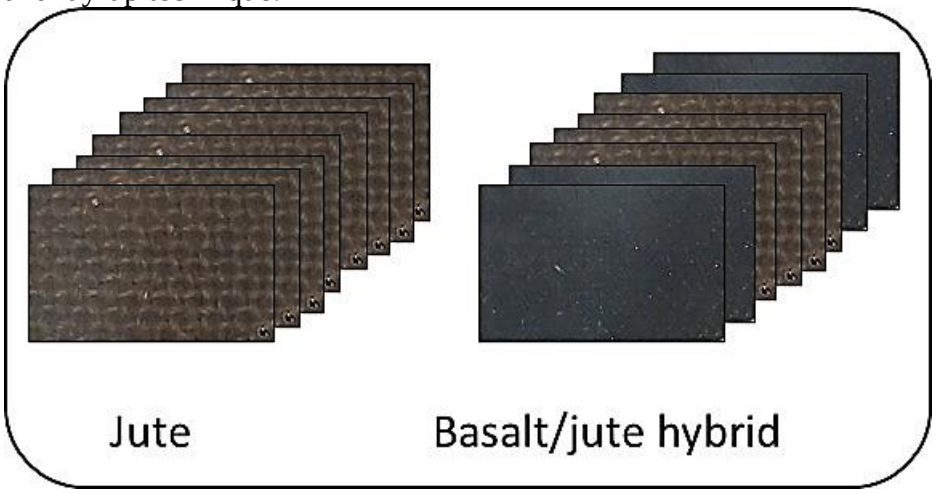


Fig. 1. Schematics of the laminate configurations

Low-velocity impact (LVI) experiments were carried out with a drop-weight impact machine fitted with a hemispherical striker (Instron Ceast 9350). Impact energy was chosen to 30 J for all experiments. Impact tests were carried out at two different temperatures: 25°C (room temperature) and 80°C (high temperature). For high temperature testing, composites were conditioned at 80°C prior to impact to ensure thermal equilibrium.



Fig. 2. Drop-weight impact testing system

RESULTS AND DISCUSSIONS

Force-time responses of jute and jute/basalt hybrid composites under low-speed impact at room temperature is seen in Figure 3. The jute/basalt hybrid composite reached a higher peak force (~7200N) compared to the jute composite (~6300N), indicating improved impact resistance. The initial force rises for both materials was rapid; hybrid composite exhibited a sharper and higher peak, reflecting the contribution of basalt fibers to load-bearing capacity. After reaching the peak value, the jute composite showed a rapid force drop, which corresponds to extensive delamination and fiber fracture observed in the rear surface in Figure enhances the impact performance, reduces surface and back-face damage, and improves energy dissipation compared to pure jute laminates.

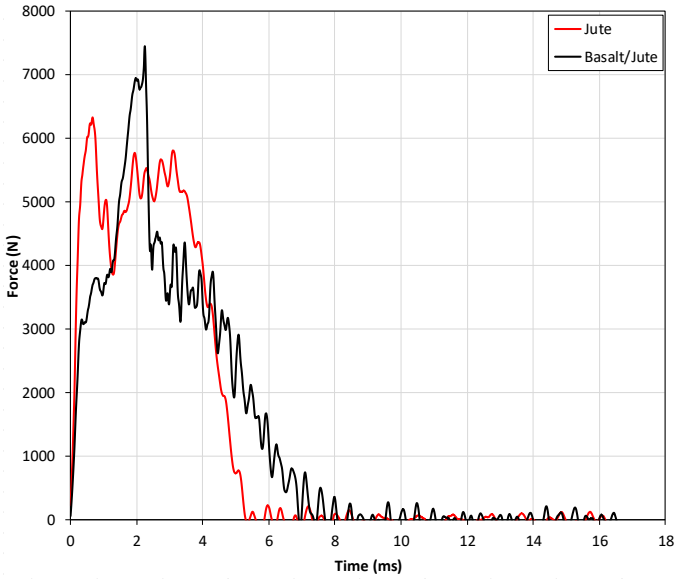


Fig. 3. Force-time curves of the composites at room temperature

Figure 4 shows the force-time curves of the composites at 80°C. It is seen taht the force-time responses exhibit a clear reduction in stiffness and peak load compared to room temperature

conditions. Pure jute composite shows a lower initial slope and decreased maximum force, indicating matrix softening and weakened load transfer efficiency. However, the post-peak response becomes more gradual, suggesting a transition from brittle fracture to progressive and ductile damage mechanisms. The softened matrix promotes plastic deformation and fiber pull-out, extending the contact duration and enhancing energy dissipation as seen in Figure 5. Hybrid (2B4J2B) laminate maintains a relatively higher peak force and a smoother force decay profile despite matrix softening. It is thought that the basalt outer layers act as protective skins, delaying crack initiation and distributing the impact load more effectively across the laminate thickness.

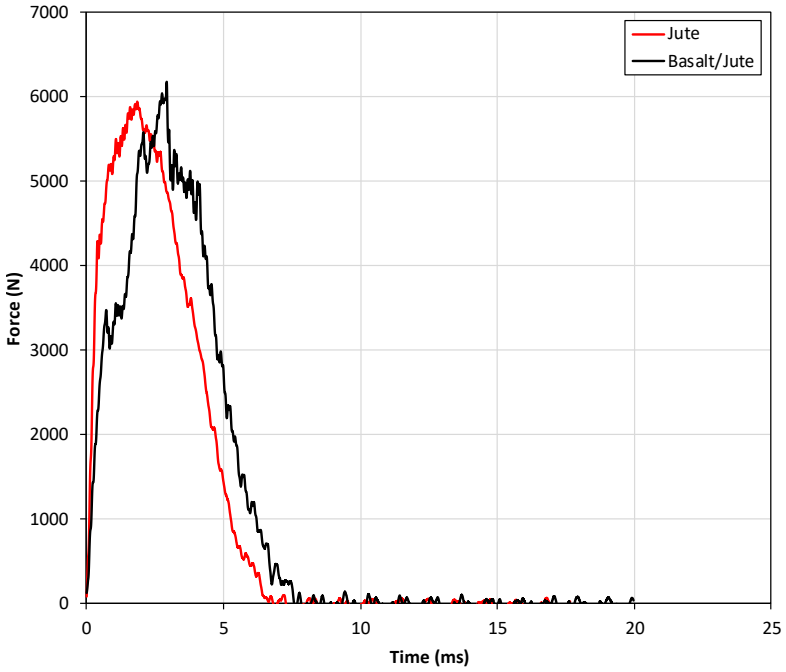


Fig. 4. Force-time curves of the composites at 80°C

Figure 5 shows the damage modes of the composites. Pure jute fiber-reinforced composites tested at room temperature exhibited typical brittle fracture. Damage mode on the back face indicates that the impact energy was not absorbed by the matrix but also led to fiber rupture and deep compression effect. At room temperature, polymer matrix retains its rigid structure, resulting in low energy absorption capacity, and the damage is concentrated at the impact point, causing deep penetration. With the temperature increased to 80 °C, damage characteristics of the jute composites evolved towards ductility. The replacement of sharp crack lines on the back surface with a more circular and flat deformation proves that the matrix softened and dissipated energy through plastic deformation. A critical change in the damage mode at room temperature was observed with adding basalt fibers in the structure. Compared to the pure jute sample, the hybrid structure shows more controlled cracks on the back surface and a wider area of impact effect. It is seen in the literature that high tensile strength of fibers acted as a bridging effect during impact (Khan et al. 2026), so basalt fibers prevented the complete separation of jute fibers. The 2B4J2B hybrid specimen tested at 80 °C exhibited the highest impact resistance and minimum damage morphology, synergistically combined with the superior load-bearing capacity of basalt fibers. Damage in the impact zone remained at the most superficial level, and penetration was minimized. While the softening matrix distributed the energy between the layers, the basalt fibers spread this energy over a wide area, preventing the material from being punctured; this shows that the hybridization strategy offers maximum efficiency at high temperature.

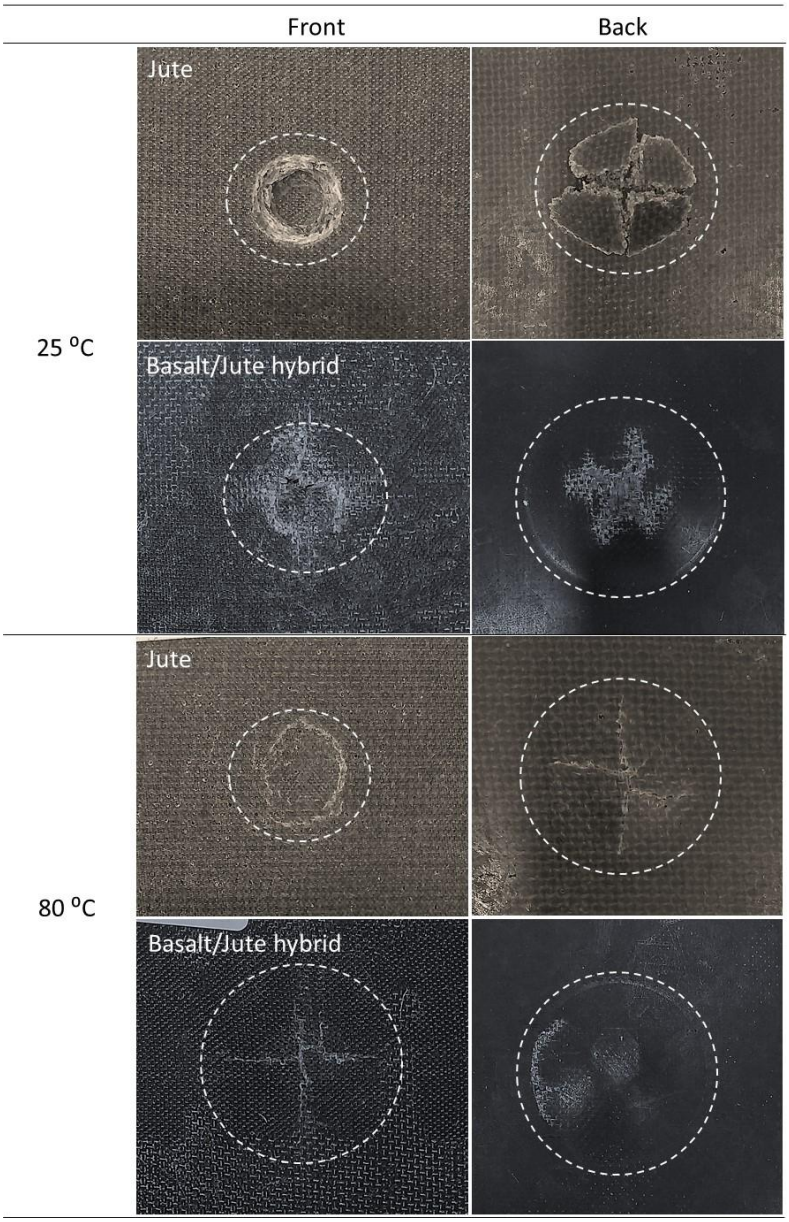


Fig. 5. Damage modes of the composites

CONCLUSIONS

In this study, the low-velocity impact (LVI) behavior of pure jute and basalt/jute hybrid composites was experimentally investigated at room temperature (25 °C) and high temperature (80 °C). Based on the visual and mechanical findings, the following conclusions were drawn:

- Integration of basalt fibers into the structure significantly enhanced the impact resistance and energy absorption capacity compared to pure jute composites. Basalt fibers acted as a reinforcing agent, dissipating the impact load over a wider area, thereby reducing localized penetration and maintaining structural integrity. This demonstrates that the combination of the ductility provided by elevated temperature and the high tensile strength of basalt fibers yields an optimum energy dissipation performance.
- Increasing the temperature altered the viscoelastic properties of the polymer matrix, triggering a transition in the damage mode from brittle fracture to ductile deformation. The sharp, cross-shaped cracks observed at 25 °C were replaced by more circular and spread-out indentation profiles at 80 °C due to matrix softening.

- Results confirm that the temperature conditions approaching Tg substantially modify impact behavior, and basalt hybridization provides an effective strategy for improving the structural reliability of natural fiber composites under elevated temperature service conditions.

REFERENCES

Ahmed, R., Manik, K. H., Nath, A., Shohag, J. R., Mim, J. J., & Hossain, N. (2025). Recent advances in sustainable natural fiber composites: Environmental benefits, applications, and future prospects. Materials Today Sustainability, 32, 101220.

Chen, C., Ding, Y., Wang, X., & Bao, L. (2024). Recent advances to engineer tough basalt fiber reinforced composites: A review. Polymer Composites, 45(14), 12559-12574.

Fagone, M., Loccarini, F., & Ranocchiai, G. (2017). Strength evaluation of jute fabric for the reinforcement of rammed earth structures. Composites Part B: Engineering, 113, 1-13.

Habib, A., Islam, M. A., Hossain, M. T., et al. (2025). Recent developments in the modification and fabrication of jute fibre-reinforced composites for structural applications. Discover Sustainability, 6, 1107.

Kamarudin, S. H., Mohd Basri, M. S., Rayung, M., Abu, F., Ahmad, S., Norizan, M. N., Osman, S., Sarifuddin, N., Desa, M. S. Z. M., & Abdullah, U. H. (2022). A review on natural fiber reinforced polymer composites (NFRPC) for sustainable industrial applications. Polymers, 14, 3698.

Khan, M. M., Ahmad, S., Al-Huri, M., Mukhtar, F., & Al-Osta, M. A. (2026). Mechanical behaviour and impact response of ultra-high-performance concrete incorporating steel and polypropylene fibers. Next Materials, 10, 101436.

Lakshme Gowda, D. M., Bhat, R. S., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2025). Review on fiber composites for sustainable high strain rate applications. iScience, 28(11), 113598.

Musa, A. A., Park, J., Hong, G., Yoon, S. H., Onwualu, A. P., & Kim, M. (2025). Development of high-performance basalt fiber-reinforced polymer composite using a nanocellulose-based surface modification strategy. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 199, 109191.

Palanisamy, S., Murugesan, T. M., Palaniappan, M., Santulli, C., & Ayrilmis, N. (2024). Fostering sustainability: The environmental advantages of natural fiber composite materials – A mini review. ERT, 7(2), 256–269.

Sika. SikaBiresin® CR80: Composite resin system for vacuum infusion process. Sika Industry. Accesed on March 3, 2026, from https://industry.sika.com/en/home/advanced-resins/sports-and-leisure/composite-resin-systems/composite-systemsforvacuuminfusion/sikabiresin-cr80.html

INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE ON THE LOW-SPEED IMPACT BEHAVIOR OF BASALT/EPOXY COMPOSITES

Mehmet İskender ÖZSOY
Sakarya University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Sakarya, Turkey
ORCID: 0000-0001-6777-4818

ABSTRACT
In this study temperature effects on the low-speed impact properties of basalt woven reinforced epoxy composites was experimentally investigated. Composite plates were produced in 12 layers using the hand lay-up method. Samples were subjected to impact energies of 10 J and 20 J at temperatures of 25 °C, 60 °C, and 80 °C. Low-speed impact tests were performed using a falling weight impact device; force-time and force-displacement curves were evaluated. The experimental results showed that the maximum contact force decreased and the maximum displacement increased with increasing temperature. Furthermore, increasing temperature led to an increase in impact duration and damage propagation. In conclusion, it was determined that high-temperature conditions affect the impact resistance of basalt/epoxy composites and that the effect of temperature should be considered in the design stage.
Keywords: Basalt fiber/epoxy composite, thermal effects, impact testing, damage mechanisms

1. INTRODUCTION
Thermal effects encountered to the composite components during service life and affect the mechanical performance of the materials. When the resin approaches or exceeds its glass transition temperature, the integrity of the fiber-matrix interface is compromised due to the deterioration of the resin structure, and stresses occurred due to the thermal expansion coefficients of the fiber and matrix. These effects can cause the fiber-matrix interface to open (Jafari et al. 2019; Pavan et al. 2021; Papanicolaou et al. 2009). Many studies exist in the literature regarding this; Raponi et al. (2021) studied the effect of ambient temperature on the mechanical behavior of linen/epoxy laminates. In this context, they subjected the composites to impact tests at room temperature, -40 and +60 °C. Badawy (2012) studied the impact behavior of glass fiber polyester composites by preparing different fiber arrangements and holding them at temperatures between -10 and +80 °C for 1 and 3 hours. Jafari et al. (2019) investigated the effects of fiber arrangement and composite thickness on the mechanical behavior of different glass fiber/epoxy composites at high temperatures. In this context, they applied tensile tests to the composites at temperatures of 25, 60, 80, 105, 150, 200, 250, 300, 400, and 550 °C. Bazli et al. (2019) investigated the bending and impact behavior of glass fiber epoxy composites after exposing them to different high temperatures. In this context, they examined fiber length, fiber arrangement, laminate thickness, and exposure time to the temperature. They stated that the bending and impact strengths of the composites decreased with increasing temperature and exposure time, and also with decreasing laminate thickness. Liu et al. (2014) investigated the low-speed impact behavior of carbon/epoxy surface layered pyramidal lattice core composite sandwich panels exposed to high temperatures. Tabatabaeian et al. (2019) investigated the changes in mechanical properties of glass fiber composites by applying thermal cycles in the range of 25 and 700 °C. Bazli et al. (2019) investigated the effects of fiber length, fiber orientation angle, and composite thickness on bending and impact tests of glass fiber composites exposed to temperatures between 25 °C and 300 °C. The bending and impact strength of the composites decreased with increasing temperature and time. Mazzuca et al. (2022) investigated the mechanical properties of glass fiber composites exposed to high

temperatures with tensile, compressive, and bending tests for different fiber orientations. Jafari et al. (2019) performed tensile tests of composites with different thicknesses and different glass fiber architectures under high-temperature conditions. Kumar et al. (2015) investigated the impact performance of hemp/basalt epoxy composites at 30 °C, 50 °C, and 65 °C. The impact performance of the composites decreased with increasing temperature values. Lu and Li (2014) studied the tensile and interlayer shear properties of basalt fiber composites at high temperatures. They studied two methods for this. The first method was tested after being held at 40, 80, 120, 120, 160 and 200 °C for 10 minutes. The second method involved holding the composites at 120 and 200 °C for 4 hours, then allowing them to cool in the oven and testing them at room temperature. Papa et al. (2019) studied low-speed impact tests of vinyl ester resin-bonded basalt woven composites at room temperature and -50 °C. The damage area in the composites increases at low temperatures. Ricciardi et al. (2020) studied bending tests and low-speed impact tests of epoxy matrix-bonded basalt fiber composites at -25 °C and -50 °C. Accordingly, the matrix stiffens at low temperatures. Liu et al. (2022) investigated the impact behavior of single-layer and double-layer basalt textiles at -50 °C, 0 °C, 25 °C, and 100 °C.

The aim of this study is to experimentally determine the low-velocity impact behavior of basalt woven fiber-reinforced epoxy composites under high-temperature conditions during service. In this context, force-time and force-displacement trends of the composites were comparatively investigated using drop weight impact tests performed at ambient temperatures of 25 °C (room temperature), 60 °C, and 80 °C, and impact energies of 10 J and 20 J.

2. MATERIALS AND METHOD

Biresin Sika epoxy CR-80 resin and CH 80-2 hardener were used as the matrix material. Basalt woven fibers have an areal density of 200 g/m² (Dost Kimya Company, Turkey) were used. Composite layers were produced in 12 layers using the hand lay-up technique. The composites are approximately 2 mm thick.

In low-speed impact tests, an Instron Ceast 9350 falling weight impact testing machine was used. The impactor used in the tests is made of steel, has a hemispherical geometry, a diameter of 20 mm, and weighs 5.5 kg. Sample dimensions are 100 mm x 100 mm. Impact energy levels are 10 and 20 J.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Force-time curves presented in Figure 1 illustrate the dynamic impact response of basalt/epoxy composites at different temperature levels (25 °C, 60 °C, and 80 °C). A clear reduction in peak force is seen in increasing temperature for both 10 J and 20 J energy levels. Specifically, peak force decreased from 5375 N to 4839 N at 10 J and from 6694 N to 6382 N at 20 J as the temperature increased from 25 °C to 80 °C. This reduction can be primarily due to the softening of the epoxy matrix at elevated temperatures (Huang et al. 2026; Oun et al. 2022). As the testing temperature closes the glass transition temperature (Tg) of the resin system, the elastic modulus of the matrix decreases significantly, leading to reduced laminate stiffness and load-carrying capacity (Sayyed et al. 2025; Gao et al. 2019). Moreover, the contact duration becomes longer at higher temperatures, indicating a more compliant and less rigid structural response. The sharper and narrower peaks obtained at 25 °C suggest a relatively brittle impact behavior, whereas the broader curves at 80 °C indicate a transition toward a more ductile response due to matrix softening.

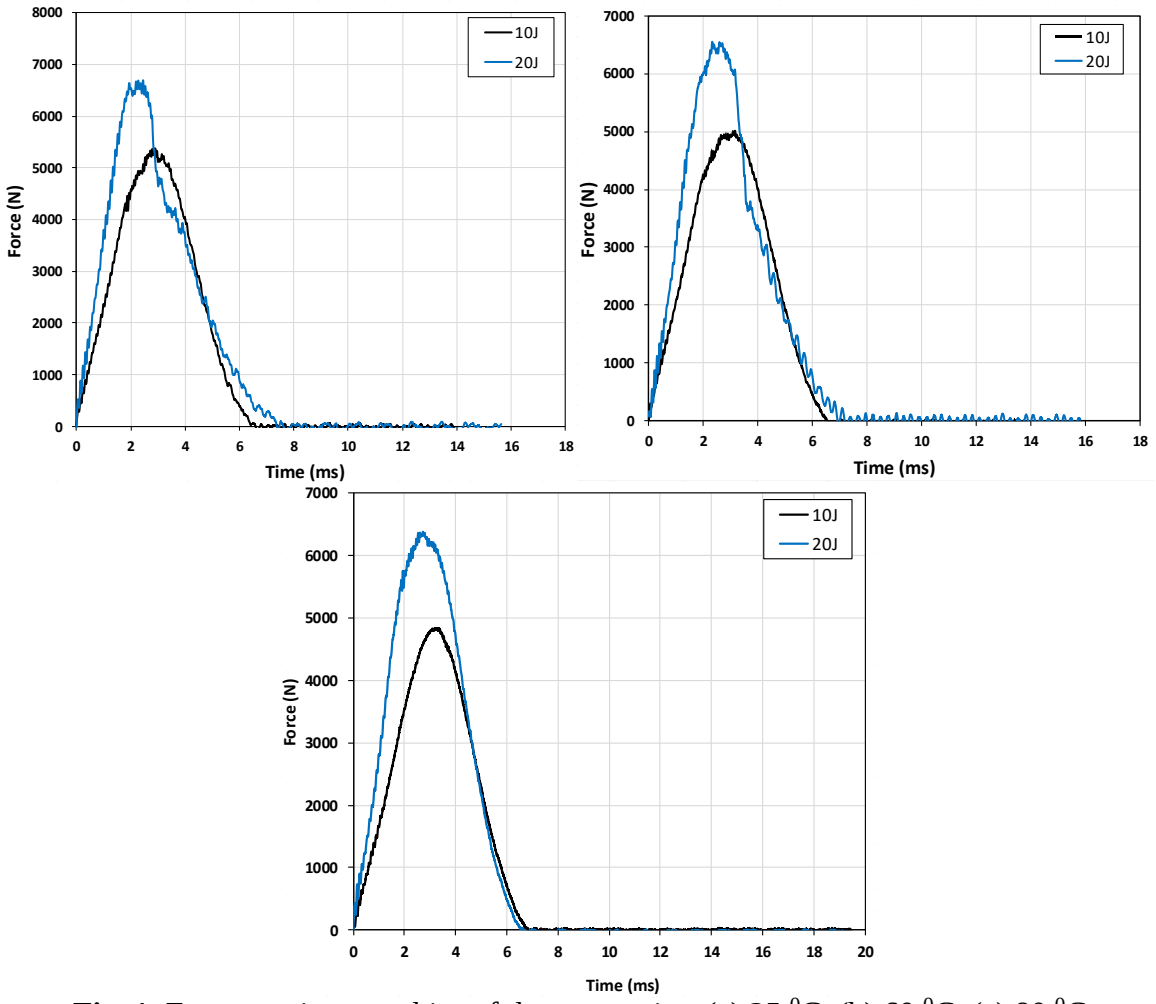


Fig. 1. Force vs. time graphics of the composites (a) 25 ^{0}C, (b) 60 ^{0}C, (c) 80 ^{0}C

The force-displacement curves shown in Figure 2 with further clarify the temperature-dependent impact behavior. With increasing temperature, maximum displacement increases while the peak force decreases, demonstrating a reduction in impact stiffness. At 25 °C, the laminates exhibit higher peak loads combined with lower displacements, indicating a stiffer and more fiber-dominated response. In contrast, at 80 °C, lower peak forces and larger displacements suggest interfacial degradation of fiber and matrix (Wu et al. 2023). Larger deformation observed at elevated temperatures reflects reduced interfacial bonding strength between fiber and matrix, which facilitates damage growth under impact loading (Sorrentino et al. 2017).

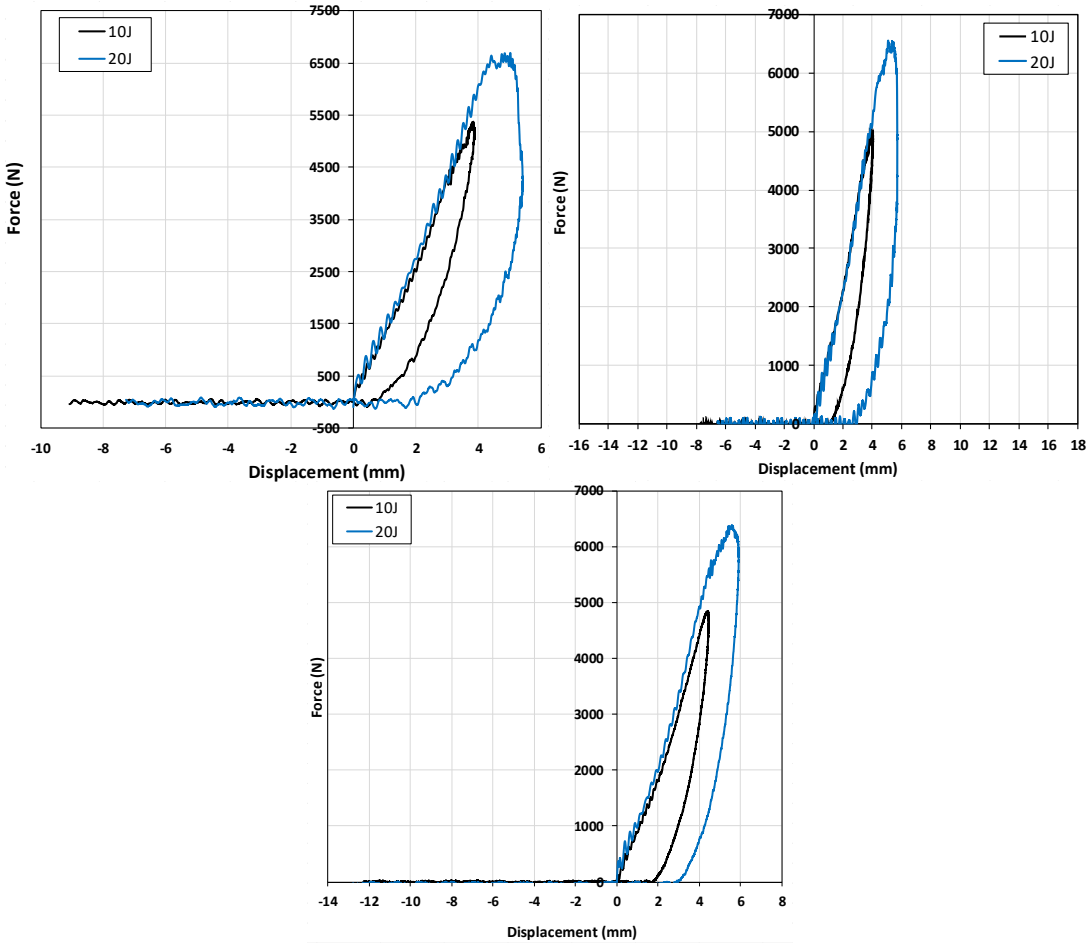


Fig. 2. Force vs. displacement graphics of the composites (a) 25 ^{0}C, (b) 60 ^{0}C, (c) 80 ^{0}C

These findings are consistent with literature. For instance, Lopresto et al. (2024) stated that a decreasing maximum force and impact resistance with increasing temperature in basalt-based laminates. Similarly, the study which Liu et al. (2022) studied that the elevated temperatures reduce peak load and stiffness while increasing displacement and damage area. The present results align well with these studies, confirming that temperature elevation leads to matrix softening, reduced laminate rigidity, and more extensive damage development.

Table 1. Peak forces of the composites

	10J	**20J**
25 ^{0}C	5375 (N)	6694 (N)
60 ^{0}C	5013 (N)	6522 (N)
80 ^{0}C	4839 (N)	6382 (N)

Overall, the combined evaluation of force-time and force-displacement responses indicates that increasing temperature adversely affects the impact performance of basalt/epoxy composites. The reduction in peak force and stiffness, together with increased displacement and damage propagation, suggests that elevated temperature environments may significantly compromise the structural integrity of such composites in practical engineering applications, particularly in aerospace and high-temperature service conditions.

Figure 3 shows the damage mechanisms of the impact front surfaces. Damage occurring at 25 °C with a 10 J impact energy is seen at the impact center with matrix cracks due to the higher rigidity of the matrix at room temperature and the more localized load transfer (Yang et al. 2015; Erickson et al. 2005). As the temperature rises to 60 °C, crack propagation increases with the softening of the matrix, more pronounced openings in the fiber directions. At 80 °C, the damage spreads over a wider area because of fiber-matrix interface weakening, and matrix crushing becomes more pronounced. At a 20 J impact energy, the same temperature trend is maintained, but the severity of the damage increases significantly. While more intense denting and pronounced crushing are observed at 25 °C, at 60 °C and especially 80 °C, the crushing marks expand, and matrix-dominant deformation mechanisms become more prominent because of temperature effect. These findings are consistent with the curves showing a decrease in peak forces and an increase in maximum displacement with increasing temperature in Figure 2, and can be attributed to a decrease in elastic modulus and interfacial bond strength as the epoxy approaches to glass transition temperature.

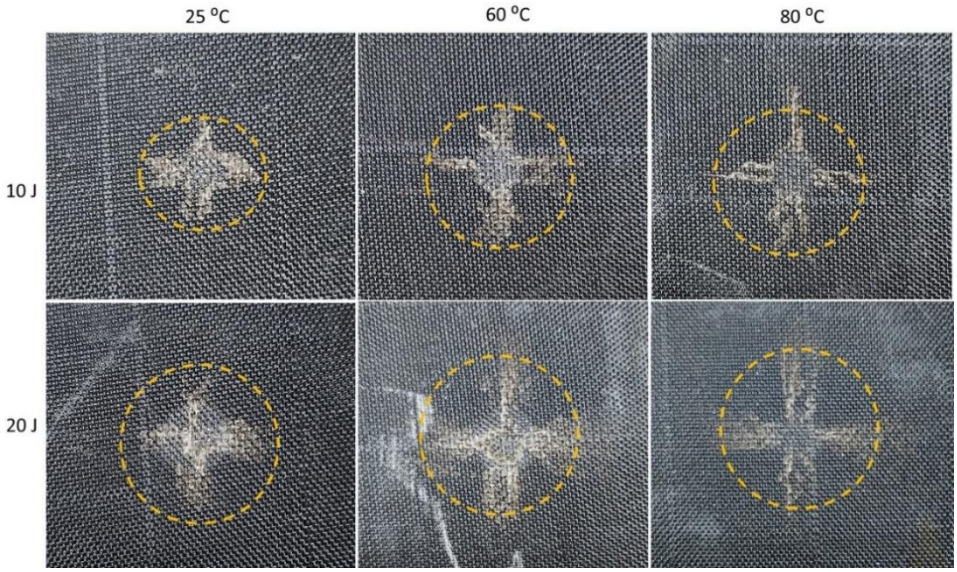


Fig. 3. Damage mechanisms of the impact front surfaces

CONCLUSIONS

This study experimentally investigated the influence of elevated temperature on the low-speed impact behavior of basalt/epoxy composite laminates at 25 °C, 60 °C, and 80 °C under 10 J and 30 J impact energy levels. The results clearly demonstrated that increasing temperature significantly reduces the peak impact force and overall laminate stiffness. This reduction is primarily attributed to the softening of the resin as the temperature approaches to glass transition temperature (Tg), resulting in a decrease in elastic modulus and load-carrying capacity. Furthermore, force-displacement responses revealed that increased maximum displacement at elevated temperatures, indicating reduced impact stiffness and a transition from a relatively brittle response at room temperature to a more ductile and compliant behavior at higher temperatures.

REFERENCES

Badawy, A. A. M. (2012). Impact behavior of glass fibers reinforced composite laminates at different temperatures. Ain Shams Engineering Journal, 3, 105–111.

Bazli, M., Ashrafi, H., Jafari, A., Zhao, X.-L., Gholipour, H., & Vatani Oskouei, A. (2019). Effect of thickness and reinforcement configuration on flexural and impact behaviour of GFRP laminates after exposure to elevated temperatures. Composites Part B: Engineering, 157, 76–99.

Erickson, M. D., Kallmeyer, A. R., & Kellogg, K. G. (2005). Effect of temperature on the low-velocity impact behavior of composite sandwich panels. Journal of Sandwich Structures & Materials, 7(3), 245–264.
Gao, J., Chen, W., Yu, B., Fan, P., Zhao, B., Hu, J., Zhang, D., Fang, G., & Peng, F. (2019). Effect of temperature on the mechanical behaviours of a single ply weave-reinforced shape memory polymer composite. Composites Part B: Engineering, 159, 336–345.
Huang, G., Lu, Q., Li, Q., Zhou, C., & Gu, C. (2026). Research on thermal degradation and tensile properties of carbon fiber reinforced epoxy resin composites at elevated temperatures. Journal of Materials Research and Technology, 41, 2678–2690.
Jafari, A., Ashrafi, H., Bazli, M., & Ozbakkaloglu, T. (2019). Effect of thermal cycles on mechanical response of pultruded glass fiber reinforced polymer profiles of different geometries. Composite Structures, 223, 1–25.
Jafari, A., Bazli, M., Ashrafi, H., Vatani Oskouei, A., Azhari, S., Zhao, X.-L., & Gholipour, H. (2019). Effect of fibers configuration and thickness on tensile behavior of GFRP laminates subjected to elevated temperatures. Construction and Building Materials, 202, 189–207.
Kumar, C. S., Arumugam, V., Dhakal, H. N., & John, R. (2015). Effect of temperature and hybridisation on the low velocity impact behavior of hemp-basalt/epoxy composites. Composite Structures, 125, 407–416.
Liu, J., Zhu, X., Li, T., Zhou, Z., Wu, L., & Ma, L. (2014). Experimental study on the low speed impact responses of all-composite pyramidal truss core sandwich panel after high temperature exposure. Composite Structures, 116, 670–681.
Liu, S., Rawat, P., Chen, Z., & Zhu, D. (2022). Low-velocity impact behavior of carbon woven laminates after exposure to varying temperatures. Thin-Walled Structures, 179, 109636.
Liu, S., Rawat, P., & Zhu, D. (2022). Understanding the effects of altering impact velocities and temperatures on basalt textile: An experiment approach. International Journal of Impact Engineering, 167, 1–11.
Lopresto, V., Papa, I., Ricciardi, M. R., Calzolari, A., & Russo, P. (2020). The influence of temperature on the low-speed impact response of polyamide 6/basalt plain fabric laminates. Procedia Manufacturing, 47, 113–117.
Lu, Z., Xian, G., & Li, H. (2016). Effects of elevated temperatures on the mechanical properties of basalt fibers and BFRP plates. Construction and Building Materials, 127, 1029–1036.
Mazzuca, P., Firmo, J. P., Correia, J. R., & Castilho, E. (2022). Influence of elevated temperatures on the mechanical properties of glass fibre reinforced polymer laminates produced by vacuum infusion. Construction and Building Materials, 345, 128340.
Oun, A., Manalo, A., Alajarmeh, O., Abousnina, R., & Gerdes, A. (2022). Influence of elevated temperature on the mechanical properties of hybrid flax-fiber-epoxy composites incorporating graphene. Polymers, 14, 1841.
Papanicolaou, G. C., Xepapadaki, A. G., & Tagaris, G. D. (2009). Effect of thermal shock cycling on the creep behavior of glass-epoxy composites. Composite Structures, 88, 436–442.
Papa, I., Langella, A., & Lopresto, V. (2019). Dynamic performances of basalt fibre laminates at room and low temperatures. Composite Structures, 220, 652–661.
Pavan, G., Singh, K. K., & Mahesh. (2021). Elevated thermal conditioning effect on flexural strength of GFRP laminates: An experimental and statistical approach. Materials Today Communications, 26, 1–22.
Raponi, E., Sergi, C., Boria, S., Tirillò, J., Sarasini, F., & Calzolari, A. (2021). Temperature effect on impact response of flax/epoxy laminates: Analytical, numerical and experimental results. Composite Structures, 274, 1–13.

Ricciardi, M. R., Papa, I., Impero, F., Langella, A., Lopresto, V., & Antonucci, V. (2020). Low-temperature effect on the impact and flexural behaviour of basalt composite laminates. Composite Structures, 249, 1–8.
Sayyed, J., Acharya, P., Hegde, S., Bolar, G., Shetty, M., I. V., T. R., & N. H., P. (2025). Thermal influence on the mechanical performance and deformation characteristics of symmetric and asymmetric GFRP laminates. Journal of Composites Science, 9, 636.
Sorrentino, L., Silva de Vasconcellos, D., D'Auria, M., Sarasini, F., & Tirillò, J. (2017). Effect of temperature on static and low velocity impact properties of thermoplastic composites. Composites Part B: Engineering, 113, 100–110.
Tabatabaeian, A., Ghasemi, A. R., & Asghari, B. (2019). Specification of non-uniform residual stresses and tensile characteristic in laminated composite materials exposed to simulated space environment. Polymer Testing, 80, 1–8.
Wu, R., Wang, X. Q., Zhao, D., Hou, J.-A., Wu, C., Lau, D., & Tam, L.-H. (2023). Degradation of fiber/matrix interface under various environmental and loading conditions: Insights from molecular simulations. Construction and Building Materials, 390, 131101.
Yang, P., Shams, S. S., Slay, A., Brokate, B., & Elhajjar, R. (2015). Evaluation of temperature effects on low velocity impact damage in composite sandwich panels with polymeric foam cores. Composite Structures, 129, 213–223.

MONDROS SONRASI KARS'TA ASKERİ VE SİYASİ GELİŞMELER

İlyas TOPÇU
Kafkas University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, 36100 Kars
ORCID: 0000-0002-9460-1127

ÖZET
1917 Bolşevik İhtilali ile Çarlık Rusya'sının yıkılması ve yapılan görüşmeler neticesinde 3 Mart 1918 tarihinde Brest-Litovsk antlaşması imzalandı. Bu antlaşmayla Osmanlı Devleti, 1878'de Ruslara bırakmak zorunda kaldığı Kars, Ardahan ve Batum'u halkoylaması yapılması koşuluyla elde etme hakkını kazandı. Fakat bu topraklar uzun süre elde tutulamadı. Osmanlı Devleti Birinci Dünya Savaşı'ndan yenik ayrılınca, şartları ağır bir mütarekeye imza attı. 30 Ekim 1918 tarihli Mondros Mütarekesinde 6 hafta içerisinde Kars'ın da içinde bulunduğu bölgeden, Türk ordusunun batı bölgesine çekilmesi ve demiryollarının İngilizlere teslim edilmesi hükmü yer aldığı için, Türk kuvvetleri 1914 sınırlarına geri çekilerek buraları terk etmek zorunda kaldı. Türk Ordusu Brest-Litovsk sınırının doğusuna çekilirken Kafkasya Türkleri, Ermeni ve Gürcülere karşı hukukunu korumak amacıyla yerel mahiyette teşkilatlar meydana getirdiler. Ahıska ve Aras Şuraları bu şekilde ortaya çıktı. İngilizlerin baskısıyla Türk ordusunun 1914 sınırına çekileceğinin duyulması Kars'ta büyük endişelere yol açtı. Buradaki Türk ve Müslüman kitleler yeniden bir Ermeni kıyımına maruz kalmamak için Wilson Prensipleri'ne dayalı bağımsız bir teşkilat kurmaya karar vererek 5 Kasım 1918'de Kars İslam Şurası'nı kurdular. 15 Kasım 1918'da Birinci Kars Kongresi'ni yapan Kars Milli İslâm Şurası bir "Muvakkat Heyet" oluşturdu. 30 Kasım-2 Aralık 1918'de toplanan İkinci Kars Kongresi'nde Cihangiroğlu İbrahim Bey'in başkanlığında merkezi Kars olan "Kars Milli İslam Şurası Hükümeti," 17-18 Ocak 1919'da toplanan Üçüncü Büyük Kars Kongresi'nden sonra da "Cenub-i Garbi Kafkas Hükümeti" kuruldu. Hükûmet, 18 maddelik bir anayasa hazırlamış, ay yıldızlı bayrağı kabul etmiş ve 60 üyeli bir meclis kurmuştur. Resmi dili de Türkçedir. Başkenti Kars olan hükümetin sınırları, Batum, Ardahan, Artvin, Ahıska, Ahılkelek, Oltu, Sarıkamış, Kağızman, Nahçıvan ve Iğdır ve çevresini kapsıyordu. Başta hükümet çalışmalarına kayıtsız kalan İngilizler 13 Nisan 1919 günü toplantı halindeyken Cenub-i Garbi Kafkas Hükümeti Parlamentosu'nu basarak Hükümet Başkanı Cihangiroğlu İbrahim Bey dâhil hükümet üyelerini tutuklayarak Malta'ya sürgüne gönderdiler.
Anahtar Kelimeler: Kars, Mondros, işgal, İngilizler

MILITARY AND POLITICAL DEVELOPMENTS IN KARS AFTER THE ARMISTICE OF MONDROS

ABSTRACT
Following the collapse of the Russian Empire after the 1917 Bolshevik Revolution and subsequent negotiations, the Treaty of Brest-Litovsk was signed on March 3, 1918. Under this treaty, the Ottoman Empire regained the right to reclaim Kars, Ardahan, and Batum territories it had been forced to cede to Russia in 1878 on the condition that a referendum be held. However, these territories could not be held for long. When the Ottoman Empire emerged defeated from World War I, it signed an armistice with harsh terms. Since the Armistice of Mudros, dated October 30, 1918, stipulated that the Turkish army must withdraw from the region including Kars to the western sector within six weeks and that the railways must be handed over to the British, Turkish forces were forced to withdraw to the 1914 borders and abandon these areas. As the Turkish Army withdrew east of the Brest-Litovsk border, the Turks of the Caucasus formed local organizations to defend their rights against the Armenians and Georgians. The Ahiska and Aras Councils emerged in this way. News that the Turkish Army

would withdraw to the 1914 border under British pressure caused great concern in Kars. To avoid being subjected to another Armenian massacre, the Turkish and Muslim populations in the region decided to establish an independent organization based on the Wilson Principles, and on November 5, 1918, they founded the Kars Islamic Council. On November 15, 1918, the Kars National Islamic Council, which held the First Kars Congress, formed a "Provisional Committee." At the Second Kars Congress, held from November 30 to December 2, 1918, under the chairmanship of Cihangiroğlu İbrahim Bey, the "Kars National Islamic Council Government," with its headquarters in Kars, Following the Third Grand Kars Congress, held on January 17–18, 1919, the "Southwest Caucasus Government" was established. he government drafted an 18-article constitution, adopted the flag with the crescent and star, and established a 60-member parliament. The official language is Turkish. The government, with its capital in Kars, had borders that included Batum, Ardahan, Artvin, Ahıska, Ahılkelek, Oltu, Sarıkamış, Kağızman, Nahçıvan, and Iğdır and their surrounding areas. he British, who had initially remained indifferent to the government's activities, stormed the Parliament of the Southwestern Caucasus Government on April 13, 1919, while it was in session, arrested the government members including Prime Minister Cihangiroğlu İbrahim Bey and exiled them to Malta.
Keywords: Kars, Mondros, occupation, the British

EKLEM İÇİ UYGULAMALAR İÇİN D VİTAMİNİ YÜKLENEN OKSİDE EDİLMİŞ BAKTERİYAL SELÜLOZ HİDROJEL TAŞIYICILARININ İN-VİTRO KARAKTERİZASYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Songül CÖMERT KILIÇ
Ataturk University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, 25040 Yakutiye, Erzurum
ORCID ID: 0000-0002-3388-3837.
Prof. Dr. Murat ÖZDAL
Ataturk University, Faculty of Science, Department of Biology, 25040 Yakutiye, Erzurum
ORCID ID: 0000-0001-8800-1128

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, temporomandibular eklem osteoartriti (TME-OA) tedavisinde eklem içi enjeksiyona uygun, terapötik ajanlar için taşıyıcı olarak kullanılabilecek okside bakteriyel selüloz (Ox.BS) hidrojelinin, D vitamini yüklenmesi sonrası karakteristik özelliklerindeki değişimlerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.
Komagataeibacter europaeus strain MOZ kullanılarak bakteriyel selüloz (BS) membranlar statik kültürde üretilmiş, saflaştırılmış ve TEMPO aracılı oksidasyon ile enjekte edilebilir Ox.BS hidrojellerine dönüştürülmüştür. Ox.BS örneklerine 1 mL 2 µg/mL D vitamini çözeltisi 60 dakika çalkalama altında emdirilmiştir. BS, Ox.BS ve D vitamini yüklü Ox.BS örnekleri SEM, XRD, FTIR, bozunma, şişme, su tutma ve salım kinetiği analizleri ile karşılaştırılmıştır.
SEM görüntülerinde oksidasyon işleminin lifler arası bağları zayıflatarak daha düzensiz ve geniş gözenekli bir yapı oluşturduğu, D vitamini yüklemesinin ise gözenek boyutunu azalttığı görülmüştür. XRD analizleri, oksidasyonun kristalin yapıyı azaltarak pik şiddetlerinde düşüş ve genişlemeye neden olduğunu, D vitamininin ise hidrojel matriksine başarılı şekilde entegre edildiğini göstermiştir. FTIR sonuçları, oksidasyonla aldehit gruplarının oluştuğunu ve D vitamininin kompozit yapıya kimyasal olarak bağlandığını doğrulamıştır.
Oksidasyon işlemi su tutma, şişme ve bozunma oranlarını artırırken, D vitamini yüklenmesi bu artışı kısmen sınırlandırmıştır. Salım testlerinde, D vitamininin ilk 40 dakikada %45 hızlı başlangıç salımı gösterdiği, ilk 4 saatte dengeye ulaştığı ve 21 gün boyunca devam eden kontrollü salım ile toplamda %95 salım oranına eriştiği belirlenmiştir.
Sonuç olarak, oksidasyon ve yükleme işlemleri BS'nin fizikokimyasal özelliklerini değiştirmiştir. Ox.BS hidrojelinin, TME-OA tedavisinde D vitamininin yavaş ve uzun süreli salımını sağlayan umut verici bir eklem içi taşıyıcı sistem olduğu düşünülmektedir.
Anahtar kelimeler: Bakteriyel selüloz, D vitamini, Temporomandibular eklem osteoartriti, Enjekte edilebilir hidrojel, Kıkırdak doku mühendisliği, Eklem içi ilaç salımı, İn vitro salım.

INVESTIGATION OF THE IN VITRO CHARACTERIZATION PROPERTIES OF VITAMIN D-LOADED OXIDIZED BACTERIAL CELLULOSE HYDROGEL CARRIERS FOR INTRA-ARTICULAR APPLICATIONS

ABSTRACT

The aim of this study was to comparatively evaluate the changes in the characteristic properties of oxidized bacterial cellulose (Ox.BC) hydrogel, suitable for intra-articular injection and intended for use as a carrier for therapeutic agents, after vitamin D loading for the treatment of temporomandibular joint osteoarthritis (TMJ-OA).

Bacterial cellulose (BC) membranes were produced under static culture conditions using Komagataeibacter europaeus strain MOZ, purified, and converted into injectable Ox.BC hydrogels through TEMPO-mediated oxidation. Ox.BC samples were loaded with 1 mL of 2 µg/mL vitamin D solution under shaking for 60 min. BC, Ox.BC, and vitamin D-loaded Ox.BC samples were comparatively analyzed by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), degradation, swelling, water retention, and release kinetics tests.

SEM images demonstrated that the oxidation process weakened the interfibrillar bonds, resulting in a more irregular and enlarged porous structure, whereas vitamin D loading reduced pore size. XRD analyses revealed that oxidation decreased crystallinity, causing reduced peak intensities and peak broadening, while vitamin D was successfully incorporated into the hydrogel matrix. FTIR results confirmed the formation of aldehyde groups after oxidation and the chemical binding of vitamin D within the composite structure.

Oxidation increased water retention, swelling capacity, and degradation rates, whereas vitamin D loading partially limited these increases. Release studies showed an initial burst release of 45% within the first 40 min, equilibrium within the first 4 h, and sustained controlled release over 21 days, reaching a cumulative release rate of 95%.

In conclusion, oxidation and loading processes significantly altered the physicochemical properties of BC. The Ox.BC hydrogel appears to be a promising intra-articular delivery system capable of providing slow and prolonged release of vitamin D for TMJ-OA treatment.

Keywords: Bacterial cellulose, Vitamin D, Temporomandibular joint osteoarthritis, Injectable hydrogel, Cartilage tissue engineering, Intra-articular drug delivery, In vitro release.

PALYATİF BAKIMDA GÜNCEL YARA BAKIM UYGULAMALARI VE YARA BAKIM HEMŞİRESİNİN ROLÜ

Hanife İNÇ
Tokat Gaziosmanpaşa University, Institute of Education, master's Program in Palliative Care, master's student, TOKAT
ORCID ID: 0009-0004-4937-4801
Lect.Dr. Şahizer ERAYDIN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Taşlıçiftlik, TOKAT
ORCID ID:0000-0002-2948-9677

ÖZET
Palyatif bakımda yara yönetimi, kronik ve iyileşmesi sınırlı yaraların sık görülmesi nedeniyle hasta konforu ve yaşam kalitesini artırmaya odaklanan bütüncül bir yaklaşım gerektirir. Güncel yara bakım uygulamaları, yalnızca iyileşmeyi hedeflemek yerine; ağrı, enfeksiyon, eksuda, koku ve kanama gibi semptomların kontrolünü önceliklendirir. Bu kapsamda nemli yara iyileşmesi prensipleri, ileri yara örtüleri (hidrokolloid, alginat, köpük pansumanlar), negatif basınçlı yara tedavisi ve biyolojik ajanlar gibi modern yöntemler kullanılmaktadır.
Ayrıca bireyselleştirilmiş bakım planı, hastanın klinik durumu, prognozu ve tercihleri doğrultusunda şekillendirilir. Palyatif yara bakımında multidisipliner yaklaşım esastır ve hemşireler bu sürecin merkezinde yer alır. Yara bakım hemşiresi; yara değerlendirmesi, uygun bakım ürünlerinin seçimi, semptom yönetimi ve bakımın sürekliliğinin sağlanmasında kritik rol üstlenir. Bunun yanında hasta ve ailesine eğitim verme, psikososyal destek sağlama ve bakım sürecine katılımı teşvik etme önemli sorumluluklar arasındadır. Hemşireler ayrıca basınç yaralarının önlenmesi, risk değerlendirmesi, pozisyonlama ve cilt bütünlüğünün korunmasında aktif rol oynar. Sonuç olarak, palyatif bakımda güncel yara bakım uygulamaları semptom kontrolü ve yaşam kalitesini merkeze alırken, yara bakım hemşiresi bu sürecin koordinasyonunu sağlayan, hasta odaklı ve kanıta dayalı bakım sunan kilit profesyoneldir. Bu yaklaşım hem hastaların hem de ailelerin fiziksel ve psikososyal gereksinimlerinin karşılanmasına katkı sağlar.
Anahtar kelimeler: *palyatif bakım, yara bakım, yara bakım hemşiresi,güncel yara örtüsü*

CURRENT WOUND CARE PRACTICES IN PALLIATIVE CARE AND THE ROLE OF THE WOUND CARE NURSE

ABSTRACT
Wound management in palliative care requires a holistic approach focused on improving patient comfort and quality of life, given the high prevalence of chronic and slow-healing wounds. Current wound care practices prioritize the management of symptoms such as pain, ınfection, exudate, odor, and bleeding, rather than focusing solely on healing. In this context, modern methods such as moist wound healing principles, advanced wound dressings (hydrocolloid, alginate, foam dressings), negative pressure wound therapy, and biological agents are utilized. Additionally, an individualized care plan is tailored to the patient's clinical condition, prognosis, and preferences.A multidisciplinary approach is fundamental in palliative wound care, and nurses play a central role in this process. The wound care nurse plays a critical role in

wound assessment, selecting appropriate care products, managing symptoms, and ensuring the continuity of care. Furthermore, educating the patient and family, providing psychosocial support, and encouraging participation in the care process are key esponsibilities. Nurses also play an active role in preventing pressure ulcers, conducting risk assessments,positioning the patient, and maintaining skin integrity.In conclusion, while current wound care practices in palliative care center on symptom control and quality of life, the wound care nurse is the key professional who coordinates this process, delivering patient-centered and evidence-based care. This approach helps meet the physical and psychosocial needs of both patients and their families.

Keywords:*palliative care, wound care, wound care nurse,* current wound dressing

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü'ne(WHO) göre ;Palyatif bakım, yaşamı tehdit eden bir hastalıkla karşı karşıya olan yetişkinlerin, çocukların ve ailelerinin yaşam kalitesini artırmaya yönelik bütüncül bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım; hastanın ve ailenin fiziksel, psikolojik, sosyal ve manevi (spiritüel) acı ve sıkıntılarını önceden tanıma, doğru değerlendirme ve uygun tedavi ile hafifletmeyi amaçlayarak, acı çekmeyi önlemeyi ve azaltmayı hedefler. Palyatif bakım; her yaşta ve her ciddi hastalık evresinde; hastalığın erken döneminden başlayarak sunulabilen , kişi odaklı bir sağlık hizmetidir. Eş zamanlı olarak hastanın semptomlarının kontrolü, yaşam kalitesinin korunması ve aile desteği de bu bakımın vazgeçilmez parçalarındandır.

Avrupa Palyatif Bakım Derneği'ne göre Palyatif yara bakımı, "iyileşebilecek veya iyileşmeyebilecek veya tedavi edilemeyecek kadar zahmetli olabilecek yaraların kişi ve aile merkezli, bütünsel ve disiplinler arası bakımı; genellikle savunmasız olan ve yaşam kalitesi bozulmuş bireyler için semptom kontrolü ve yönetimi dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere" olarak tanımlanabilir.

Derlemenin amacı

Bu derlemenin amacı; palyatif bakımda kullanılan güncel yara bakım uygulamalarını ve yara bakım hemşirelerinin bu uygulamalardaki rolünü literatür taraması yaparak incelemektir.

PALYATİF YARA BAKIMI

Palyatif yara bakımı, iyileşmeye odaklanmaktan ziyade semptom yönetimine odaklanan bir yaklaşımdır. Ağrı, koku, eksuda, kanama ve kaşıntının kontrolünü sağlayarak hastanın konforunu ve yaşam kalitesini artırmayı amaçlar.

Temel İlkeler:

- İyileştirme hedefi yerine konfor hedefi
- Semptom odaklı bakım
- Hastanın prognozuna göre bireyselleştirilmiş yaklaşım
- Multidisipliner ekip çalışması (Ewma, 2025).
- Healing (iyileşme) yerine comfort-focused wound care (konfor odaklı yara bakımı) yaklaşımı benimsenmelidir.

Yaranın tanımı

Derinin veya mukozal yüzeylerin anatomik ve fizyolojik bütünlüğünün herhangi bir iç veya dış faktör nedeniyle bozulması olarak tanımlanmaktadır.

YARA ÇEŞİTLERİ:

Akut Yaralar

Cerrahi insizyonlar,termal yaralar,sıyrıklar ve laserasyonlar

Kronik Yaralar
1 aydan uzun süredir iyileşmeyen yaralar, genellikle altta yatan hastalığa bağlı gelişirler (Can, 2023).
Palyatif Hastalarda Yara Türleri
Düşme ve yaralanmalar: Hareket kısıtlılığı, kas güçsüzlüğü ve denge bozuklukları nedeniyle sık görülür.
Basınç yaraları: Uzun süre yatakta ve hareketsiz kalan hastalarda en sık karşılaşılan yaralardır.
Cerrahi ve tıbbi girişimlere bağlı yaralar: Kateter, dren, port gibi uygulamalara bağlı gelişebilir.
Maligniteye bağlı yaralar: Kanserli dokuda gelişen yaralardır. Özel bakım gerektirir (Cumralı, 2022).
Palyatif yara bakımı, deride değişiklik gelişmesine neden olabilecek herhangi bir etiyolojiye sahip, uzun süreli potansiyel olarak yaşamı sınırlayıcı, tek veya birden fazla hastalığı olan hastaların bakımını içerir (Ferris, 2019).
Palyatif bakımda en sık karşılaşılan yaralar basınç yaralanmalarıdır.Ayrıca kanserli hastalarda malignite yaraları ve kronik hastalıklara bağlı (diyabetik yara,venöz ülser yarası) gelişen yaralarda görülebilir.
Tüm palyatif bakım hastaları için cilt değerlendirmesinde perfüzyon ve oksijenasyon, beslenme durumu, artmış cilt nemliliği, ödem, çevresel doku sertliğindeki değişiklik değerlendirilmelidir. Basınç yaraları riski taşıyan tüm bireylerin derisi eritem varlığını belirlemek için kontrol edilmelidir. Tüm palyatif bakım hastaları için mümkün olan en kısa sürede (4 saat içinde) cilt değerlendirmesi yapılmalıdır (Çor, 2024).
Palyatif bakım hastaları basınç yaralanması riski en yüksek hasta gruplarından biridir. Bu özel hasta grubunda basınç yaralanmasını önlemek ve tedavi etmek hastanın konforunu ve yaşam kalitesini artırmak oldukça önemlidir. Basınç yaralanmalarının önlemesi için öncelikle hastanın risk durumunun değerlendirilmesi gerekir (Ferris, 2019).
BASINÇ YARALANMALARI
Tanım:Tek başına, basınç ya da yırtılma ile basınca bağlı gelişen genellikle kemik çıkıntılar üzerinde ortaya çıkan lokalize deri ve / veya deri altı doku hasarıdır.
BASINÇ YARALANMALARININ EVRELENDİRİLMESİ
Basınç yaralanmaları evrelendirilme sistemleri kullanılarak sınıflandırılır ve tanımlanır. Basınç yaralanmasını önleme ve tedavi kılavuzları doku kaybının düzeyini belirlemek ve belgelemek için bir basınç yarası sınıflandırma sisteminin kullanılmasını önermektedir.Tüm dünyada ve ülkemizde Ulusal Basınç Yarası Danışma Paneli'nin (Natıonal Pressure Injury Advısory Panel-NPIAP) 2016 yılında yayınlamış olduğu evrelendirme sistemi kullanılmaya başlanmıştır (Npıap, 2022).
Basınç yaralarının evrelendirilmesi uygulanacak tedaviyi şekillendireceğinden önemlidir.Yaranın evresine göre tedavi planı düzenlenmeli ve koruyucu önlemler alınmalıdır.
BASINÇ YARALANMALARININ EVRELENDİRİLMESİ

- **EVRE 1 basınç yaralanması**
  Bütünlüğü bozulmamış deride basınç uygulamakla solmayan kızarıklık(eritem)
- **EVRE 2 basınç yaralanması**
  Dermise kadar uzanan kısmi kalınlıkta cilt kaybı
- **EVRE 3 basınç yaralanması**
  Tam kalınlıkta cilt kaybı
- **EVRE 4 basınç yaralanması**
  Tam kalınlıkta cilt ve doku kaybı

- **EVRELENDİRİLEMEYEN EVRE basınç yaralanması**
  Derinliği bilinmeyen tam kalınlıkta doku ve cilt kaybı**:**
- **DERİN DOKU HASARI basınç yaralanması**
  Basınç uygulamakla solmayan koyu kırmızı, kestane rengi veya mor renk değişikliği:
- **TIBBİ ARAÇ İLİŞKİLİ basınç yaralanması:**
  Tanı ve tedavi amaçlı kullanılmak üzere geliştirilen araçların kullanılması sonucu gelişir.

- **MUKOZAL MEMBRAN basınç yaralanması:**
  Yaralanma alanında tıbbi bir araç kullanma hikayesi olan mukozal membran üzerinde oluşur. Anatomik yapısından dolayı mevcut evrelendirilme sistemi ile evrelendirilemez (Npıap, 2022).

BASINÇ YARALANMALARININ BAKIMI

Palyatif bakımda yara tedavisi hasta için bireyselleştirilmiş ve özgün bakım planlarını içermelidir. Palyatif bakım hastalarında çoğunlukla basınç yaralanmaları iyileşmeyebilir.. Bu nedenle yara bakımı; ağrıyı azaltmayı, kokuyu en aza indirmeyi, eksudayı kontrol altına almayı ve yaşam kalitesini etkileyebilecek diğer semptomları yönetmeye odaklanmalıdır (Woo, 2015).

Hastanın yaşam kalitesini ve konforunu artırmaya yönelik:

Yarada iyileşme gözlemlenmediğinde veya tedaviye yanıt alınmadığı durumlarda müdahaleler kişinin yaşam kalitesini yükseltmeye yönelik olmalıdır. Bireyin durumunda önemli bir değişiklik olursa bakım planını tekrar değerlendirilmelidir**.** Hasta konforunu devam ettirmek ve yara semptomlarının (ağrı, koku, eksuda) yönetimi için basınç yaralanması izlenmelidir (Epuap, 2021).

Yıllardır uygulanan yöntemlerin yanı sıra basınç yaralanmalarını önlemeye yönelik geliştirilmiş yeni teknolojik uygulamalar da bulunmaktadır. Bu uygulamalardan biri de basınç haritalama teknolojileridir. Bu yöntem hastaların oturma sırasında yaslanılan gövdenin farklı kısımlarına uygulanan basınç miktarını ölçmek için geliştirilmiştir. Basınç altında kalan bölgelere, otururken minderin altına, yatarken de çarşafın altına yerleştirilebilinen basınça duyarlı sensörler formundadır. Sensörün düzgün yerleştirilmesi ve yerleştirilen zeminin düz olması önemlidir. Arayüz basıncı ölçülerek hastanın hangi noktaların daha fazla basınç altında olduğu belirlenmektedir. Bu sonuçlara göre hastaya uygun pozisyon verilerek basıncın azaltılması hedeflenir.Pozisyon değiştirme saati de basıncın yükselmesine göre ayarlanabilmektedir (Topan ve Ceyhan, 2022).

Uygun yara örtüsü seçilmesine yönelik:

Biyolojik yükü ve kokuyu kontrol etmek için antimikrobiyal, yara ağrısını azaltmak için hidrojel, yüksek miktardaki eksudayı kontrol etmek ve yaradaki kullanım süresini uzatmak için köpük veya aljinat bir yara örtüsü kullanılabilir. Eksuda kontrolü ve temizliği için polimerik bir membran köpüğü, pansumanın çıkarılmasıyla ilişkili ağrıyı hafifletmek için silikon yara örtüleri, yara çevresindeki deriyi korumak için bariyer etkili ürünler veya yara örtüsü kullanılabilir (Kottner, 2019).

Yaranın temizliği ve debridmanın sağlanmasına yönelik:

Yaradaki kirli yükü en aza indirmek ve kokuyu kontrol etmek için her pansuman değişiminde yara serum fizyolojik veya toksik olmayan bir temizleyici ile temizlenmelidir. Enfeksiyonu ve kokuyu kontrol etmek için yaradaki nekrotik dokular dikkatli debride edilmelidir. Gerekli görülüyorsa konservatif, cerrahi olmayan (otolitik) debridman kullanılmalıdır.Kolay kanayan hassas dokularda cerrahi debridman yapılmamalıdır (Who, 2020).

Yara enfeksiyonunun ve kokunun önlenmesine yönelik:

Yara enfeksiyon belirtileri (artan ağrı, hassasiyet, ödemli ve soluk koyu renkli granülasyon dokusu, kötü koku, yarada bozulma, yara yatağında cepleşme, gecikmiş iyileşme) açısından değerlendirilmelidir.Kokuyu kontrol etmek için uygun antiseptik solüsyonlar kullanılabilir. Anaerobik bakteriler ve protozoal enfeksiyonlarla ilişkili basınç yaralanmasında oluşan kokuyu etkin bir şekilde kontrol etmek için topikal metronidazol kullanılabilir. Kokuyu azaltmaya yardımcı olmak için gümüş içerikli antimikrobiyal yara örtüsü kullanılabilir (Tekin, 2016).

Ağrının azaltılmasına yönelik:

Basınç yaralanması tedavisine bağlı olan veya olmayan ağrı her pansuman değişiminde değerlendirilmelidir. Eğer kontrendike değilse, pansuman değişimlerinden veya uygulanan girişimlerden 30 dakika önce ve sonra analjezik ilaç uygulaması yapılabilinir. Basınç yaralanması ağrısının azaltılması için pansuman değişiminde lidokain içeren ürünler tercih edilebilir. Basınç yaralanması bakımını daha konforlu hale getirmek ve sık pansuman değişimine bağlı ağrıyı azaltmak için kullanım süresi daha uzun yara örtüleri tercih edilebilir (Artico, 2018). Kontrendikasyon yoksa ve gerekli ise , akut basınç yarası ağrısını yönetmek için topikal bir opioid uygulanılabilir (Çor ve Soysal, 2024).

KENNEDY TERMİNAL ÜLSER(KTÜ)

Kennedy Terminal Ülseri (KTÜ), ölme sürecinde olan veya bu sürece yakın bir zamanda gelecek bireylerin bedeninde cilt dolaşım yetersizliği nedeniyle gelişen bir ülser olarak tanımlanmaktadır. KTÜ, ilk kez 1989 yılında uzun süreli bir bakım hastanesinde ilk cilt bakım ekibinin oluşmasını sağlayan Hemşire Karen Kennedy-Evans tarafından tanımlanmıştır. Kennedy-Evans, hastanede basınç ülseri prevalansına dair veri toplarken bu durumu keşfetmiş ve verilerinden elde ettiği sonuçlar hastaların %55.7'sinin basınç ülserinin oluşumundan sonraki 6 hafta içinde öldüğünü göstermiştir.Bu çalışma ile ilk kez yaraların basınç ülseri mi yoksa ölümden önce çoklu organ fonksiyon bozukluğunu temsil eden farklı bir ülser mi olduğu sorusu gündeme getirmiştir (Yastrub, 2010).KTÜ'ler özellikle terminal dönem hastalar arasında görülen bir bulgu olarak öne çıkmaktadır. KTÜ'lar genellikle belirli bir şekle, konuma ve hızlı ilerlemeye sahiptir. Düzensiz sınırları olan bir kelebek, armut veya at nalı şeklinde görülebilir. Sağlık profesyonellerinin terminal dönemdeki hastanın yaşam kalitesine katkıda bulunması için KTÜ hakkında bilgilendirilmesi önemlidir. Özellikle palyatif hastalarda daha sık görülme sebebi ile tanının doğru konulması tedavi ve bakımın planlanması açısından önemlidir (Erbay ve Erarı, 2019).

Derlemenin amacı

Bu derlemenin amacı; palyatif bakımda kullanılan güncel yara bakım uygulamalarını ve yara bakım hemşirelerinin bu uygulamalardaki rolünü literatür taraması yaparak incelemektir.

2. YÖNTEM VE BULGULAR

Basınç Yaralarında Güncel Yaklaşımlar

Günümüzde yara bakımında ve tedavisinde kullanılan çok sayıda ürün ve uygulama yöntemi bulunmaktadır.Bu ürünler ve yöntemler farklı özellikleri ile yaranın çeşidine, evresine ve bölgesine göre tercih edilerek bakımın etkinliğini artırmaktadır.

İdeal yara örtüsü

İdeal bir yara örtüsü, nemli bir ortam sağlaması, gazların difüzyonuna izin vermesi, fazla eksudayı emmesi, yaralı bölgeyi mikroorganizmalardan,ölü doku yükünden ve darbelerden koruması, yaralı bölgenin sıcaklık ve pH' ını kontrol etmesi, kolay değiştirilebilmesi, ağrıyı azaltabilmesi, alerjik olmaması, maliyetinin düşük olması, yaralı bölgenin kurumasını önlemesi, elastik, biyouyumlu olması ve hücre yenilenmesini desteklemesi gibi özelliklere sahip olmalıdır (Şeker ve Davarcı, 2025).



Geleneksel Yara Örtüleri

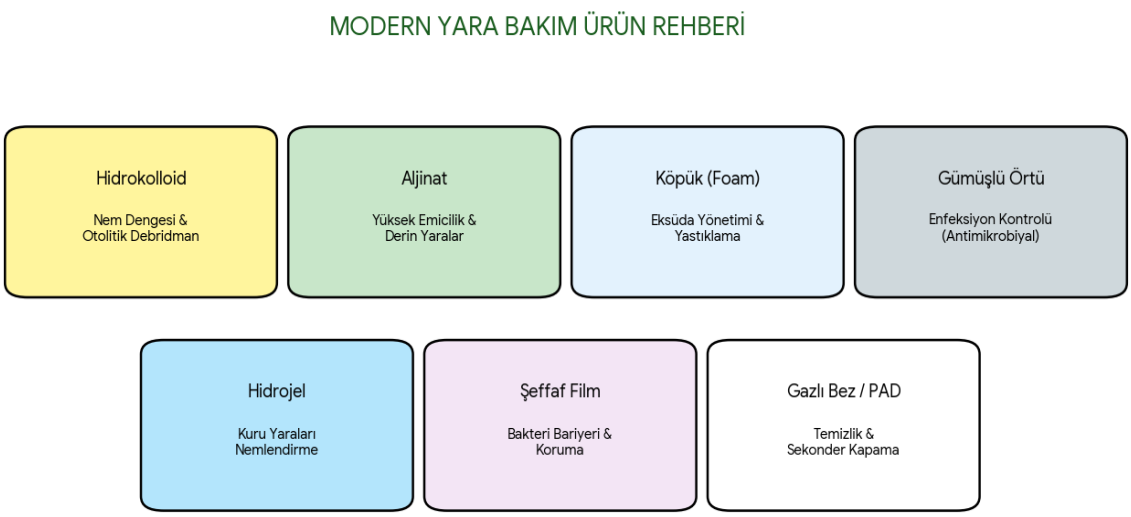
Bu kategorinin en geleneksel olanı tıbbi gazlı bezlerdir. Pamuk, suni ipek, polyester veya bunların kombinasyonlarıyla dokunmuş ya da dokunmamış liflerinden üretilen gazlı bezler, düşük maliyetleri,pratik kullanımları ve üretilebilirlikleri ile kolay ulaşılabilir materyallerdir. Hızlı su absorbe kabiliyeti ve sterilize edilmiş olmaları nedeniyle pansuman malzemesi olarak tercih edilmektedir.

Modern Yara Örtüleri

Geleneksel yara örtüleriyle tam olarak sağlanamayan ideal yara örtüsü koşullarını sağlayabilmek için modern yara örtüleri geliştirilmiştir. Bu örtüler yara bakımında tedaviyi de desteklemek amacıyla tercih sebebidir. Modern yara örtüleri genellikle polimerlere dayanır, doğal ve sentetik kaynaklı pek çok polimerden hazırlanabilirler (Büke ve Kılıçarslan, 2025).

- Filmler ve Hidrojeller
- Nanolifler
- Köpükler ve Süngerler
- Biyoaktif Yara Örtüleri

• Biyolojik veya Biyosentetik Yara Örtüleri



Yara Yönetiminde Kullanılan Güncel Yaklaşımlar

Günümüzde yara iyileşmesi için en yaygın olarak modern yara örtüleri ile yapılan pansumanlar daha çok tercih edilmektedir. Gelişen teknolojilerin eşlik etmesiyle birlikte yara iyileşmesinde büyüme faktörleri, gen terapisi, kök hücre tedavisi, hiperbarik oksijen tedavisi, terapötik ısı ve larva tedavisi gibi kullanılan güncel yöntemlerde alternatif olarak kullanılmaktadır (Yılmaz ve Aygin, 2023).

Deri nakli. (Greft uygulaması)

Kök hücre veya hücre tedavisi

Epidermal kök hücreleri, kıl folikülü, isthmus, infundibulum ve interfoliküler epidermisten elde edilebilir. Kök hücreler genellikle sınırsız kendini yenileme kapasitesi sahip, uzun ömürlü, doku onarımını destekleyen ve vücut hemostazını sürdürme gibi özellikleri ile yara iyileşmesinde etkin rolü bulunmaktadır.

Platelet Tedavisi

Yara tedavisine farklı bir bakış açısı, trombosit tedavisinin kullanılmasıdır. Trombositler kanın pıhtılaşmasında rol oynamakla birlikte homeostazı, fibrin pıhtısı oluşumunu ve doku onarımını düzenleyen büyüme faktörlerini de içermektedir. Trombositten zengin plazma (PRP) endotel, epitel ve epidermal rejenerasyonun yanı sıra anjiyogenez, kollajen sentezi ve doku onarımını uyarmanın yanında, güvenli ve uygun maliyetli bir yöntemdir (Miron , 2017).

Larva (Maggot Terapi)

Biyocerrahi veya larva tedavisi olarak bilinen bu tedavi, yaygın olarak tamamlayıcı ve bütünleştirici bir tıbbi yöntemdir. Tedavide kullanılan kurtçuklar, laboratuvar ortamında Lucilia Sericata olarak bilinen bir sineğin kısır olarak yetiştirilmiş larvalarıdır. Özellikle yara bakımında kullanılan bu kurtçuklar, yara bölgesinde nekrotik ve enfekte dokudan beslenerek debridman yapmaya yardımcı olurlar(Mohd Zubir, 2020).

Gen Terapisi

Gen tedavisi, istenen bir genin (transgenin) alıcı hücrelere yerleştirilmesi olarak yapılan cilt ve vücuttaki genetik değişimi için kullanılan bir yöntemdir. Genler, birçok farklı yöntemlerle

deriye trans edilebilmektedir. Temel mekanizmasına bakıldığında genler hücreye girdikten sonra hücreyi ve çevresini etkiler. (Nunomura, 2018).

YARA İYİLEŞMESİNDE KULLANILAN CİHAZLAR

Negatif Basınçlı Yara Tedavisi

Hiperbarik Oksijen Tedavisi

Düşük Seviyeli Lazer Tedavisi

Soğuk Atmosferik Basınçlı Plazma

Topikal Oksijen Uygulaması

Negatif basınçlı yara tedavisi (NBYT)

Açık gözenekli köpük poliüretan veya polivinil sünger, yapışkan bir sargı, bağlantı tüpü ve negatif basınç üreten vakum pompasından oluşan NBYT sistemleri, doku ödemini azaltarak bölgesel kan akımını artırır ve yara iyileşmesini hızlandırır.Bol eksudalı, enfekte yaralarda, granülasyon dokusunun oluşmasını sağlamada ve epitelizasyon gelişimde katkı sağlayarak yara bakımında önemli bir yer tutmaktadır (Mert ve ark., 2022). Ayrıca yara yatağına greft uygulanması için uygun zemin hazırlar.

Topikal oksijen uygulaması

Topikal oksijen uygulamaları yara yüzeyindeki hipoksiyi ortadan kaldırarak, açığa çıkan Reaktif Oksijen Türleri (Reactive Oxygen Species: ROS) üzerinden iyileşme ile ilgili dinamikleri aktive etmektedir.Daha çok alt ekstremite yaralarında (venöz-arteriyel yetmezlik, diyabetik ayak) bölgesel olarak uygulanmaktadır (İlçe ve uçar, 2025).

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT)

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) hastalar için uygun şekilde donatılmış tek kişilik ya da çok kişilik yüksek basınçlı kapalı odalarda hastaya direkt yüksek basınçlı ortam, endotrakeal tüp, oksijen maskesi ya da kullanılan özel başlıklar aracılığıyla 1 ATA'dan (1 ATA: atmosfer absolut: 760 mmHg) fazla oksijen verilmesidir. Kronikleşmiş veya iyileşmeyen yaraların iyileşmesini hızlandırmak için kullanılan bir yöntemdir (Güngörmüş, 2024).

Düşük Seviyeli Lazer Tedavisi

Düşük seviyeli lazer tedavisi fibroblast gelişimini uyarır,anjiogenezi hızlandırır, vazodilatasyonu artırarak ve lenfatik drenajı iyileştirerek yara iyileşmesini uyarmak için kullanılan soğuk bir lazerdir. Yarada granülasyon dokusunda artışa sebep olarak iyileşmeyi hızlandırır (Can ve Sağbaş, 2023).

Soğuk atmosferik basınçlı plazma

Soğuk atmosferik basınçlı plazma (SABP), mikrobiyal patojenlerin etkisiz hale getirilmesi ve doku rejenerasyonunun uyarılması esasına dayanan yara tedavi yöntemlerinden biridir. Soğuk plazma tipik olarak özel düşük basınçlı reaktörlerde (p <133 mbar) doğru akım, radyofrekans, mikrodalga veya darbeli deşarj sistemleri aracılığıyla kullanılmaktadır (Can ve Sağbaş, 2023).

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yara bakımında etkin görev alan hemşireler, bu sürecinin önemli bir parçasıdır. Kanıt temelli sunulan hizmetle yaranın değerlendirilmesi, takibi ve bakımın her aşamasında yer almaktadır. Hemşireler, yaranın iyileşme aşamalarında doğru pansuman ve metaryallerin seçimi ile iyileşme sürecine katkı sunulmasında destek sağlamaktadırlar. Kanıt temelli ve kapsamlı hizmet sunumu ile hemşireler, hastanın iyileşme sürecinin kısalmasında, uygun yara bakımı ile maliyetli bakımı azaltmada da katkı sunmaktadırlar (Can ve Sağbaş, 2023).

Stoma ve Yara Bakım Hemşiresi*:* Stoma, yara, inkontinans ve fistül sorunu olan bireylere yönelik tanı, tedavi ve bakım hizmetlerinin etkin bir şekilde yerine getirilmesinden sorumlu özel dal hemşiresidir.

Yarayı değerlendirir. Yaranın mekanik temizliğini yapar. Yara irrigasyonu yapar. Yara pansumanı yapar. Yaraya bandaj uygulaması yapar.

Basınç yarası açısından risk grubunda yer alan hastaları değerlendirir. Basınç yarası gelişmesi durumunda basınç yarasını değerlendirir, yaranın iyileşmesini sağlayacak uygun bakım ve tedavi edici uygulamaları yapar.

Bakım verdiği bireyi, yarayı, yara bakımına ilişkin ürünleri ve yara bakım uygulamalarını değerlendirerek en etkili ürüne karar verir, aileyi ve ekibi yönlendirir.

Hastaya yapılan bakım ve tedavi uygulamaları/gözlemlere ilişkin hemşirelik kayıtlarını nöbet/vardiya değişimlerinde yazılı ve sözel olarak bölüm hemşirelerine/ilgili ekibe teslim eder (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2011).

Palyatif bakımda stoma ve yara bakım hemşiresinin rolü oldukça kritiktir, çünkü bu hemşireler yaşamın son dönemindeki hastalarda konforu ve yaşam kalitesini artırmak için uzmanlaşmış bakım sağlarlar.Özellikle palyatif hastasında verilen sağlık hizmeti oldukça profesyonel bir bakış açısı gerektirir. Etik ve etik davranış, profesyonelliğin kritik bileşenlerindendir. Hemşireler bakım uygulamaları sırasında karmaşık konularla ve etik ikilemlerle sıklıkla karşı karşıya kalmaktadır (Karadağ ve ark., 2007). Bu ikilemlerde hemşirelere yol gösterecek en önemli kaynaklar etik kodlardır. Bu nedenle, Stoma ve Yara Bakım Hemşireleri Etik İlkeleri, Yara Ostomi İnkontinans Hemşireleri Derneği tarafından 2014 yılında yayımlanmıştır. Stoması, yarası ve inkontinansı olan bireylere bakım veren hemşirelerin, mesleki uygulamalarında etik ilkelere uygun davranışlarını tanımlamak, sorumlulukları konusunda iş birliği yaptıkları sağlık profesyonellerini ve toplumu bilgilendirmek ve yol gösterici olmak, stoma ve yara bakım hemşirelerinin etik ilkeler amacı olarak tanımlanmıştır (Öztürk ve Karadağ, 2019).

Bu Etik İlkeler Doğrultusunda;

Stoma ve yara bakım hemşiresi bireyin;

Bakım konusunda doğru ve yeterli şekilde bilgilendirilmesini sağlar.

Kendi bakımına yönelik kararlara katılmasını sağlar.

Bireyin gereksinimleri doğrultusunda bakım, eğitim, danışmanlık ve rehabilitasyon hizmeti vermek suretiyle sağlık bakımından en iyi şekilde yararlanmasını sağlar.

Bireyin en uygun malzemelerle bakım almasını sağlar.

Bireyin tedavisinin sürekliliğini sağlamak/düzenlemek konusunda görev üstlenir.

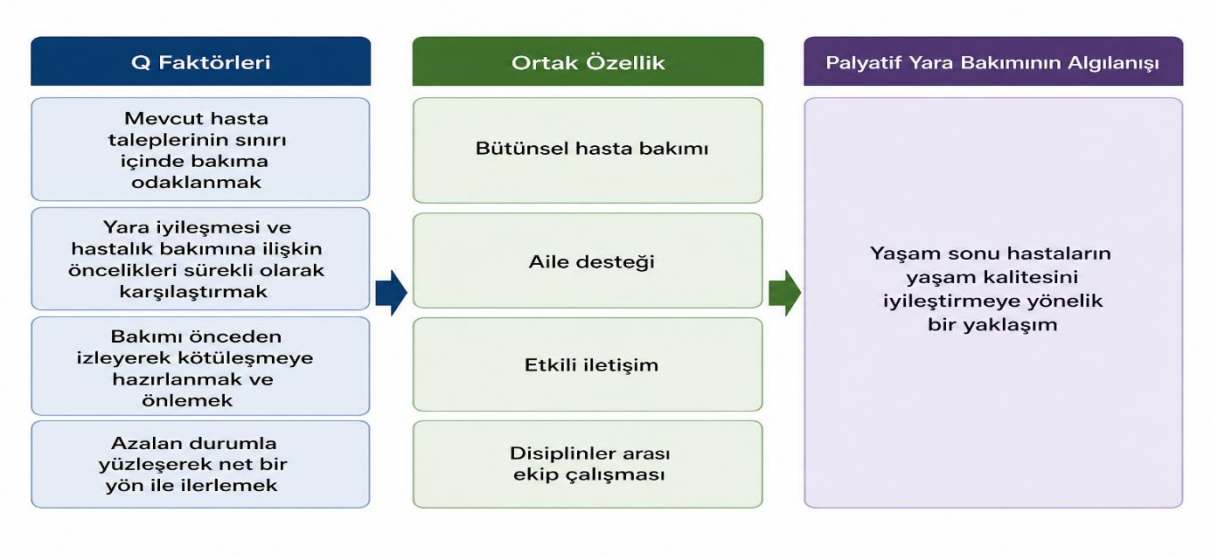
Bakım verirken tüm kaynakları(insan gücü, malzeme, zaman vb,) adil bir şekilde kullanır.

Bireyin kendisi için en uygun stoma ve yara bakım ürününü kullanabilmesi için ülkede mevcut olan ürünleri tanımasını sağlar.

Belirlenen etik kodlar doğrultusunda palyatif bakım hastasına yara bakım konusunda hizmet verir. Palyatif bakımın gerektirdiği doğrultuda güncel yara bakım ürünlerinin uygulanmasını sağlar. Hastanın konforunu artırmaya yönelik yara bakımı yapar ve yapılması hususunda hasta yakınlarını ve sağlık profesyonellerini bilgilendirir. Palyatif bakım, hastaya ve ailesine destek olmak amacıyla, doktorlar, hemşireler, destek personeli, fizyoterapistler,manevi destek elemanı, sosyal hizmet uzmanı ve gönüllüler de dahil olmak üzere, her birinin eşit derecede önemli rolleri olan çeşitli profesyoneller tarafından sunulan bir dizi hizmeti içerir. Çok disiplinli ekiplerin bir parçası olarak, hemşireler palyatif bakım konusunda eğitilmelidir. Bakım becerileri, özellikle ciddi hastalığı olan hastalarla çalışanlar için önemlidir (Who, 2020).

2022 yılında yayınlanmış "Yara bakımı hemşireleri palyatif yara bakımında öznel çerçeveyi nasıl yapılandırır? Bir Q-metodoloji yaklaşımı" adlı çalışmanın amacı, yara bakımı

hemşirelerinin palyatif yara bakımı ile ilgili öznel çerçeveleri nasıl yapılandırdığını belirlemektir (Lee, 2022). Bu çalışmada öznel bakış açılarını analiz etmek için Q-metodolojisi kullanılmıştır. Palyatif yara bakımında deneyimli kırk hemşireden 35 Q-ifadesini tamamen normal bir dağılım şekline sınıflandırmaları istenmiştir. Q-Yöntem programı, ana faktör analizi ve veri analizi için varimax rotasyonu yapmak için kullanılmıştır. Bu, palyatif yara bakımının öznel çerçevesini doğrulamak için Q-metodolojisini kullanmak amacıyla yara bakımı hemşireleri tarafından palyatif yara bakımı için ampirik bir çalışmadan önce gelen tanımlayıcı bir çalışmadır. Q-metodolojisi, tutumların, inançların ve değerlerin öznel insan yönlerini objektif olarak ölçmeyi amaçlayan belirli bir konunun çeşitli algılarına dayalı ifadeler oluşturarak derinlemesine görüşlerin araştırılmasını içerir. Bu çalışma, palyatif yara bakımının 4 Q faktörünü ortaya çıkardı:
Bu, bütünleşmiş, insan merkezli sağlık hizmetlerinin çok önemli bir parçası olarak palyatif bakıma verilen önceliğe yansır.



Hemşirelerin palyatif yara bakımı konusunda uygun yetkinlikleri,hasta sonuçlarını iyileştirebilir ve yaşam kalitelerini artırabilir (Lee, 2022). Palyatif bakımda hemşireler semptom yönetimine öncelik vererek bireysel bakım planları yapar, iyileşemeyen yaraları ele alarak değerlendirir ve araştırır .İşbirliği yaparak disiplinler arası bir ekip içinde sertifikalı yara uzmanlarından yararlanarak, sağlık profesyonellerini palyatif yara bakımı yönetiminin karmaşıklıklarında gezinmek için gerekli bilgi ve araçlarla donatarak iletişimi, bakım koordinasyonunu ve sonuçları geliştirir(Jenkins, 2025).Palyatif yara bakımı, yaralarının iyileşip iyileşemeyeceğine bakılmaksızın, kronik yaraları olan hastaların semptomlarını hafifletmek ve yaşam kalitelerini iyileştirmek için tedaviye bütünsel ve entegre bir yaklaşımdır. Bu bütünleşik yaklaşımda tedavi, yara bakımı hemşirelerinin palyatif yara bakımına yönelik algılarından ve öznel referans çerçevelerinden önemli ölçüde etkilenir (Lee, 2022).Hasta eğitimi, etkili palyatif yara bakımının merkezinde yer alır. Palyatif bakımda amaç, iyileştirici yaklaşımların aksine, semptomları yönetmek, konforu artırmak ve saygınlığı korumaktır. Erişilebilir ve kültürel kaynaklar sağlayarak verilen uygun eğitim, bireylerin uygun pansumanları seçmek, enfeksiyon belirtilerini tanımak ve eksüdayı yönetmek gibi yara bakımı ilkelerini daha iyi anlamalarına yardımcı olur (Schubert, 2022).
Palyatif yara bakımında etik ikilemler genellikle semptom yönetimini hasta özerkliğine saygı ile dengelemek etrafında döner. Yararlılık, kötülüksüzlük ve hasta merkezli bakım ilkelerine bağlı kalmak, eğitim çabalarının hasta değerleri ve hedefleriyle uyumlu olmasını sağlar.

Açık iletişim, bilinçli karar vermeyi kolaylaştırmak, hastaların ve ailelerin müdahalelerin arkasındaki mantığı anlamalarını sağlamak için gereklidir (Gethin, 2025). Palyatif yara bakımına yönelik bütünsel, kişi merkezli yaklaşım, sadece fiziksel semptomları değil, aynı zamanda bakımın duygusal ve sosyal boyutlarını da ele alarak kronik yaraları yönetmenin çok yönlü doğasını yansıtır. Klinisyenler iş birliğini, kültürel yetkinliği ve terapötik eğitimi teşvik ederek hastalar ve aileleri için yaşam kalitesini önemli ölçüde artırabilir.Yara yönetimini yaşam sonu bakım planlamasına entegre etmek, yara bakımının palyatif bakımın daha geniş hedefleriyle uyumlu olmasını sağlar. Yara bakımı ile ilgili tartışmalar, müdahalelerin bakımın fiziksel ve duygusal boyutlarını ele alırken rahatlık ve haysiyete öncelik vermesini sağlayarak hastalardan, ailelerden ve disiplinler arası ekiplerden gelen girdileri içermelidir (Sezgin, 2023). Palyatif yara bakımı geleneksel yara bakımından farklı bir anlayış gerektirir. Palyatif yara bakımı, yara iyileşebilir olsun ya da olmasın, kronik yaralarla yaşayan hastalar ve aileler için sıkıntılı semptomları kontrol altına almak, duygusal sıkıntıyı hafifletmek, fonksiyonel durumu en üst düzeye çıkarmak ve yaşam kalitesini iyileştirmek için multidisipliner bütüncül bir yaklaşım benimser. Bakım ve tedavi öncelikleri, her hasta özelinde altta yatan hastalık sürecinin aşamasına, mevcut terapötik seçeneklerin faydalı olma ve kişisel tercihleri karşılama potansiyeline göre belirlenir. Palyatif yara bakımı ilkeleri, palyatif bakım hastalarının, ailelerin ve sağlık profesyonellerinin ihtiyaçlarını karşılamak ve yara bakımının sürekliliğini sağlamak için tüm bakım ortamlarına entegre edilmelidir (Şenel, 2021).

SONUÇ

Günümüzde kullanılan yara bakım ürünlerinin çeşitliliği palyatif hasta yakınlarının ve bakım veren personelin uygulamalarda yanlışlıklar yapmasına sebebiyet verebilir. Palyatif hasta yakınının hastasının yaradan kaynaklı ağrı,eksuda ve koku kaynaklı rahatsızlık duymasını engellemek amacıyla farklı ürün ve yöntemlere yönelebilmektedir. Bu durum bazen yarada kullanılması kontrendike veya yanlış ürün kullanıma neden olabilmektedir.Yara bakım konusunda eğitim almış hemşirelerin bu karmaşıklıklarını etkili bir şekilde değerlendirmeleri yara yönetimi sürelerini azaltabilir, tüm semptomların değerlendirilmesini sağlayabilir ve hasta-aile ikilisinde refah sağlayabilir (Nigrelli, 2025). Nitekim palyatif bakımda yara yönetiminde yetkin hemşirelerin varlığı, hastaların ve bakım verenlerin deneyimlerini önemli ölçüde iyileştirebilirken bu alandaki bilgi eksikliklerini gidererek hasta memnuniyetini olumlu etkileyebilmektedir. Özellikle son dönemdeki palyatif hastalarının yara bakımının iyileştirici olmaktan çok konfor sağlamayı hedeflemesi ve beden imajı algısına entegre olarak uygulanması gerekir. Yara bakım hemşiresi alanında uzmanlaşmış bir sağlık profesyonelidir. Güncel bilgi ve uygulamaların takibini yaparak yeni gelişmelerin ve/veya değişikliklerin uygulamaya geçirilmesini sağlar.

ETİK KURUL

Bu çalışma bir derleme (literatür taraması) niteliğinde olduğundan etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKLAR

Artico, M., Dante, A., D'Angelo, D., Lamarca, L., Mastroianni, C., Petitti, T., ... & De Marinis, M. G. (2018). Prevalence, incidence and associated factors of pressure ulcers in home palliative care patients: a retrospective chart review. *Palliative medicine*, *32*(1), 299-307.

Büke, A.N., & Kılıçarslan, M. (2025). Advances in wound dressings and pharmaceutical characterization techniques. ***Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 49(2), 590-614.**
Can, A., & Sağbaş, S. (2023). Wound care and current approaches. ***Health & Science*, 141.**
Çor, Z., & Soysal, G.E. (2024). Current perspectives on pressure ulcer prevention studies. ***Ahi Evran Medical Journal*, 8(2), 242-250.**
Çumralı, A., & Eskin, S. G. (2022). Yara Bakımında Güncel Yaklaşımlar. ***Proceedings Book/Tam Metin Bildiri Kitabı*, 73.**
European Palliative Care Association Wound Care Task Force. (2023). *A scoping review by the European Palliative Care Association wound care task force*. *Journal of Tissue Viability, 32*(4), 627–634.
European Wound Management Association. (n.d.). *Palliative wound care* [PDF]. Retrieved April 28, 2026, from https://ewma.org/wp-content/uploads/2025/03/One-page_PalliativeWound_picto_150126.pdf
Erbay, Ö., & Erarı, G. (2019). A sign of approaching end of life: Kennedy terminal ulcer. ***Journal of Uludağ University Medical Faculty*, 45(3), 335-338.**
Ferris A, Price A, Harding K. Pressure ulcers in patients receiving palliative care: A systematic review. Palliative Medicine. 2019 Jul 1;33(7):770-782.
Gethin, G., Kottner, J., Lamza, A., Meaume, S., Megal, C., Conde Montero, E., ... & Probst, S. (2025). Palliative wound care: recommendations for the management of wound-related symptoms. ***Journal of wound management, 26*(1), S1-S40.**
Güngörmüş, S. K. Z. (2024). Yara İyileşmesinde Hiperbarik Oksijen Tedavisi Ve Hemşirelik Bakımı. ***Socıal Scıences Studıes Journal (Sssjournal)*, *4*(21), 3078-3080.**
İlçe, A. Ö., & Uçar, Ö. (2025). Yarada Topikal Oksijen Uygulamaları. *Sağlık Bakım ve Rehabilitasyon Dergisi*, *4*(1), 103-113
Jenkins, A. (2025). Symptom Management in Hospice and Palliative Wound Care. *Journal of Pain and Symptom Management, 69*(5), e578-e579.
Karadağ, A., Hisar, F., & Özhan Elbaş, N. (2007). Assessing the professionalism level among nurses in Turkey. *Journal of Nursing Scholarship*, 39(4), 371-374. https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2007.00195.x
Kottner, J., Cuddigan, J., Carville, K., Balzer, K., Berlowitz, D., Law, S., ... & Haesler, E. (2019). Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: The protocol for the second update of the international Clinical Practice Guideline 2019. *Journal of tissue viability*, *28*(2), 51-58.
Lee, Y.N., & Chang, S.O. (2022). How wound care nurses construct the subjective framework in palliative wound care: A Q-methodology approach. *BMC Nursing*, 21(1), 119. https://doi.org/10.1186/s12912-022-00900-7
Mert, M., Vahabı, A., Öztürk, A. M., Erdem, H. A., & Taşbakan, M. I. (2022). Yumuşak Doku Enfeksiyonlarının Tedavisinde Cerrahi Girişime Alternatif Olarak Negatif Basınçlı Yara Tedavisinin Kullanımı. *Türkiye Klinikleri. Tip Bilimleri Dergisi*, *42*(1), 62-65.

Miron, R. J., Zucchelli, G., Pikos, M. A., Salama, M., Lee, S., Guillemette, V., ... & Choukroun, J. (2017). Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review. *Clinical oral investigations*, *21*(6), 1913-1927.

Mohd Zubir, M. Z., Holloway, S., & Mohd Noor, N. (2020). Maggot therapy in wound healing: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, *17*(17), 6103.

NPIAP Basınç Yaralanması Evreleri [İnternet]. [erişim tarihi: 6 Mart 2022]. Erişim adresi:
https://cdn.ymaws.com/npiap.com/resource/resmgr/online_store/npiap_pressure_injury_stages.pdf

Nunomura S, Nanri Y, Ogawa M, et. al. (2018). Constitutive overexpression of periostin delays wound healing in mouse skin. Wound Repair and Regeneration, 26(1), 6-15.

Nigrelli, D., Gambalunga, F., Anastasi, G., Peghetti, A., Durante, S., Giusti, M., ... & Latina, R. (2025). Malignant fungating wounds assessment in palliative care: a scoping review. *Frontiers in Public Health*, *13*, 1602493.

Öztürk, D., & Karadağ, A. (2019). The historical development of stoma and wound care nursing: The case of Turkey. *Journal of Education & Research in Nursing*, 16(1).

Şeker, G., & Davarcı, D. (2025). Wound dressings: clinical applications and modern approaches. *Ata-Kimya Journal*, 5(2), 61-67.

Şenel, G. (2021). Kronik Yara ve Palyatif Bakım. *Turkiye Klinikleri General Surgery-Special Topics*, *14*(4), 226-231

Schubert S, Marzloff G, Ryder S, Ott K, Hutton J, Becker M. Kapsamlı bir yara bakım ekibi ve programı kurmak. ***Fizik Med Rehabil Klinik N Am.* 2022;33(4):805–810**

Sezgin D, Geraghty J, Graham T, Blomberg K, Charnley K, Dobbs S, vd. Palyatif yara bakımının tanımlanması: Avrupa Palyatif Bakım Derneği yara bakımı görev gücü tarafından bir kapsam incelemesi. *J Doku Canlılığı.*2023 Kasım;32(4):627–634.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2011, 19 Nisan). *Hemşirelik yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik* (Sayı: 27910). Resmî Gazete. Resmî Gazete

Tekin N. Palyatif Bakım Hastalarında Basınç Yaraları. Smyrna Tıp Dergisi. 2016;(2):53.

Topan, H., & Ceyhan, Ö. (2022). Evidence-based contemporary treatment methods for pressure ulcers. ***Yobü Faculty of Health Sciences Journal*, 3(3), 358-365.**

Woo KY, Krasner DL, Kennedy B, Wardle D, Moir O. Palyatif Yara Bakımı Yönetim Stratejileri: Palyatif Hastalar ve Bakım Çevreleri İçin. Advances in Skin & Wound Care [İnternet]. 2015;28(3):130-140. Erişim adresi:
https://journals.lww.com/aswcjournal/Fulltext/2015/03000/Palliative_Wound_Care_Management_Strategies_for.9.a

World Health Organization. (2020). *Palliative care*. Retrieved January 23, 2022, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care

Yara Ostomi İnkontinans Hemşireleri Derneği. (2014). *Stoma ve yara bakım hemşirelerinin etik ilkeleri*. Erişim tarihi: 7 Mayıs 2026, http://www.yoihd.org.tr/

Yastrub, D.J. (2010). Pressure or pathology: differentiating pressure ulcers from the Kennedy terminal ulcer. ***Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*, 37(3), 249-250.**

TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN "SUÇ VE BAĞIMLILIK" TEMALI LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

Emrullah BOZKURT
Tokat Gaziosmanpaşa University, Graduate Education Institute, Master's Program in Social Work (Department of Social Work / Graduate Student), Tokat
ORCID ID: 0009-0005-8201-2797
Dr. Öğr. Üyesi Burak ACAR
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work, Tokat
ORCID ID: 0000-0003-4765-3319

ÖZET
Bu çalışma Türkiye'de "suç ve bağımlılık" temalı lisansüstü tez çalışmalarını, makaleleri ve kitapları tematik ve niteliksel açıdan bibliyografik bir değerlendirmeye tabi tutmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda ele alınan konular, temalandırılmış ve türlerine göre ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu çalışma nitel araştırma deseni olarak tasarlanmış olup verilerin toplanmasında 'literatür taraması' yöntemi kullanılmıştır. Literatür taramasında kullanılmak üzere çok sayıda anahtar kavram belirlenmiş, akademik veri tabanları(YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark, Google Scholar vs.) üzerinden kapsamlı olarak taranmıştır. Elde edilen verilerin analizinde ise betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. "Suç ve bağımlılık" temalı 77 adet lisans üstü tez çalışmasına, 90 adet makaleye ve 25 adet kitaba ulaşılmıştır. Ortaya konulan çalışmalar Denetimli serbestlik, koruyucu önleyici, psikososyal, tedavi ve rehabilitasyon(27), ceza hukuku, mevzuat, güvenlik politikaları, adli kolluk, cezaevi(66), suçla ilişkili bağımlılık türleri(43), sosyodemografik değişkenler(49) ve diğer(7) temalar çerçevesinde üretilmiştir. Öte yandan İstanbul Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Üsküdar Üniversitesi ve Ege Üniversitesi bu alanda en çok çalışma üreten üniversiteler olarak öne çıkmaktadır. Yapılan akademik çalışmalar daha çok adalet mekanizmaları ve suç olguları içinde bağımlı bireyi incelemektedir. Çalışmaların adli bilimler, psikoloji/psikiyatri/pdr ve kamu hukuku ağırlıklı olması ise çalışmanın amacına uygun sonuçlar vermesi bakımından önemlidir. Araştırmanın sonuçlarından bir diğeri ise yapılan çalışmaların alt temalara yönelik sıklık dağılımın tespit edilmesine ve daha az çalışma yapılan alanların tespitine imkan sağlamasıdır. Bu durumun sonraki muhtemel çalışmaların özgün alt temalar çerçevesinde yapılmasına katkı sunacağı düşünülmektedir.
Anahtar Kavramlar: Suç ve Bağımlılık, Tez/Makale/Kitap Çalışmaları, Literatür Değerlendirmesi

A LITERATURE REVIEW OF "CRIME AND ADDICTION" STUDIES PRODUCED IN TÜRKİYE

ABSTRACT
This study aims to conduct a thematic and qualitative bibliographic evaluation of graduate theses, academic articles, and books produced in Türkiye on the theme of "crime and addiction." Within this scope, the subjects addressed were categorized thematically and examined and evaluated separately according to their types. The study was designed as a qualitative research model, and the "literature review" method was employed for data collection. Numerous keywords were identified for the literature review, and comprehensive searches were conducted through academic databases such as the Council of Higher Education National Thesis Center (YÖK National Thesis Center), DergiPark, and Google Scholar.

Descriptive analysis was used in the analysis of the obtained data. A total of 77 graduate theses, 90 academic articles, and 25 books related to the theme of “crime and addiction” were identified. The studies examined were produced within the thematic frameworks of probation, preventive and protective approaches, psychosocial support, treatment and rehabilitation (27); criminal law, legislation, security policies, forensic law enforcement, and prisons (66); addiction types associated with crime (43); sociodemographic variables (49); and other themes (7). Furthermore, Istanbul University, Çukurova University, Üsküdar University, and Ege University emerged as the universities producing the highest number of studies in this field. The academic studies conducted primarily examine addicted individuals within the context of justice mechanisms and criminal phenomena. The fact that the studies are predominantly concentrated in the fields of forensic sciences, psychology/psychiatry/guidance and psychological counseling, and public law is considered significant in terms of producing results consistent with the aims of the study. Another finding of the research is that it enables the identification of the frequency distribution of sub-themes addressed in the literature, as well as the detection of areas that have received relatively limited scholarly attention. It is believed that this situation will contribute to future studies being conducted within the framework of more original sub-themes.
Keywords: Crime and Addiction, Thesis/Article/Book Studies, Literature Review.

A PRIVACY-PRESERVING FEDERATED LEARNING FRAMEWORK FOR CHEST X-RAY AND BRAIN MRI CLASSIFICATION USING FEDADAM, FEDREP, AND ADAPTIVE DIFFERENTIAL PRIVACY

Partha Bhuti
ORCID: 0009-0009-8415-9484
Rakesh Singha
ORCID: 0009-0007-0971-6127
Partha Protim Sadhu
ORCID: 0009-0003-1675-8756
Sumit Chakraborty
ORCID: 0009-0000-0520-326X
Jayanta Mahato
ORCID: 0009-0008-2702-1094
Meghna Chatterjee
ORCID: 0009-0003-6630-631X
Avick Kumar Dey
ORCID: 0000-0003-2394-3565
Somnath Maji
Department of Computer Science and Engineering
Durgapur Institute of Advanced Technology and Management, Durgapur, India
ORCID: 0000-0002-2139-7727

Abstract
The continuous growth of medical imaging datasets, together with rising concerns about patient confidentiality, has created major challenges for centralized artificial intelligence systems in healthcare. Traditional deep learning methods often require data from multiple hospitals to be collected in a central server, which may cause ethical, legal, and cybersecurity risks. To address these issues, Federated Learning has emerged as a distributed training approach that enables institutions to collaboratively build a shared model while keeping sensitive data locally. This makes FL highly suitable for privacy-sensitive healthcare environments.This research proposes a secure and efficient federated framework for automated disease diagnosis using Chest X-ray, Brain MRI image datasets. Hospitals can jointly train machine learning models without sharing raw medical images, preserving privacy while benefiting from diverse distributed data. EfficientNetB0 with transfer learning is used as the feature extractor to improve computational efficiency and predictive accuracy.To accelerate convergence and optimize training, the central server applies the FedAdam aggregation algorithm. Additionally, a FedRep-based personalization strategy is adopted, where feature extraction layers are globally shared while classification layers are trained locally by each client. This improves performance under non-IID data conditions, which are common across hospitals due to differences in equipment, patient demographics, and disease prevalence.For stronger privacy protection, Adaptive Differential Privacy is integrated during local training. This method combines gradient clipping with gradually reduced Gaussian noise, achieving a better balance between privacy and accuracy than fixed-noise techniques. Class-weight balancing and selective fine-tuning are also applied to manage dataset imbalance, reduce computational cost.Experimental results in a simulated multi-hospital setting show strong classification accuracy, stable convergence, and reliable generalization across both imaging tasks.

Keywords: Federated Learning, Medical Imaging, EfficientNetB0, FedAdam, Differential Privacy

GLOBAL FACTORS FOR INCREASING STUDENT MOTIVATION

Mariam Koberidze
Professor Gori State University (Georgia)
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6604-1628

Abstract
Motivation is one of the strongest determinants of student success and failure. High academic motivation is associated with high student engagement in learning activities and high academic achievement. The challenges related to student motivation are global. The study of motivation is of utmost importance to educational psychology, both for the scientific modeling of learning and teaching, as well as for the refinement and development of teaching and learning practices at various levels of the educational system.For the study of motivation, it is important to consider the personal and contextual factors within which motivation emerges and operates. These can be learning tasks and situations, personal aspirations, learning goals, etc. In this context, one of the interesting theories is the theory of self-regulation, namely, motivation in the context of personal self-regulation. That is why we will focus on the theoretical model proposed by Pintrich, which is based on the main socio-cognitive theories in psychology. In the context of learning, self-regulation is considered as self-regulated learning. This is a process in which the learner activates and controls his own cognition, emotions, and behavior to achieve learning goals. And one of the important components in this process is motivation.
Self-regulation is a learnable and developable skill that, with the right and timely interventions and support, can be improved.
Keywords: Globalization, Motivation, Education, Students

VOLEYBOL OYUNCULARINDA CORE KUVVET ANTRENMAN PROGRAMININ SÜRAT VE DİNAMİK DENGE ÜZERİNE ETKİSİ

Kevser BAY
Gaziantep University, Faculty of Sport Science, Gaziantep.
ORCID: 0009-0005-4871-3442
Önder DAĞLIOĞLU
Gaziantep University, Faculty of Sport Science, Gaziantep.
ORCID: 0000-0002-6213-9855

ÖZET
Bu çalışmanın amacı voleybol oyuncularında core kuvvet antrenman programının sürat ve dinamik denge üzerine etkisini incelemektir. Çalışmaya, düzenli voleybol antrenmanı yapan 18-21 yaş arasında toplam 16 erkek voleybolcu gönüllü olarak katıldı. Katılımcılar deney grubu (n=8) ve kontrol grubu (n=8) olarak iki gruba ayrıldı. Deney grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün core kuvvet antrenman programı uygulandı. Her iki grup voleybol antrenmanlarına devam etti. Core kuvvet antrenman programına başlamadan önce ve antrenman bittikten sonra sürat ve dinamik denge test değerleri ölçüldü. Sürat için 20 metre testi uygulandı. Dinamik denge testi için Biodex Balance SD İzokinetik Denge Test cihazı kullanıldı. SPSS 22.0 paket programı istatistiksel analiz için kullanıldı. Normalite testi için Shapiro-Wilk testi uygulandı. Verilerin istatistiksel analizi için grup içi karşılaştırmalarda Paired Sample t test, gruplar arası karşılaştırmalar için Independent Sample t testi kullanıldı. Deney grubunun ön test ve son test ölçümleri karşılaştırıldığında sürat ve dinamik denge skorlarında istatistiksel olarak anlamlılık bulundu ($p<0.05$). Kontrol grubunun verilerinde ise herhangi bir anlamlılık bulunmadı ($p>0.05$). Grupların ön test ve son test verileri karşılaştırıldığında deney grubu lehine anlamlılık bulundu ($p<0.05$). Sonuç olarak voleybol oyuncularına uygulanan core kuvvet antrenman programının sürat ve dinamik denge skorları üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu söylenebilir.
Anahtar Kelimeler: Core kuvvet, Sürat, Denge, Voleybol.

THE EFFECT OF CORE STRENGTH TRAINING PROGRAMS ON SPEED AND DYNAMIC BALANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS

ABSTRACT
The aim of this study was to investigate the effect of a core strength training program on speed and dynamic balance in volleyball players. A total of 16 male volleyball players aged 18-21 who regularly trained in volleyball voluntarily participated in the study. Participants were divided into two groups: an experimental group (n=8) and a control group (n=8). The experimental group underwent a core strength training program three days a week for six weeks. Both groups continued their volleyball training. Speed and dynamic balance test values were measured before starting the core strength training program and after the training session. A 20-meter test was applied for speed. The Biodex Balance SD Isokinetic Balance Test device was used for the dynamic balance test. SPSS 22.0 software package was used for statistical analysis. The Shapiro-Wilk test was applied for normality testing. For statistical analysis of the data, the Paired Sample t-test was used for within-group comparisons, and the Independent Sample t-test was used for between-group comparisons. A statistically significant difference was found in speed and dynamic balance scores when comparing the pre-test and post-test measurements of

the experimental group ($p<0.05$). No significant differences were found in the control group data ($p>0.05$). When comparing the pre-test and post-test data of the groups, a significant difference was found in favor of the experimental group ($p<0.05$). As a result, it can be said that the core strength training program applied to volleyball players has a positive effect on speed and dynamic balance scores.
Keywords: Core strength, Speed, Balance, Volleyball.

SÜSPANSİYON TOZ LASTİKLERİNDE METAL KİLİTLEME ELEMANININ YOL AÇTIĞI MONTAJ HASARLARININ KOMPOZİT MALZEME İLE YENİDEN TASARIM YOLUYLA AZALTILMASI

Elçin KAHRAMAN UMAN
SIO Automotive, Ergene-Tekirdağ,TÜRKİYE
ORCID ID: 0009-0001-0251-3008

ÖZET

Otomotiv süspansiyon ve direksiyon sistemlerinde kullanılan çakmalı tip toz lastiği tasarımlarında, metal sac esaslı kilitleme elemanları montaj sırasında elastomer malzemede hasar oluşumuna neden olan temel faktörlerden biridir. Mevcut tasarımda metal bileşenin yüksek rijitliği ve keskin kenar geometrisi, montaj esnasında toz lastiği üzerinde lokal gerilme yoğunlaşmaları oluşturarak yırtılma ve kesilme mekanizmalarını tetiklemekte, bu durum ise doğrudan montaj kaynaklı hurda oranını artırmaktadır.

Bu çalışmada, metal sac bileşen tamamen elimine edilerek, toz lastiğinin alt etek bölgesine gömülü, dişli halka geometrisine sahip kompozit esaslı bir yapı geliştirilmiştir. Söz konusu halka, gövde üzerindeki kanal ile etkileşime giren tırnak benzeri yüzey geometrisi sayesinde montaj sırasında mekanik kilitlenme sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, metal-elastomer temasını ortadan kaldırarak hasara neden olan keskin kenar etkisini yapısal olarak elimine etmektedir.

Geliştirilen kompozit halka yapısı, daha düşük efektif rijitliği ve uyumlu deformasyon kabiliyeti sayesinde montaj sırasında temas gerilmelerini daha homojen şekilde dağıtmakta ve elastomer malzeme üzerindeki kesme ve yırtılma etkilerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Prototip montaj çalışmaları, önerilen tasarımın mevcut metal destekli çözümlere kıyasla daha kararlı bir montaj davranışı sergilediğini ve montaj kaynaklı hurda oranında belirgin bir iyileşme sağladığını göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, toz lastiği tasarımlarında metal bileşenlerin elimine edilerek, fonksiyonun elastomer içerisine gömülü kompozit halka yapısı ile sağlandığı alternatif bir yaklaşım sunmaktadır. Önerilen tasarım, fonksiyonel gereklilikleri karşılamakta ve montaj kaynaklı hasar mekanizmasını azaltarak üretim verimliliğini artırmaktadır.

Anahtar kelimeler: Toz lastiği, süspansiyon sistemleri, kompozit malzeme, kilitleme elemanı, montaj kaynaklı hurda.

KAYNAKÇA

[1] M. Drobilik, M. Stenicka, M. Poschl, P. Zadrapa and R. Stocek, “Effect of carbon black and curing system on rubber–metal interface strength of automotive components,” *Polymer Bulletin*, vol. 81, pp. 8853–8867, 2024. doi:10.1007/s00289-023-05107-7.
[2] R. C. Kutlubay and T. Sekercioglu, “Investigation of the Factors Affecting the Strength of a Metal-Rubber Interface Joined by Vulcanization: A Review,” *Materials and Technology*, 2024. doi:10.17222/mit.2024.1183.

[3] X. Chen, R. Zonoz and H. Salem, “Crack Growth Behavior in Metal-elastomer Bonding Interface under Cyclic Deformation,” *Recent Patents on Materials Science*, vol. 7, no. 2, 2024. doi:10.2174/0124522716324824240905113526.
[4] L. Benyahia, M. Ji and F. Poncin-Epaillard, “Mechanical Behavior of Plasma-Treated Metal–Rubber Assemblies,” *Molecules*, vol. 29, no. 23, 2024. doi:10.3390/molecules29235590.
[5] G. Aswin et al., “Recent Advances in Corrosion Behaviour and Interfacial Failure of Rubber–Metal Composites,” *npj Materials Degradation*, vol. 10, 2026.
[6] S. Pletincx, L. L. I. Fockaert, J. M. C. Mol, T. Hauffman and H. Terryn, “Probing the Formation and Degradation of Chemical Interactions from Model Molecule/Metal Oxide to Buried Polymer/Metal Oxide Interfaces,” *npj Materials Degradation*, vol. 3, 2019. doi:10.1038/s41529-019-0085-2.
[7] “Rheological Characterization and Modelling of the Rubber to Metal Vulcanization-Bonding Process,” *Polymer Testing*, vol. 36, pp. 88–94, 2014. doi:10.1016/j.polymertesting.2014.03.009.
[8] “Multi-scale Experimental Analysis of Rate Dependent Metal–Elastomer Interface Mechanics,” *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, vol. 80, pp. 26–36, 2015. doi:10.1016/j.jmps.2015.04.005.
[9] R. F. Hamadeh, D. A. Dillard, K. M. Liechti and J. S. Thornton, “A Mechanistic Evaluation of Cathodic Debonding of Elastomer to Metal Bonds,” *Journal of Adhesion Science and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 421–440, 1989. doi:10.1163/156856189X00317.
[10] L. M. P. Durão, J. M. R. S. Tavares, V. H. C. de Albuquerque, J. F. S. Marques and O. N. G. Andrade, “Drilling Damage in Composite Material,” *Materials*, vol. 7, no. 5, pp. 3802–3819, 2014. doi:10.3390/ma7053802.
[11] J. Troschitz, R. Füßel, R. Kupfer and M. Gude, “Damage Analysis of Thermoplastic Composites with Embedded Metal Inserts Using In Situ Computed Tomography,” *Journal of Composites Science*, vol. 6, no. 10, 2022. doi:10.3390/jcs6100287.
[12] “A Novel Profiling Concept Leading to a Significant Increase in the Mechanical Performance of Metal to Composite Adhesive Joints,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 261, 2023, 110791. doi:10.1016/j.compositesb.2023.110791.
[13] X. Cheng, W. Huang and Q. Zhang, “Damage and Failure Analysis of Polymer-Based Composites,” *Polymers*, vol. 17, no. 3, 2025. doi:10.3390/polym17030272.
[14] “A Review of Delamination Damage of Composite Materials,” *Journal of Composites Science*, vol. 7, no. 11, 2023. doi:10.3390/jcs7110468.
[15] A. Maier, R. Schmidt, B. Oswald-Tranta and R. Schledjewski, “Non-Destructive Thermography Analysis of Impact Damage on Large-Scale CFRP Automotive Parts,” *Materials*, vol. 7, no. 1, pp. 413–429, 2014. doi:10.3390/ma7010413.
[16] “MK2—A Novel Assembly Injection Molding Process for the Combination of Functional Metal Surfaces with Polymer Structures,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 210, no. 14, pp. 1852–1857, 2010. doi:10.1016/j.jmatprotec.2010.06.020.
[17] M. Prochoń, J. Sawicki, M. Reda, P. Sirek, M. Suwalska and B. Werstak, “Shot Blasting Dust as a Filler in Elastomer Composites,” *Journal of Elastomers & Plastics*, vol. 53, no. 8, 2021. doi:10.1177/00952443211015357.
[18] S. Zou, D. Therriault and F. P. Gosselin, “Toughening Elastomers via Microstructured Thermoplastic Fibers with Sacrificial Bonds and Hidden Lengths,” 2021.
[19] F. Hirsch, E. Natkowski and M. Kästner, “Modeling and Simulation of Interface Failure in Metal-Composite Hybrids,” 2021.
[20] R. Sahli et al., “Shear-Induced Anisotropy in Rough Elastomer Contact,” 2019.

REDUCTION OF ASSEMBLY-INDUCED DAMAGES CAUSED BY METAL LOCKING ELEMENTS IN SUSPENSION DUST BOOTS THROUGH REDESIGN USING COMPOSITE MATERIALS

ABSTRACT

In automotive suspension and steering systems, press-fit dust boot designs commonly employ metal sheet-based locking elements, which are identified as a primary cause of elastomer damage during assembly. In conventional configurations, the high stiffness and sharp-edge geometry of the metal component lead to localized stress concentrations on the dust boot, triggering tearing and cutting mechanisms. These failure modes directly contribute to increased assembly-induced scrap rates.

In this study, a novel composite-based structure is developed by completely eliminating the metal sheet component and introducing a serrated ring geometry embedded into the lower skirt region of the dust boot. The proposed structure is designed to mechanically engage with the housing groove through a claw-like surface topology, enabling secure locking during assembly without the need for a metallic interface. This approach fundamentally removes the sharp-edge interaction responsible for damage formation.

The developed composite ring structure, due to its lower effective stiffness and improved deformation compatibility, distributes contact stresses more uniformly during assembly and significantly reduces shear and tearing effects on the elastomer material. Prototype assembly tests demonstrate that the proposed design exhibits a more stable assembly behavior compared to conventional metal-supported solutions and results in a noticeable reduction in assembly-induced scrap rate.

In conclusion, this study presents an alternative design approach in which metallic components are eliminated and functional requirements are achieved through an elastomer-integrated composite locking ring. The proposed solution enhances manufacturing efficiency by mitigating assembly-induced damage while maintaining functional performance requirements.

Keywords: Dust boot, suspension systems, composite material, locking mechanism, assembly-induced scrap

REFERENCES

[1] M. Drobilik, M. Stenicka, M. Poschl, P. Zadrapa and R. Stocek, “Effect of Carbon Black and Curing System on Rubber–Metal Interface Strength of Automotive Components,” Polymer Bulletin, vol. 81, pp. 8853–8867, 2024. doi:10.1007/s00289-023-05107-7.

[2] R. C. Kutlubay and T. Sekercioglu, “Investigation of the Factors Affecting the Strength of a Metal–Rubber Interface Joined by Vulcanization: A Review,” Materials and Technology, 2024. doi:10.17222/mit.2024.1183.

[3] X. Chen, R. Zonoz and H. Salem, “Crack Growth Behavior in Metal–Elastomer Bonding Interface under Cyclic Deformation,” Recent Patents on Materials Science, vol. 7, no. 2, 2024. doi:10.2174/0124522716324824240905113526.

[4] L. Benyahia, M. Ji and F. Poncin-Epaillard, “Mechanical Behavior of Plasma-Treated Metal–Rubber Assemblies,” Molecules, vol. 29, no. 23, 2024. doi:10.3390/molecules29235590.

[5] G. Aswin et al., “Recent Advances in Corrosion Behaviour and Interfacial Failure of Rubber–Metal Composites,” npj Materials Degradation, vol. 10, 2026.

[6] S. Pletincx, L. L. I. Fockaert, J. M. C. Mol, T. Hauffman and H. Terryn, “Probing the Formation and Degradation of Chemical Interactions from Model Molecule/Metal Oxide to Buried Polymer/Metal Oxide Interfaces,” npj Materials Degradation, vol. 3, 2019. doi:10.1038/s41529-019-0085-2.
[7] “Rheological Characterization and Modelling of the Rubber-to-Metal Vulcanization Bonding Process,” Polymer Testing, vol. 36, pp. 88–94, 2014. doi:10.1016/j.polymertesting.2014.03.009.
[8] “Multi-Scale Experimental Analysis of Rate-Dependent Metal–Elastomer Interface Mechanics,” Journal of the Mechanics and Physics of Solids, vol. 80, pp. 26–36, 2015. doi:10.1016/j.jmps.2015.04.005.
[9] R. F. Hamadeh, D. A. Dillard, K. M. Liechti and J. S. Thornton, “A Mechanistic Evaluation of Cathodic Debonding of Elastomer-to-Metal Bonds,” Journal of Adhesion Science and Technology, vol. 3, no. 1, pp. 421–440, 1989. doi:10.1163/156856189X00317.
[10] L. M. P. Durão, J. M. R. S. Tavares, V. H. C. de Albuquerque, J. F. S. Marques and O. N. G. Andrade, “Drilling Damage in Composite Material,” Materials, vol. 7, no. 5, pp. 3802–3819, 2014. doi:10.3390/ma7053802.
[11] J. Troschitz, R. Füßel, R. Kupfer and M. Gude, “Damage Analysis of Thermoplastic Composites with Embedded Metal Inserts Using In Situ Computed Tomography,” Journal of Composites Science, vol. 6, no. 10, 2022. doi:10.3390/jcs6100287.
[12] “A Novel Profiling Concept Leading to a Significant Increase in the Mechanical Performance of Metal-to-Composite Adhesive Joints,” Composites Part B: Engineering, vol. 261, 2023, 110791. doi:10.1016/j.compositesb.2023.110791.
[13] X. Cheng, W. Huang and Q. Zhang, “Damage and Failure Analysis of Polymer-Based Composites,” Polymers, vol. 17, no. 3, 2025. doi:10.3390/polym17030272.
[14] “A Review of Delamination Damage of Composite Materials,” Journal of Composites Science, vol. 7, no. 11, 2023. doi:10.3390/jcs7110468.
[15] A. Maier, R. Schmidt, B. Oswald-Tranta and R. Schledjewski, “Non-Destructive Thermography Analysis of Impact Damage on Large-Scale CFRP Automotive Parts,” Materials, vol. 7, no. 1, pp. 413–429, 2014. doi:10.3390/ma7010413.
[16] “MK2—A Novel Assembly Injection Molding Process for the Combination of Functional Metal Surfaces with Polymer Structures,” Journal of Materials Processing Technology, vol. 210, no. 14, pp. 1852–1857, 2010. doi:10.1016/j.jmatprotec.2010.06.020.
[17] M. Prochoń, J. Sawicki, M. Reda, P. Sirek, M. Suwalska and B. Werstak, “Shot Blasting Dust as a Filler in Elastomer Composites,” Journal of Elastomers & Plastics, vol. 53, no. 8, 2021. doi:10.1177/00952443211015357.
[18] S. Zou, D. Therriault and F. P. Gosselin, “Toughening Elastomers via Microstructured Thermoplastic Fibers with Sacrificial Bonds and Hidden Lengths,” 2021.
[19] F. Hirsch, E. Natkowski and M. Kästner, “Modeling and Simulation of Interface Failure in Metal–Composite Hybrids,” 2021.
[20] R. Sahli et al., “Shear-Induced Anisotropy in Rough Elastomer Contact,” 2019.

TAMİR EDİLEBİLİR MODÜLER SÜSPANSİYON BİLEŞENİ TASARIMI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Elçin KAHRAMAN UMAN
SIO Automotive, Ergene-Tekirdağ,TÜRKİYE
ORCID ID: 0009-0001-0251-3008

ÖZET

Otomotiv süspansiyon sistemlerinde kullanılan rotil bileşenleri, birçok mühendislik uygulamasında gövde ile bütünleşik (yekpare) yapıda tasarlanmakta ve servis ömrü boyunca ayrıştırılamayan sistem bileşenleri olarak kullanılmaktadır. Bu tasarım yaklaşımı, lokal hasar durumlarında dahi tüm montajın değiştirilmesini zorunlu kılarak bakım esnekliğini sınırlandırmakta ve özellikle büyük kontrol kolları gibi taşıyıcı süspansiyon bileşenlerinde önemli bir sürdürülebilirlik problemi oluşturmaktadır.

Bu çalışma, rotil ve gövde bileşenlerinin fonksiyonel olarak ayrıştırıldığı ve servis sırasında bağımsız olarak değiştirilebildiği modüler bir tasarım yaklaşımının geliştirilmesini kapsamaktadır. Önerilen tasarımda gövde, uzun ömürlü yapısal bir taşıyıcı olarak korunurken; rotil, aşınma ve yorulmaya maruz kalan değiştirilebilir bir alt modül olarak yeniden tasarlanmıştır. Böylece bakım işlemleri yalnızca rotil elemanının değiştirilmesi ile gerçekleştirilebilmekte ve tüm sistemin yenilenmesi gerekliliği ortadan kaldırılmaktadır.

Tasarım kapsamında, rotil ile gövde arasındaki ara yüzey geometrisi ve kilitleme mekanizması, hem yapısal güvenlik gerekliliklerini karşılayacak hem de tekrarlanabilir montaj–demontaj kabiliyetini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Gerçekleştirilen mekanik dayanım, aşınma ve yorulma testleri, önerilen ayrık tasarım yaklaşımının geleneksel yekpare tasarımlarla karşılaştırılabilir performans seviyelerine ulaştığını göstermektedir.

Özellikle büyük kontrol kolları gibi yüksek kütleli taşıyıcı süspansiyon bileşenlerinde, bu yaklaşımın sürdürülebilirlik etkisi daha belirgin hale gelmektedir. Bu yapı sayesinde, yalnızca aşınmaya maruz kalan rotil elemanının değiştirilmesi mümkün hale gelmekte; böylece taşıyıcı gövdenin kullanım ömrü boyunca yeniden değerlendirilmesi sağlanarak malzeme tüketimi ve atık oluşumu önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bu durum, ürün yaşam döngüsü boyunca kaynak verimliliğini artıran ve çevresel etkileri azaltan bir bakım stratejisi ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, güvenlik kritik otomotiv bileşenlerinde tamir edilebilirliği yapısal bir tasarım parametresi olarak ele almakta ve modüler tasarım yaklaşımının büyük ölçekli süspansiyon sistemlerinde sürdürülebilirlik açısından uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır.
Anahtar kelimeler: Rotil, tamir edilebilir tasarım, modüler yapı, süspansiyon sistemleri, kontrol kolu, sürdürülebilirlik, yaşam döngüsü.

KAYNAKÇA

[1] Halstenberg, F. A., Buchert, T., Bonvoisin, J., Lindow, K., & Stark, R. (2015). Target-oriented modularization—Addressing sustainability design goals in product modularization. Procedia CIRP, 29, 603–608. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.166

[2] Ma, J., & Okudan Kremer, G. E. (2016). A sustainable modular product design approach with key components and uncertain end-of-life strategy consideration. The International Journal

of Advanced Manufacturing Technology, 85(1–4), 741–763. https://doi.org/10.1007/s00170-015-7979-0
[3] Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). The role of modularity in sustainable design: A systematic review. Journal of Cleaner Production, 176, 196–209. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.106
[4] Omidzadeh, D., Sajadi, S. M., Bozorgi-Amiri, A., & Sobhani, F. M. (2022). A sustainability approach to vehicle modular platform design: A mathematical model. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, 236(6), 2296–2310. https://doi.org/10.1177/09544089221092514
[5] Pakseresht, A., Asadi, M., & Hassanzadeh Amin, S. (2021). Sustainable modular product architecture design by bi-level leader–follower joint optimization with switching-based meta-heuristic algorithm. Journal of Cleaner Production, 306, 127108. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127108
[6] Tang, L., Shangguan, W.-B., & Dai, L. (2012). A calculation method of joint forces for a suspension considering nonlinear elasticity of bushings. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 226(4), 489–500. https://doi.org/10.1177/1464419312452214
[7] Fracasso, H. O., Andrade, A., Cardoso, S., Satkunas, H., & Zucchini, M. (2006). Suspension ball joint failure analysis based on problem solving process. SAE Technical Paper Series. https://doi.org/10.4271/2006-01-2869

REPAIRABLE MODULAR SUSPENSION COMPONENT DESIGN AND INVESTIGATION OF SUSTAINABILITY IMPACTS

ABSTRACT

Ball joint components used in automotive suspension systems are commonly designed as integrated structures in many engineering applications and are utilized as system elements that cannot be disassembled throughout their service life. This design approach limits maintenance flexibility by requiring the replacement of the entire assembly even in cases of localized damage, thereby creating a significant sustainability challenge, particularly in load-bearing suspension components such as large control arms.

This study encompasses the development of a modular design approach in which the ball joint and housing components are functionally separated and can be independently replaced during service. In the proposed design, the housing is maintained as a long-life structural carrier, while the ball joint is redesigned as a replaceable sub-module subjected to wear and fatigue. In this way, maintenance operations can be performed by replacing only the ball joint element, eliminating the need for full system replacement.

Within the design scope, the interface geometry and locking mechanism between the ball joint and the housing were optimized to satisfy structural safety requirements while also enabling repeatable assembly and disassembly capability. Mechanical strength, wear, and fatigue tests conducted indicate that the proposed decoupled design approach achieves performance levels comparable to conventional monolithic designs.

The sustainability impact of this approach becomes particularly pronounced in high-mass load-bearing suspension components such as large control arms. With this architecture, only the wear-prone ball joint element requires replacement, thereby enabling the reuse of the load-

bearing housing throughout its service life. As a result, material consumption and waste generation are significantly reduced. This represents a maintenance strategy that enhances resource efficiency and reduces environmental impact across the product life cycle.

In conclusion, this study treats repairability as a structural design parameter in safety-critical automotive components and demonstrates the applicability of a modular design approach in large-scale suspension systems from a sustainability perspective.

Keywords: Ball joint, repairable design, modular structure, suspension systems, control arm, sustainability, life cycle.

REFERENCES

[1] Halstenberg, F. A., Buchert, T., Bonvoisin, J., Lindow, K., & Stark, R. (2015). Target-oriented modularization—Addressing sustainability design goals in product modularization. Procedia CIRP, 29, 603–608. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.166

[2] Ma, J., & Okudan Kremer, G. E. (2016). A sustainable modular product design approach with key components and uncertain end-of-life strategy consideration. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 85(1–4), 741–763. https://doi.org/10.1007/s00170-015-7979-0

[3] Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). The role of modularity in sustainable design: A systematic review. Journal of Cleaner Production, 176, 196–209. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.106

[4] Omidzadeh, D., Sajadi, S. M., Bozorgi-Amiri, A., & Sobhani, F. M. (2022). A sustainability approach to vehicle modular platform design: A mathematical model. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, 236(6), 2296–2310. https://doi.org/10.1177/09544089221092514

[5] Pakseresht, A., Asadi, M., & Hassanzadeh Amin, S. (2021). Sustainable modular product architecture design by bi-level leader–follower joint optimization with switching-based meta-heuristic algorithm. Journal of Cleaner Production, 306, 127108. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127108

[6] Tang, L., Shangguan, W.-B., & Dai, L. (2012). A calculation method of joint forces for a suspension considering nonlinear elasticity of bushings. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 226(4), 489–500. https://doi.org/10.1177/1464419312452214

[7] Fracasso, H. O., Andrade, A., Cardoso, S., Satkunas, H., & Zucchini, M. (2006). Suspension ball joint failure analysis based on problem solving process. SAE Technical Paper Series. https://doi.org/10.4271/2006-01-2869

OTOMOTİV YÖNLENDİRME SİSTEMLERİNDE HATA DUYARLI ROTBAŞI TASARIMI

Ercan OLCAY
SIO Automotive, Ergene-Tekirdağ,TÜRKİYE,
ORCID ID: 0009-0003-7032-4801

ÖZET

Otomotiv ürünlerinde sürüş konforu, araç dinamiği ve sürüş güvenliği noktasında yönlendirme sistemleri kritik bir role sahiptir. Bu sistemlerin başlıca parçalarından olan rotbaşı bileşenleri, direksiyon hareketini tekerleklere aktaran ve aracın yönlendirme performansında doğrudan rol oynayan önemli bir unsurdur. Rotbaşı bileşenlerinde kullanıma bağlı olarak zamanla meydana gelen boşluk, gevşeme, aşınma ve kalıcı deformasyonlar; yol tutuş kararlılığının bozulmasına, titreşim artışına ve kritik seviyede güvenlik sorunlarına yol açmaktadır. Yolcu güvenliği nedeniyle otomotiv endüstrisinde rotbaşı bileşenlerinin yalnızca fonksiyonel elemanlar olarak değil, aynı zamanda kendi durumunu izleyebilen akıllı sistemler şeklinde geliştirilmesi son yıllarda hız kazanmıştır.

Endüstri 4.0, akıllı sensör teknolojileri ve kestirimci bakım yaklaşımları ve dijitalleşme süreçleri ile birlikte otomotiv parçalarında gerçek zamanlı durum izleme konulu çalışmalar ivme kazanmıştır. Özellikle strain-gauge tabanlı ölçüm yapma, mikrodenetleyici destekli veri işleme ve kablosuz haberleşme ile; mekanik sistemlerde oluşan sorunların izlenmesi ve uygun aşamada belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu yaklaşımlar sayesinde arıza sonrası müdahale aşamasından önce, arıza oluşmadan önce bakım stratejilerinin uygulanması mümkün olabilmektedir. Sonuç olarak artan araç güvenliği ile birlikte, düşen bakım maliyetleri ve istemsiz servis dışı olma süreleri elde edilmektedir.

Hata duyarlı mekanik bileşenler; sensör entegrasyonu, veri toplama, sinyal işleme, hata sınıflandırma algoritmaları ve kullanıcı bilgilendirme arayüzleri, çok disiplinli mühendislik alanlarını oluşturmaktadır. Bu sistemlerde verilerin elde edilmesi ve analizi, kritik hata eşiklerinin belirlenmesi, aracın merkezi güvenlik sistemleri ile entegrasyonu sağlanmaktadır. Mobil haberleşme altyapıları ve uzaktan izleme sistemleri araç güvenlik seviyeleri anlık olarak izlenebilmektedir. Her gün gelişen bu teknolojiler akıllı araç teknolojileri açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında; otomotiv yönlendirme sistemlerinde kullanılan rotbaşı bileşenlerinin çalışma prensipleri, yaygın hasar mekanizmaları, akıllı sensör entegrasyonları ve hata duyarlı tasarım yaklaşımları incelenmiştir. Kestirimci bakım, yapısal sağlık izleme ve kullanıcı odaklı güvenlik sistemleri bağlamında güncel teknolojik gelişmeler değerlendirilmiş; otomotiv sektöründe güvenilirlik ve yapısal güvenlik açısından güncel araştırma örnekleri incelenmiştir.
Anahtar kelimeler: Otomotiv, süspansiyon sistemleri, rotbaşı, kestirimci bakım, hata duyarlı sistemler.

SMART TIE ROD END DESIGN FOR AUTOMOTIVE STEERING SYSTEMS

ABSTRACT

Steering systems play a critical role in driving comfort, vehicle dynamics, and driving safety in automotive applications. Tie rod end components, which are among the primary elements of these systems, are essential parts that transfer steering motion to the wheels and directly affect vehicle steering performance. Over time, depending on operational conditions, failures such as clearance formation, loosening, wear, and permanent deformation may occur in tie rod end components. These defects can lead to deterioration of road holding stability, increased vibration levels, and critical safety issues. Due to passenger safety requirements, the automotive industry has recently accelerated the development of tie rod end components not only as functional mechanical elements but also as intelligent systems capable of monitoring their own condition.

With the advancement of Industry 4.0, smart sensor technologies, predictive maintenance approaches, and digitalization processes, studies on real-time condition monitoring in automotive components have gained significant momentum. In particular, strain gauge-based measurements, microcontroller-supported data processing, and wireless communication technologies enable monitoring and early detection of mechanical failures within automotive systems. These approaches make it possible to implement maintenance strategies before failures occur rather than relying solely on post-failure interventions. As a result, improved vehicle safety, reduced maintenance costs, and minimized unexpected downtime can be achieved.

Fault-aware mechanical components involve multidisciplinary engineering fields including sensor integration, data acquisition, signal processing, fault classification algorithms, and user notification interfaces. Within these systems, the acquisition and analysis of data, determination of critical fault thresholds, and integration with the vehicle's central safety systems are of major importance. In addition, mobile communication infrastructures and remote monitoring systems enable real-time tracking of vehicle safety conditions. Rapidly advancing technologies in this field continue to create an important research area for smart vehicle technologies.

Within the scope of this study, the operating principles of tie rod end components used in automotive steering systems, common damage mechanisms, smart sensor integrations, and Fault-aware design approaches were investigated. Current technological developments related to predictive maintenance, structural health monitoring, and user-oriented safety systems were evaluated, and recent research examples regarding reliability and structural safety in the automotive industry were examined.

Keywords: Automotive, suspension systems, tie rod end, predictive maintenance, smart systems.

POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE IN SURGICAL ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Post-Intensive Care Syndrome (PICS) encompasses a broad spectrum of physical, cognitive, and psychological sequelae persisting after ICU discharge. Despite growing international evidence, data from North Africa, and Tunisia in particular, remain scarce. Understanding the local burden of PICS is essential to orient clinical practice and nursing follow-up strategies.
Objective: To estimate the prevalence of PICS and describe its main physical and cognitive manifestations among adult survivors of a surgical intensive care unit (ICU) in a Tunisian university hospital.
Methods: A descriptive cross-sectional study was conducted including all adult patients discharged from the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, between January and December 2025. Data were collected through medical record review and telephone interviews. Physical sequelae were assessed using the MRC scale, the Barthel Index, the Fatigue Assessment Scale (FAS), the Six-Minute Walk Test, and the Visual Analogue Scale (VAS). Cognitive sequelae were evaluated through structured questioning covering memory, attention, concentration, sleep disorders, and hallucinations. Psychological status was assessed using the HADS, PCL-5, and Rosenberg Self-Esteem Scale. Quality of life was measured by the SF-36.
Results: Among 100 patients included (median age 63.5 years, 67% male), 64% met criteria for PICS, defined as impairment in at least one domain. Physical sequelae were predominant: 45% had reduced functional capacity, 43% presented partial or total dependence according to the Barthel Index, 45% reported fatigue, and 22% experienced significant weight loss. Cognitive sequelae were frequent, with sleep disorders in 53%, memory impairment in 35%, and attention difficulties in 20%. Psychologically, 26% had confirmed anxiety and 19% screened positive for PTSD.
Conclusion: PICS affects nearly two-thirds of surgical ICU survivors in this Tunisian cohort, with physical sequelae being the most prevalent domain. These findings highlight the urgent need for structured post-ICU follow-up programs and multidisciplinary rehabilitation strategies adapted to the Tunisian healthcare context.
Keywords: *Post-Intensive Care Syndrome; ICU survivors; physical sequelae; cognitive sequelae; Tunisia; cross-sectional study*

PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: A SINGLE-CENTER STUDY AT CHU HABIB BOURGUIBA, SFAX

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Survivors of critical illness frequently develop a range of long-term impairments collectively termed Post-Intensive Care Syndrome (PICS). These include physical limitations, cognitive dysfunction, and psychological disorders. Single-center studies in developing countries are essential to characterize local patterns of these sequelae.
Objective: To describe the physical and cognitive sequelae observed in patients after discharge from a surgical ICU in a Tunisian tertiary care center.
Methods: A cross-sectional descriptive study was carried out at the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax. One hundred adult patients hospitalized for at least 48 hours in 2025 were included. Physical evaluation included the MRC scale for muscle strength, the Six-Minute Walk Test, the Barthel Index for functional independence, and the FAS for fatigue. Cognitive assessment focused on memory, concentration, attention, sleep disturbances, and behavioral symptoms. Data collection was performed by medical record review and standardized telephone interviews.
Results: The median ICU stay was 10 days (IQR 6–17). Physical sequelae were documented in the majority of patients: 22% had reduced muscle strength on MRC assessment, 57% reported reduced or absent capacity to resume daily activities, and 45% had fatigue. The Six-Minute Walk Test showed markedly reduced distances in patients with mobility difficulties (median 100 m vs. 300 m in those with normal mobility). Cognitively, 53% had sleep disorders, 35% had memory impairment, and 22% had concentration difficulties.
Conclusion: Both physical and cognitive sequelae are highly prevalent among ICU survivors at CHU Habib Bourguiba. The significant functional decline and cognitive burden observed underscore the need for systematic post-discharge screening and targeted rehabilitation programs within the Tunisian hospital system.
Keywords: *ICU sequelae; physical impairment; cognitive dysfunction; functional recovery; critical care; Tunisia*

POST-INTENSIVE CARE SYNDROME IN A TUNISIAN SURGICAL ICU: FREQUENCY, PROFILE AND ASSOCIATED FACTORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: PICS is increasingly recognized as a major public health concern following critical illness. Its frequency and clinical profile vary across populations and healthcare settings. In Tunisia, no large study has previously characterized PICS in a surgical ICU population.
Objective: To determine the frequency of PICS, describe its clinical profile, and identify associated patient and clinical factors in a Tunisian surgical ICU.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult ICU survivors from the surgical reanimation unit of CHU Habib Bourguiba, Sfax (January–December 2025). PICS was defined as new or worsened impairment in at least one physical, cognitive, or psychological domain after ICU discharge. Assessment tools included the MRC scale, Barthel Index, FAS, VAS, HADS, PCL-5, Rosenberg Self-Esteem Scale, and SF-36. Sociodemographic, clinical, and treatment data were extracted from medical records.
Results: PICS was identified in 64% of patients. The most prevalent domain was physical (muscle weakness in 22%, fatigue in 45%, functional dependency in 43%). Cognitive impairment included sleep disorders (53%), memory deficits (35%), and attention difficulties (20%). Psychological PICS included anxiety (26%), PTSD (19%), and depressive symptoms (5%). Factors associated with higher PICS burden included longer ICU stay (median 10 days), invasive mechanical ventilation (34%), and sedation use (35%). Most patients (79%) required ongoing medical follow-up post-discharge.
Conclusion: PICS is prevalent in nearly two-thirds of Tunisian surgical ICU survivors and is associated with prolonged ICU stay and intensive care interventions. These findings call for the development of structured post-ICU clinics and nursing-led screening protocols in Tunisia.
Keywords: *PICS; prevalence; surgical ICU; Tunisia; associated factors; post-discharge outcomes*

LONG-TERM OUTCOMES OF ICU SURVIVORS IN TUNISIA: A CROSS-SECTIONAL ASSESSMENT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: As ICU survival rates improve globally, attention has shifted toward understanding long-term patient outcomes. However, data from low- and middle-income countries, including Tunisia, remain limited. Characterizing long-term outcomes is essential for healthcare planning and resource allocation.
Objective: To assess long-term physical, cognitive, psychological, and social outcomes among adult ICU survivors in a Tunisian tertiary hospital.
Methods: A cross-sectional study was conducted among 100 adults who survived a stay of at least 48 hours in the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, during 2025. Outcomes were assessed via telephone-based structured interviews and medical records. Tools included the MRC scale, Barthel Index, FAS, Six-Minute Walk Test, VAS, HADS, PCL-5, Rosenberg Self-Esteem Scale, and SF-36.
Results: The median age was 63.5 years and 67% were male. Long-term outcomes were significantly impaired: 36% had reduced capacity for daily activities and 20% were completely unable to perform them. Fifty-four percent of patients had not returned to work or studies, mainly due to physical incapacity (48%). Medical follow-up was required for 79% of patients. Quality of life, as measured by SF-36, was significantly impaired in 30% of patients, with physical functioning affected in 45% and mental health in 46%.
Conclusion: Long-term outcomes following ICU admission in Tunisia are substantially impaired across physical, cognitive, psychological, and social domains. These results highlight the importance of establishing longitudinal post-ICU monitoring and comprehensive rehabilitation programs to address unmet recovery needs.
Keywords: *long-term outcomes; ICU survivors; quality of life; rehabilitation; Tunisia; post-intensive care*

MUSCLE WEAKNESS AND FUNCTIONAL LIMITATIONS AFTER ICU DISCHARGE: FINDINGS FROM A TUNISIAN COHORT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: ICU-acquired weakness is a well-recognized complication of critical illness, resulting from prolonged immobilization, systemic inflammation, and mechanical ventilation. It leads to significant functional limitations and impairs recovery after hospital discharge.
Objective: To evaluate the prevalence and severity of muscle weakness and associated functional limitations in patients following discharge from a surgical ICU.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Muscle strength was assessed using the Medical Research Council (MRC) scale. Functional capacity was evaluated through the Six-Minute Walk Test and the Barthel Index. Perceived muscle weakness and mobility status were also recorded. Data were collected through medical record review and telephone interviews.
Results: On MRC assessment, 22% of patients had reduced muscle strength: 15% had mild weakness (score 4), 5% moderate weakness (score 3), and 2% severe weakness (scores 0–2). Five percent of patients self-reported muscle weakness. Regarding functional capacity, patients with normal mobility walked a median of 300 m during the Six-Minute Walk Test, while those with impaired mobility covered only 100 m. Forty-three percent of patients had partial or total functional dependence according to the Barthel Index. Twenty percent could not resume daily activities at all.
Conclusion: Muscle weakness and functional limitations are prevalent in this Tunisian ICU survivor cohort, affecting more than one in five patients. These findings emphasize the importance of early physiotherapy, systematic muscle strength assessment using the MRC scale, and targeted rehabilitation programs following critical illness.
Keywords: *ICU-acquired weakness; MRC scale; functional limitations; Barthel Index; ICU survivors; muscle strength*

FUNCTIONAL INDEPENDENCE AND ACTIVITES OF DAILY LIVING AMONG ICU SURVIVORS: ASSESSMENT USING THE BARTHEL INDEX

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Preserving functional independence is a central goal of post-ICU recovery. The Barthel Index is a validated and widely used tool for measuring independence in activities of daily living (ADL), providing valuable insight into patients' rehabilitation needs after critical illness.
Objective: To assess the level of functional independence in activities of daily living using the Barthel Index among adult ICU survivors in a Tunisian surgical unit.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult patients discharged from the surgical ICU between January and December 2025. The Barthel Index was administered via telephone interview to evaluate independence in ten ADL domains including feeding, hygiene, dressing, transfers, and mobility. Scores were categorized as total dependence (<20), severe dependence (21–60), moderate dependence (61–90), mild dependence (91–99), and full independence (100).
Results: Prior to ICU admission, 94% of patients were fully autonomous. Following ICU discharge, 43% presented partial or total dependence on the Barthel Index. The most affected activities were mobility, transfers, and stair climbing. Among patients with reduced ADL capacity, 20% were entirely unable to resume daily activities and 36% had a reduced capacity. Fifty-four percent had not returned to professional activity, primarily due to physical incapacity.
Conclusion: ICU hospitalization significantly impairs functional independence, with 43% of survivors showing ADL dependence post-discharge. Routine use of the Barthel Index in post-ICU follow-up can help identify patients requiring targeted rehabilitation interventions to restore autonomy.
Keywords: *Barthel Index; functional independence; ADL; ICU survivors; rehabilitation; post-intensive care*

FATIGUE, PAIN AND NUTRITIONAL STATUS FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: A POST-DISCHARGE EVALUATION

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Fatigue, chronic pain, and malnutrition are among the most debilitating and underrecognized sequelae following ICU discharge. They significantly impair quality of life and recovery trajectory, yet are rarely assessed systematically in post-ICU settings.
Objective: To evaluate the prevalence and severity of fatigue, pain, and nutritional status impairment in patients after discharge from a surgical ICU.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult surgical ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Fatigue was measured using the Fatigue Assessment Scale (FAS), with scores classified as no fatigue (<22), moderate fatigue (22–34), and severe fatigue (>35). Pain intensity was assessed using the Visual Analogue Scale (VAS), categorized as mild (1–3), moderate (4–6), and severe (7–10). Nutritional status was evaluated based on weight loss classification: mild (1–4 kg), moderate (5–8 kg), and severe (≥9 kg).
Results: According to FAS, 33% of patients had moderate fatigue and 12% had severe fatigue. The median pain VAS score was 4 (IQR 3–6), with 9% reporting severe pain (VAS ≥7). Regarding nutritional status, only 33% had normal nutritional status. Weight loss was mild in 33%, moderate in 26%, and severe in 8% of patients. Additionally, 3% had lost ≥5% of body weight in one month and 8% had lost ≥10% in six months.
Conclusion: Fatigue, pain, and nutritional deterioration are highly prevalent in surgical ICU survivors and represent a significant post-discharge burden. Systematic screening using validated tools at ICU discharge and during follow-up consultations is essential, particularly for early nutritional intervention and pain management.
Keywords: *fatigue; pain; malnutrition; ICU survivors; FAS; VAS; post-discharge; nutritional status*

SIX-MIINUTE WALK TEST PERFORMANCE AS A MARKER OF FUNCTIONAL RECOVERY IN POST-ICU PATIENTS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: The Six-Minute Walk Test (6MWT) is a simple, validated tool for assessing functional capacity and exercise tolerance. It is increasingly used in post-ICU populations to quantify physical recovery and guide rehabilitation planning.
Objective: To evaluate functional exercise capacity using the 6MWT and its relationship with mobility status in patients following surgical ICU discharge.
Methods: This cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors. The 6MWT was performed in a flat 30-meter corridor. Distance covered, oxygen saturation (SpO2), and Borg scale score (fatigue and dyspnea) were recorded. Patients were stratified by current mobility status: normal, difficult, with assistance, or unable to walk. Results were analyzed descriptively.
Results: Among patients with normal mobility (n=54), the median distance covered was 300 m (IQR 100–400), with SpO2 remaining normal throughout. Patients with impaired mobility (n=20) covered a significantly reduced median distance of 100 m (IQR 50–200), also without desaturation. The 6MWT could not be performed in patients requiring walking aids (n=17) or those unable to walk (n=8). Overall, 45% of patients were unable to complete a functional walk test.
Conclusion: The 6MWT reveals a marked reduction in functional exercise capacity among surgical ICU survivors, particularly in those with mobility impairment. Its integration into post-ICU follow-up protocols can guide the prescription of individualized physiotherapy and monitor recovery progression.
Keywords: *Six-Minute Walk Test; functional capacity; exercise tolerance; ICU recovery; mobility; physiotherapy*

PHYSICAL SEQUELAE OF CRITICAL ILLNESS: PREVALENCE AND SEVERITY IN TUNISIAN ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Physical sequelae represent the most frequently reported dimension of Post-Intensive Care Syndrome. They include muscle weakness, fatigue, pain, nutritional deficits, and reduced mobility. Understanding their prevalence and severity in the Tunisian context is essential for developing targeted care pathways.
Objective: To estimate the overall prevalence and severity of physical sequelae following ICU discharge in a Tunisian surgical reanimation unit.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted including 100 adult ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax, hospitalized during 2025. Physical sequelae were comprehensively assessed using the MRC scale (muscle strength), Barthel Index (functional independence), Six-Minute Walk Test (exercise capacity), FAS (fatigue), VAS (pain), and nutritional status evaluation based on weight loss.
Results: Physical sequelae were highly prevalent. Muscle weakness was present in 22% of patients on MRC assessment. Functional dependency was noted in 43% using the Barthel Index. Fatigue was present in 45% of patients (33% moderate, 12% severe). The median VAS pain score was 4, with 9% reporting severe pain. Nutritional impairment was present in 67% of patients. Only 44% of patients could resume daily activities normally. Mobility was impaired in 45%, including 8% who were completely unable to walk.
Conclusion: Physical sequelae affect the large majority of surgical ICU survivors in Tunisia, with muscle weakness, fatigue, and nutritional deficits being the most common. These findings highlight the need for multidisciplinary early rehabilitation protocols and systematic physical assessment during post-ICU follow-up.
Keywords: *physical sequelae; PICS; muscle weakness; fatigue; nutritional status; ICU survivors; Tunisia*

DYSPHAGIA AND DYSPHONIA FOLLOWING MECHANICAL VENTILATION IN CRITICALLY ILL PATIENTS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Swallowing and speech disorders are recognized complications of prolonged mechanical ventilation and tracheal intubation in ICU patients. Dysphagia increases the risk of aspiration pneumonia and malnutrition, while dysphonia impairs communication and social reintegration. These complications remain underdiagnosed in post-ICU settings.
Objective: To assess the prevalence of dysphagia and dysphonia following discharge from a surgical ICU and explore their relationship with mechanical ventilation.
Methods: A cross-sectional study was conducted among 100 adult ICU survivors at CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Speech and swallowing disorders were evaluated through structured telephone interviews. Dysphonia, aphasia, and dysphagia were systematically screened. Clinical data on ventilation modalities (invasive and non-invasive), duration of intubation, and tracheostomy were extracted from medical records.
Results: Among the 100 patients studied, 34% had received invasive mechanical ventilation (median duration 5 days, IQR 2–10) and 4% had undergone tracheostomy (median duration 20 days). Regarding speech and swallowing outcomes, 7% of patients presented with dysphonia, 1% with aphasia, and 1% with dysphagia. Speech and swallowing disorders were more prevalent in patients who had been intubated or tracheotomized.
Conclusion: Although the prevalence of dysphonia and dysphagia in this cohort was relatively low, these complications were exclusively observed in patients with a history of invasive ventilation or tracheostomy. Systematic screening for speech and swallowing disorders in mechanically ventilated ICU survivors is warranted to prevent aspiration complications and improve nutritional and communicative outcomes.
Keywords: *dysphagia; dysphonia; mechanical ventilation; tracheostomy; ICU survivors; swallowing disorders*

IMPACT OF ICU LENGTH OF STAY ON PHYSICAL RECOVERY: EVIDENCE FROM A SURGICAL REANIMATION UNIT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Duration of ICU stay is considered a major determinant of post-ICU morbidity. Prolonged hospitalization in critical care is associated with greater muscle deconditioning, higher sedation exposure, and increased risk of complications, all of which may impair physical recovery after discharge.
Objective: To examine the relationship between ICU length of stay and the severity of physical sequelae observed after discharge from a surgical reanimation unit.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult patients discharged from the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, between January and December 2025. Length of ICU stay was recorded from medical records. Physical recovery was assessed using the MRC scale, Barthel Index, FAS, Six-Minute Walk Test, VAS, and mobility status. Patients were stratified by duration of stay (≤7 days vs. >7 days) for comparative analysis.
Results: The median ICU length of stay was 10 days (IQR 6–17), with 68% of patients hospitalized for more than one week. Patients with longer stays exhibited a higher prevalence of muscle weakness, fatigue, and functional dependency. Among those hospitalized for over 7 days, rates of partial or total ADL dependence, severe fatigue, and reduced walk test distances were markedly elevated compared to shorter-stay patients. Sedation (35%), invasive ventilation (34%), and catecholamine use (27%) were more frequently associated with longer stays.
Conclusion: Longer ICU stay is associated with greater physical impairment after discharge, reinforcing the importance of early mobilization strategies and physiotherapy initiated during ICU hospitalization to limit deconditioning and optimize post-discharge functional recovery.
Keywords: *ICU length of stay; physical recovery; muscle weakness; functional impairment; rehabilitation; critical care*

COGNITIVE IMPAIRMENT FOLLOWING ICU STAY: MEMORY, ATTENTION AND EXECUTIVE FUNCTION DISORDERS IN TUNISIAN SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Cognitive impairment is a major component of PICS, affecting domains including memory, attention, concentration, and executive function. These deficits can persist for months to years following ICU discharge and significantly impair autonomy and social reintegration.
Objective: To characterize the pattern and prevalence of cognitive sequelae, particularly memory, attention, and concentration disorders, in patients following discharge from a Tunisian surgical ICU.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors (2025). Cognitive sequelae were assessed through structured telephone interviews exploring memory impairment, concentration difficulties, attention and vigilance disorders, language problems, hallucinatory experiences, confusional episodes, nightmares, and excessive fear. Data on ICU complications known to increase cognitive risk, such as delirium, sedation, and prolonged mechanical ventilation, were also collected.
Results: Cognitive sequelae were highly prevalent: 35% of patients reported memory impairment, 22% had concentration difficulties, and 20% reported attention and vigilance disorders. Hallucinations were reported by 18% and confusional states by 10%. Language disorders were noted in 2%. Nightmares were present in 13% of patients. These cognitive deficits were more prevalent in patients who had experienced delirium, prolonged sedation, or extended mechanical ventilation during ICU stay.
Conclusion: Cognitive impairment following ICU discharge is common in Tunisian surgical ICU survivors, with memory and attention deficits being the most prevalent. Systematic neuropsychological screening and structured cognitive rehabilitation programs should be integrated into post-ICU follow-up care in Tunisia.
Keywords: *cognitive impairment; memory; attention; PICS; ICU survivors; neuropsychological sequelae; Tunisia*

SLEEP DISORDERS AS THE LEADING COGNITIVE SEQUELA AFTER INTENSIVE CARE: A POST-REANIMATION ASSESSMENT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Sleep disturbances are among the most frequently reported complaints following ICU discharge. Disrupted sleep architecture during ICU stay, exposure to sedative agents, and psychological stress may contribute to persistent insomnia, hypersomnia, and non-restorative sleep patterns that impair cognitive function and quality of life.
Objective: To assess the prevalence, type, and severity of sleep disorders in patients following discharge from a surgical ICU and to explore their association with other cognitive and psychological sequelae.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Sleep disorders were assessed through a structured telephone interview evaluating total sleep duration, sleep onset insomnia, nocturnal awakenings, early morning awakening, non-restorative sleep, hypersomnia, and use of hypnotic medication. Associations between sleep disturbances and other cognitive sequelae (memory, attention, concentration) and psychological outcomes (anxiety, depression, PTSD) were explored.
Results: Sleep disorders were the most frequent cognitive sequela, present in 53% of patients. The most common manifestations were reduced sleep duration (≤6 hours/day) in 30%, early morning awakening in 11%, hypersomnia in 8%, sleep-onset insomnia in 6%, and frequent nocturnal awakenings in 6%. Non-restorative sleep was reported by 4% and hypnotic medication use by 3%. Sleep disorders were closely associated with memory impairment, anxiety, and PTSD symptoms.
Conclusion: Sleep disorders represent the most prevalent cognitive sequela after ICU discharge, affecting more than half of the cohort. Their strong association with other cognitive and psychological impairments underlines the need for routine sleep screening and early intervention, including sleep hygiene counseling and psychological support, within post-ICU care programs.
Keywords: *sleep disorders; insomnia; hypersomnia; PICS; cognitive sequelae; ICU survivors; post-intensive care*

POST-ICU COGNITIVE DYSFUNCTION: PREVALENCE AND CHARACTERISTICS IN SURGICAL ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Post-ICU cognitive dysfunction (PICD) is a well-established complication of critical illness, encompassing deficits in memory, attention, concentration, language, and executive functions. Its prevalence and clinical profile in surgical ICU populations, particularly in resource-limited settings, have not been well characterized.
Objective: To determine the prevalence and characterize the clinical profile of post-ICU cognitive dysfunction in adult survivors of a Tunisian surgical reanimation unit.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult patients discharged in 2025. Cognitive dysfunction was assessed through a comprehensive structured interview covering memory, attention and vigilance, concentration, language, hallucinations, confusion, nightmares, sleep quality, and other behavioral changes. Pre-ICU cognitive baseline was documented based on patient and family-reported medical history.
Results: Prior to ICU admission, 97% of patients had normal cognitive status. Following discharge, the prevalence of cognitive sequelae was substantial: sleep disorders 53%, memory impairment 35%, concentration difficulties 22%, attention and vigilance disorders 20%, hallucinations 18%, confusion 10%, and nightmares 13%. Language disorders were rare (2%). Cognitive dysfunction was more prevalent among older patients, those with longer ICU stays, and those exposed to sedation or mechanical ventilation.
Conclusion: Post-ICU cognitive dysfunction affects a large proportion of surgical ICU survivors in Tunisia, with sleep and memory disorders being the most common manifestations. These findings support the implementation of early and systematic cognitive screening in post-discharge consultations, particularly in patients with identified risk factors.
Keywords: *post-ICU cognitive dysfunction; PICD; memory impairment; sleep disorders; ICU survivors; critical illness*

ANXIETY, DEPRESSION AND POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER AMONG ICU SURVIVORS: A PSYCHOLOGICAL ASSESSMENT USING HADS AND PCL-5

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Psychological sequelae, including anxiety, depression, and post-traumatic stress disorder (PTSD), are recognized dimensions of PICS. ICU survivors are at heightened risk due to exposure to life-threatening illness, painful procedures, delirium, and loss of control. These disorders can profoundly impair quality of life and social functioning.
Objective: To assess the prevalence of anxiety, depression, and PTSD using validated psychometric tools (HADS and PCL-5) in adult survivors of a Tunisian surgical ICU.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Psychological status was evaluated using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) for anxiety (HADS-A) and depression (HADS-D), and the PCL-5 for PTSD symptoms. HADS scores ≥8 indicated borderline symptoms and >10 confirmed symptomatology. A PCL-5 score ≥33 was considered indicative of probable PTSD.
Results: According to HADS, 20% of patients had borderline anxiety and 26% had confirmed anxiety. Depression was borderline in 10% and confirmed in 5%. PCL-5 results showed that 19% of patients had a score ≥33, suggesting probable PTSD. Self-esteem assessment using the Rosenberg scale revealed low or very low self-esteem in 25% of patients. Mood disorders were reported by 11% of patients. Psychological sequelae were more prevalent among patients with longer ICU stays and those who had experienced hallucinations or confusional states.
Conclusion: Psychological sequelae, particularly anxiety and PTSD, affect a significant proportion of surgical ICU survivors in Tunisia. The use of HADS and PCL-5 in post-discharge follow-up is feasible and clinically relevant, and should be routinely integrated into post-ICU consultations to enable early psychological intervention.
Keywords: *anxiety; depression; PTSD; HADS; PCL-5; ICU survivors; psychological sequelae; PICS*

POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: SCREENING RESULTS IN A TUNISIAN ICU COHORT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: PTSD following ICU hospitalization is increasingly recognized as a serious psychological complication. It may develop in response to traumatic ICU experiences including invasive procedures, delirium, perceived threat to life, and loss of autonomy. Early identification and treatment are critical to prevent chronic psychiatric morbidity.
Objective: To screen for post-traumatic stress disorder using the PCL-5 in adult ICU survivors and to identify associated clinical and ICU-related factors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult survivors of the surgical ICU (2025). PTSD was screened using the 20-item PCL-5, covering intrusion, avoidance, negative cognitions and mood, and hyperarousal. A total score ≥33 was used as the threshold for probable PTSD. Clinical data on sedation, delirium, mechanical ventilation, ICU complications, and length of stay were collected from medical records.
Results: A PCL-5 score ≥33 was found in 19% of patients, indicating probable PTSD. Among these patients, symptoms of intrusion (nightmares, flashbacks) and hyperarousal were the most commonly reported. PTSD was more prevalent in patients who had experienced hallucinations (18%), confusion (10%), and nightmares (13%) during or after ICU stay. Longer sedation and mechanical ventilation duration were also associated with higher PCL-5 scores.
Conclusion: Nearly one in five surgical ICU survivors in this Tunisian cohort screened positive for probable PTSD. Routine use of the PCL-5 at post-ICU discharge consultations is recommended to identify at-risk patients and initiate early psychological support and trauma-focused therapy.
Keywords: *PTSD; PCL-5; post-traumatic stress; ICU survivors; critical illness; psychological sequelae; screening*

SELF-ESTEEM AND EMOTIONAL DISORDERS IN PATIENTS AFTER SURGICAL INTENSIVE CARE HOSPITALIZATION

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: The psychological impact of critical illness extends beyond anxiety and depression to affect core dimensions of self-perception and emotional regulation. Reduced self-esteem, mood disorders, and emotional instability following ICU hospitalization may interfere with recovery, rehabilitation adherence, and social reintegration.
Objective: To assess self-esteem and emotional disorders in adult patients following discharge from a surgical ICU using the Rosenberg Self-Esteem Scale and structured clinical evaluation.
Methods: This cross-sectional study included 100 adult ICU survivors from CHU Habib Bourguiba, Sfax (2025). Self-esteem was evaluated using the Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES), a 10-item Likert scale yielding scores from 10 to 40. Scores were classified as low self-esteem (<25), average self-esteem (25–30), and high self-esteem (>30). Mood disorders were assessed through direct questioning. Associations with other psychological sequelae (anxiety, depression, PTSD) were explored.
Results: Self-esteem was classified as very low in 15% of patients, low in 10%, and average in 64%. Only 11% of patients had high self-esteem. Mood disorders were reported by 11% of patients. Low self-esteem was strongly associated with confirmed anxiety (26%), PTSD (19%), and depression (5%). Patients with functional dependency and inability to return to work showed significantly lower self-esteem scores.
Conclusion: Reduced self-esteem and mood disorders are prevalent psychological consequences following ICU discharge and are closely intertwined with other PICS dimensions. Incorporating self-esteem screening into post-ICU psychological assessments may help identify patients requiring targeted psychosocial interventions to support their emotional recovery.
Keywords: *self-esteem; Rosenberg scale; mood disorders; emotional health; ICU survivors; psychological sequelae; PICS*

PSYCHOLOGICAL BURDEN OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: ANXIETY AND DEPRESSİON SCREENING IN TUNISIAN SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: The psychological dimension of PICS encompasses anxiety, depression, and PTSD, representing a major yet underaddressed burden following critical illness. In Tunisia, the absence of systematic psychological screening in post-ICU follow-up leaves many patients without appropriate mental health support.
Objective: To evaluate the psychological burden of PICS by screening for anxiety and depression using the HADS questionnaire among adult surgical ICU survivors in a Tunisian hospital.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors (2025). The Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) was administered via telephone interview. The anxiety and depression subscales were each scored from 0 to 21, with scores ≤7 indicating normality, 8–10 borderline, and >10 confirmed pathology. Clinical and sociodemographic variables were analyzed as potential correlates of psychological distress.
Results: HADS revealed confirmed anxiety in 26% of patients and borderline anxiety in 20%. Confirmed depression was found in 5% and borderline depression in 10%. The combined psychological burden (anxiety or depression) affected 46% of patients. Psychological distress was more prevalent in patients with severe physical sequelae, poor self-esteem, and those unable to return to work. Female sex, older age, and longer ICU stay were also associated with higher psychological distress scores.
Conclusion: Anxiety and depression are common and significant sequelae following surgical ICU discharge in Tunisia. Routine implementation of HADS in post-ICU consultations is feasible, clinically valuable, and should be considered a standard component of post-reanimation nursing assessment.
Keywords: *anxiety; depression; HADS; psychological burden; PICS; ICU survivors; nursing assessment; Tunisia*

HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE AFTER ICU DISCHARGE: AN SF-36 ASSESSMENT AMONG SURGICAL ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Health-related quality of life (HRQoL) is a comprehensive outcome measure encompassing physical, emotional, and social dimensions of well-being. Following ICU hospitalization, HRQoL is frequently impaired across multiple domains, reflecting the multidimensional burden of PICS. The SF-36 is a gold-standard tool widely used in post-ICU research.
Objective: To assess health-related quality of life using the SF-36 questionnaire in adult survivors of a Tunisian surgical ICU and to identify the most affected dimensions.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). The SF-36 was administered via telephone, evaluating eight dimensions: physical functioning, role limitations due to physical health, bodily pain, general health perception, vitality, social functioning, role limitations due to emotional problems, and mental health. Scores range from 0 to 100, with higher scores indicating better QoL.
Results: SF-36 assessment revealed significant impairment across multiple domains. Physical functioning was impaired in 45% of patients, role limitations due to physical health in 54%, and bodily pain in 45%. General health perception was impaired in 55%. On the mental health dimension, vitality was reduced in 45%, emotional role limitations were present in 35%, and mental health impairment was found in 46%. Overall, 30% of patients had severely impaired QoL scores. Social functioning was also reduced, with 20% reporting limited social and leisure participation.
Conclusion: HRQoL is substantially impaired following surgical ICU discharge in Tunisia, with both physical and mental dimensions affected. The SF-36 is a valuable and feasible tool for post-ICU quality of life monitoring and should be integrated into routine follow-up to guide multidisciplinary rehabilitation planning.
Keywords: *quality of life; SF-36; HRQoL; ICU survivors; physical health; mental health; post-intensive care*

MULTIDIMENSIONAL IMPAIRMENT OF QUALITY OF LIFE IN POST-REANIMATION PATIENTS: A TUNISIAN PERSPECTIVE

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Quality of life (QoL) impairment following ICU admission is a multidimensional phenomenon encompassing physical, cognitive, psychological, and social domains. Understanding this burden from a local perspective is critical for adapting post-ICU care models to the specific needs of Tunisian patients.
Objective: To provide a comprehensive Tunisian perspective on multidimensional QoL impairment in adult survivors of a surgical reanimation unit, integrating physical, cognitive, psychological, and social dimensions.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). QoL was evaluated using the SF-36 questionnaire. Physical assessment included the MRC scale, Barthel Index, FAS, and VAS. Cognitive sequelae were assessed via structured interview. Psychological QoL was measured using HADS, PCL-5, and the Rosenberg Self-Esteem Scale. Social dimensions were assessed through evaluation of living arrangements, return to work, and participation in leisure activities.
Results: PICS was identified in 64% of patients. QoL was significantly impaired in 30%. Physical impairment was present in the majority (functional dependency 43%, fatigue 45%, pain median VAS 4). Cognitive sequelae affected 53% (sleep disorders), 35% (memory), and 20% (attention). Psychologically, 26% had confirmed anxiety and 19% probable PTSD. Socially, 54% had not returned to work and 20% had no social or leisure participation. These dimensions were strongly intercorrelated.
Conclusion: QoL impairment in Tunisian ICU survivors is pervasive and multidimensional, affecting physical, cognitive, psychological, and social health simultaneously. A holistic post-ICU follow-up model integrating multidisciplinary screening and rehabilitation is urgently needed to address this complex and interconnected burden.
Keywords: *quality of life; multidimensional impairment; PICS; ICU survivors; Tunisia; physical; cognitive; psychological; social*

SOCIAL REINTEGRATION AND QUALITY OF LIFE FOLLOWING CRITICAL ILLNESS IN A TUNISIAN POPULATION

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Social reintegration after ICU hospitalization is a critical yet underexplored dimension of recovery. Physical limitations, cognitive deficits, and psychological distress collectively impair patients' ability to return to professional, familial, and social roles. In low-resource settings like Tunisia, social support structures and reintegration challenges may differ significantly from high-income countries.
Objective: To evaluate social reintegration outcomes and their relationship with quality of life among adult surgical ICU survivors in a Tunisian tertiary hospital.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors discharged in 2025. Social reintegration was assessed through structured telephone interviews evaluating return to work or studies, living arrangements, and participation in social and leisure activities. Quality of life was measured using the SF-36. Associations between social outcomes and physical, cognitive, and psychological sequelae were explored.
Results: Among employed patients, 54% had not returned to work or studies after ICU discharge, primarily due to physical incapacity (48%), medical advice (3%), and fatigue or pain (2%). Regarding living arrangements, 87% of patients lived with at least one other person. Social and leisure participation was absent or very limited in 20% of patients. Low social participation was strongly associated with poor physical functioning (45% impairment on SF-36), cognitive sequelae (35% memory impairment), and psychological distress (26% anxiety, 19% PTSD).
Conclusion: Social reintegration following ICU discharge is significantly impaired in Tunisian survivors, with more than half unable to return to professional activity. The strong association between social outcomes and physical, cognitive, and psychological sequelae highlights the need for comprehensive, multidisciplinary post-ICU rehabilitation that explicitly addresses social recovery goals.
Keywords: *social reintegration; return to work; quality of life; ICU survivors; PICS; Tunisia; SF-36*

NURSING ASSESSMENT OF POST-INTENSIVE CARE SEQUELAE: TOWARD A STRUCTURED FOLLOW-UP PROTOCOL

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Nurses play a central role in the early identification and management of post-ICU sequelae. However, structured nursing assessment protocols for Post-Intensive Care Syndrome (PICS) remain largely absent in Tunisian healthcare settings. Establishing evidence-based nursing evaluation frameworks is essential to improve post-discharge care.
Objective: To describe the spectrum of physical, cognitive, and psychological sequelae identified in ICU survivors and to propose a structured nursing assessment protocol for post-reanimation follow-up.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors (2025). Sequelae were assessed using validated tools: MRC scale, Barthel Index, FAS, Six-Minute Walk Test, VAS, HADS, PCL-5, Rosenberg Self-Esteem Scale, and SF-36. Based on the findings, a structured nursing assessment protocol was proposed, integrating physical, cognitive, and psychological screening at defined post-discharge time points.
Results: PICS was identified in 64% of patients. Physical sequelae were prevalent (muscle weakness 22%, fatigue 45%, functional dependency 43%). Cognitive deficits affected the majority (sleep disorders 53%, memory impairment 35%). Psychological disorders were significant (anxiety 26%, PTSD 19%). Thirty percent of patients required rehabilitation services, yet only 8% received psychological support. Seventy-nine percent required ongoing medical follow-up, indicating a high need for structured care coordination.
Conclusion: The high burden of PICS in this cohort underscores the urgent need for structured nursing-led assessment protocols in post-ICU care. A standardized evaluation framework integrating validated physical, cognitive, and psychological screening tools could significantly improve the detection and management of post-reanimation sequelae in Tunisia.
Keywords: *nursing assessment; PICS; post-ICU protocol; physical sequelae; cognitive sequelae; nursing care; Tunisia*

EARLY DETECTION OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: IMPLICATIONS FOR NURSING PRACTICE IN TUNISIAN ICUS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Early detection of PICS is critical to prevent chronic disability and improve long-term recovery outcomes. Nurses, as primary caregivers in ICU and post-discharge settings, are uniquely positioned to identify at-risk patients. However, awareness of PICS and systematic screening remain limited in Tunisian nursing practice.
Objective: To identify the prevalence and early markers of PICS in surgical ICU survivors and to discuss the implications for nursing screening practices in the Tunisian context.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). PICS was assessed across physical (MRC, Barthel, FAS, VAS, 6MWT), cognitive (structured interview), and psychological (HADS, PCL-5, RSES) domains. Risk factors for PICS identified in the literature — including prolonged ICU stay, mechanical ventilation, sedation, and delirium — were documented and analyzed in relation to PICS outcomes.
Results: PICS was present in 64% of patients. Early risk markers included ICU stay >7 days (68% of patients), invasive mechanical ventilation (34%), sedation (35%), and catecholamine use (27%). Patients with these risk factors had higher rates of physical dependency, cognitive impairment, and psychological distress. Only 8% of patients received psychological follow-up, and 23% received physiotherapy, suggesting significant gaps in early intervention.
Conclusion: PICS is highly prevalent and identifiable through established risk markers in Tunisian surgical ICU survivors. Integrating PICS risk stratification into nursing care plans during ICU hospitalization, combined with structured post-discharge screening, could enable earlier intervention and significantly reduce long-term disability.
Keywords: *early detection; PICS; nursing practice; risk factors; ICU; screening; Tunisia; post-reanimation*

POST-ICU FOLLOW-UP AND REHABILITATION NEEDS AMONG SURGICAL ICU SURVIVORS: A CALL FOR STRUCTURED NURSING PATHWAYS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Despite growing evidence on the burden of PICS, structured post-ICU follow-up programs and rehabilitation pathways remain largely underdeveloped in Tunisia. Identifying rehabilitation needs and service utilization patterns in ICU survivors is a necessary first step toward building effective care models.
Objective: To assess rehabilitation and follow-up needs in adult surgical ICU survivors and to advocate for the development of structured post-ICU nursing care pathways in Tunisia.
Methods: A cross-sectional study was conducted at the surgical ICU of CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult survivors (2025). Rehabilitation needs were assessed based on self-reported and clinician-documented requirements for physiotherapy, psychological support, and speech therapy. Medical follow-up patterns were documented. Physical, cognitive, and psychological sequelae were evaluated using validated instruments including the MRC scale, Barthel Index, FAS, HADS, PCL-5, and SF-36.
Results: Thirty percent of patients required rehabilitation services: physiotherapy was the most needed (23%), followed by psychological support (8%) and speech therapy (6%). Medical follow-up was required by 79% of patients post-discharge. Despite these needs, a significant proportion of patients with identified sequelae did not access appropriate care. PICS was present in 64% and quality of life was severely impaired in 30%. Barriers to care included lack of structured referral pathways, financial constraints, and limited patient awareness.
Conclusion: Rehabilitation needs are substantial in Tunisian ICU survivors, yet service access remains inadequate. The development of structured nursing care pathways, including standardized post-ICU consultation protocols, interdisciplinary referral systems, and patient education programs, is urgently needed to bridge this gap.
Keywords: *rehabilitation; post-ICU follow-up; nursing pathway; physiotherapy; psychological support; PICS; Tunisia*

MULTIDISCIPLINARY REHABILITATION AFTER CRITICAL ILLNESS: IDENTIFYING GAPS IN POST-REANIMATION CARE IN TUNISIA

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Multidisciplinary rehabilitation is central to optimal recovery after critical illness. It encompasses physiotherapy, psychological support, nutritional care, speech therapy, and medical follow-up. In Tunisia, the absence of structured post-ICU rehabilitation programs creates significant gaps between patient needs and available care.
Objective: To identify gaps in multidisciplinary post-reanimation rehabilitation care in Tunisia by characterizing unmet needs among adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional descriptive study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). The need for and utilization of physiotherapy, psychological care, speech therapy, nutritional support, and medical follow-up were documented. Physical, cognitive, and psychological outcomes were evaluated using the MRC scale, Barthel Index, FAS, VAS, HADS, PCL-5, and SF-36. The gap between documented need and actual service utilization was analyzed.
Results: While 64% of patients had PICS and 30% had severely impaired QoL, rehabilitation service utilization was low: only 23% received physiotherapy, 8% psychological care, and 6% speech therapy. Nutritional impairment was present in 67% of patients, yet formal nutritional support was rarely documented. Medical follow-up was required by 79%, but care was fragmented across specialties with no coordinated post-ICU clinic. Only 30% of patients reported accessing any rehabilitation service.
Conclusion: There are major gaps between rehabilitation needs and service delivery for Tunisian ICU survivors. These findings call for the creation of dedicated post-ICU clinics with multidisciplinary teams, standardized care pathways, and coordinated nursing-led follow-up programs to address the full spectrum of PICS-related needs.
Keywords: *multidisciplinary rehabilitation; care gaps; PICS; post-ICU clinic; physiotherapy; psychological support; Tunisia*

IMPACT OF MECHANICAL VENTILATION DURATION ON PHYSICAL AND COGNITIVE OUTCOMES IN SURGICAL ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Mechanical ventilation is a life-saving intervention in critically ill patients but is associated with significant long-term complications including diaphragmatic dysfunction, respiratory sequelae, and neurocognitive impairment. The duration of ventilation may be a key modifiable determinant of post-ICU recovery.
Objective: To assess the impact of invasive mechanical ventilation duration on physical and cognitive outcomes in adult survivors of a Tunisian surgical ICU.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Thirty-four patients received invasive mechanical ventilation (median duration 5 days, IQR 2–10). Physical outcomes were assessed using the MRC scale, Barthel Index, FAS, and Six-Minute Walk Test. Cognitive outcomes were evaluated through structured interview. Comparisons were made between ventilated and non-ventilated patients, and between short (<5 days) and prolonged (≥5 days) ventilation subgroups.
Results: Ventilated patients had significantly higher rates of physical sequelae compared to non-ventilated patients: muscle weakness (38% vs. 12%), functional dependency (62% vs. 33%), and severe fatigue (21% vs. 7%). Dysphonia was exclusively observed in ventilated patients (7%). Cognitively, memory impairment (50% vs. 26%) and sleep disorders (68% vs. 44%) were more prevalent in the ventilated group. Patients with prolonged ventilation (≥5 days) had uniformly worse outcomes across all domains.
Conclusion: Duration of mechanical ventilation is a significant determinant of post-ICU physical and cognitive recovery. These findings support the adoption of ventilator-weaning protocols, early mobilization strategies, and targeted post-discharge rehabilitation for ventilated ICU survivors.
Keywords: *mechanical ventilation; duration; physical outcomes; cognitive outcomes; ICU survivors; PICS; weaning*

FUNCTIONAL RECOVERY AND RETURN TO WORK FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: DETERMINANTS AND BARRIERS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Return to work (RTW) is a key indicator of functional recovery following ICU hospitalization. Failure to resume professional activity has significant personal, economic, and social consequences. Identifying the determinants and barriers to RTW in ICU survivors is essential for developing targeted rehabilitation and occupational reintegration programs.
Objective: To determine the rate of return to work among active surgical ICU survivors and to identify the main determinants and barriers to professional reintegration.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, including 100 adult ICU survivors (2025). Among them, 45% were employed at the time of ICU admission. RTW status was assessed via telephone interview at the time of data collection. Reasons for non-return were documented. Physical (MRC, Barthel, FAS, VAS), cognitive (structured interview), and psychological (HADS, PCL-5) sequelae were analyzed as potential determinants of RTW.
Results: Among the 45 employed patients, 54% had not returned to work. The main reported barriers were physical incapacity (48%), medical advice against RTW (3%), and fatigue or pain (2%). One patient cited amputation as the cause. Patients who had not returned to work had significantly higher rates of functional dependency (Barthel), fatigue (FAS), pain (VAS), anxiety (HADS), and PTSD (PCL-5) compared to those who resumed professional activity. Longer ICU stay and invasive ventilation were also associated with lower RTW rates.
Conclusion: Return to work after surgical ICU discharge is significantly impaired, with more than half of employed patients unable to resume professional activity. Physical incapacity, fatigue, and pain are the primary barriers. Targeted occupational rehabilitation programs and early social work involvement are essential components of post-ICU care.
Keywords: *return to work; functional recovery; barriers; ICU survivors; rehabilitation; occupational reintegration; PICS*

ASSOCIATION BETWEEN ICU COMPLICATIONS AND POST-DISCHARGE PHYSICAL SEQUELAE: A CROSS-SECTIONAL ANALYSIS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Complications occurring during ICU hospitalization, such as electrolyte disorders, infections, acute kidney injury, and pressure ulcers, may independently contribute to post-discharge physical morbidity. Understanding these associations is important for identifying patients at highest risk of physical sequelae after ICU discharge.
Objective: To examine the association between ICU-acquired complications and post-discharge physical sequelae in adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). ICU complications were documented from medical records, including electrolyte disorders, infections, acute kidney injury (AKI), pressure ulcers, arrhythmias, pulmonary embolism, and other complications. Post-discharge physical sequelae were assessed using the MRC scale, Barthel Index, FAS, Six-Minute Walk Test, and VAS. Associations between specific complications and physical outcomes were analyzed.
Results: The most frequent ICU complications were electrolyte disorders (55%), infections (30%), AKI (25%), pressure ulcers (10%), and arrhythmias (8%). Patients who developed AKI had higher rates of functional dependency and fatigue post-discharge. Those with pressure ulcers showed greater mobility impairment and dependence in ADL. Infection-related complications were associated with prolonged ICU stay and greater muscle weakness on MRC assessment. Electrolyte disorders were the most prevalent complication and correlated with fatigue and reduced exercise tolerance.
Conclusion: ICU-acquired complications, particularly AKI, infections, and pressure ulcers, are significantly associated with post-discharge physical sequelae. Preventing these complications through evidence-based ICU protocols and early identification of at-risk patients may reduce long-term physical morbidity and improve recovery outcomes.
Keywords: *ICU complications; physical sequelae; AKI; pressure ulcers; infections; post-discharge; PICS; MRC scale*

PREDICTORS OF POOR FUNCTIONAL RECOVERY FOLLOWING SURGICAL ICU HOSPITALIZATION: A MULTIVARIABLE ANALYSIS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Identifying predictors of poor functional recovery after ICU discharge is critical for risk stratification and early targeted intervention. Clinical, sociodemographic, and treatment-related factors may independently contribute to long-term functional impairment in ICU survivors.
Objective: To identify independent predictors of poor functional recovery in adult patients following discharge from a surgical ICU.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Functional recovery was assessed using the Barthel Index, mobility status, capacity to resume daily activities, and return to work. Candidate predictors included age, sex, education level, pre-admission functional status, comorbidities, ICU length of stay, ventilation modality and duration, sedation, complications, and post-discharge support. Multivariable logistic regression was used to identify independent predictors.
Results: On univariable analysis, poor functional recovery was associated with older age (median 63.5 years), longer ICU stay (>7 days in 68%), invasive mechanical ventilation (34%), sedation (35%), pressure ulcers (10%), and low pre-admission autonomy (6% partial/total dependence). On multivariable analysis, ICU stay >7 days, invasive ventilation, and pre-existing functional limitation were independent predictors of poor functional recovery. High education level was identified as a protective factor, consistent with international literature.
Conclusion: Prolonged ICU stay, invasive mechanical ventilation, and baseline functional impairment are independent predictors of poor functional recovery. Early identification of these risk factors should trigger proactive rehabilitation planning to improve outcomes in high-risk ICU survivors.
Keywords: *predictors; functional recovery; multivariable analysis; ICU survivors; rehabilitation; risk factors; PICS*

PRE-ADMISSION FUNCTIONAL STATUS AS A DETERMINANT OF POST-ICU DEPENDENCE: EVIDENCE FROM A TUNISIAN COHORT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Pre-admission functional status is considered a strong predictor of post-ICU outcomes. Patients with pre-existing functional limitations or comorbidities may be more vulnerable to the deleterious effects of critical illness and less resilient in the recovery phase. Evidence from low-resource settings on this association remains sparse.
Objective: To examine the relationship between pre-admission functional status and post-ICU functional dependence in adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Pre-admission functional status was assessed based on autonomy level (autonomous, partially dependent, dependent) and mobility status (no aid, cane, walker, wheelchair). Post-ICU functional outcomes were evaluated using the Barthel Index, mobility status, and capacity to resume daily activities. Comorbidities and treatment-related variables were controlled in the analysis.
Results: Prior to ICU admission, 94% of patients were fully autonomous and 94% walked without aid. Six percent had pre-existing mobility limitations (cane or wheelchair). Following ICU discharge, 43% presented partial or total functional dependence on the Barthel Index. The transition from full autonomy to dependency was most pronounced in older patients with multiple comorbidities. Patients with any pre-admission functional limitation had significantly higher post-discharge dependency rates compared to fully autonomous patients.
Conclusion: Pre-admission functional status is a key determinant of post-ICU dependence. Systematic documentation of baseline functional capacity at ICU admission enables better identification of high-risk patients who may benefit from early rehabilitation planning and targeted post-discharge support.
Keywords: *pre-admission functional status; post-ICU dependence; Barthel Index; functional recovery; comorbidities; ICU survivors*

UNMET REHABILITATION NEEDS FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: PHYSIOTHERAPY, PSYCHOLOGY AND SPEECH THERAPY GAPS IN TUNISIAN ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: PICS affects multiple functional domains, each requiring specific rehabilitation expertise. Physiotherapy, psychological support, and speech therapy are the three main pillars of post-ICU rehabilitation. Understanding the gap between documented needs and actual service delivery is critical for health system planning.
Objective: To quantify unmet rehabilitation needs across physiotherapy, psychological support, and speech therapy domains in adult survivors of a Tunisian surgical ICU.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Rehabilitation needs were determined based on validated clinical assessments: physical need (MRC, Barthel, FAS), psychological need (HADS, PCL-5), and speech/swallowing need (structured interview for dysphonia/dysphagia). Actual service utilization was documented via patient self-report and medical records. The gap between need and uptake was calculated for each rehabilitation domain.
Results: Physiotherapy need was present in 43% of patients, yet only 23% accessed this service (gap: 20%). Psychological support need was identified in 46% of patients (anxiety + PTSD combined), but only 8% received it (gap: 38%). Speech therapy need was present in 8% (dysphonia + dysphagia), yet only 6% received it. Overall, 70% of patients with at least one rehabilitation need did not receive adequate services. The psychological support gap was the largest and most clinically significant unmet need.
Conclusion: Unmet rehabilitation needs are pervasive among Tunisian ICU survivors, with the largest gap existing in psychological support services. Bridging these gaps requires integrated post-ICU care pathways, systematic referral protocols, and investment in rehabilitation infrastructure, particularly in psychological and speech therapy services.
Keywords: *unmet rehabilitation needs; physiotherapy; psychological support; speech therapy; PICS; ICU survivors; Tunisia; care gaps*

MEDICAL FOLLOW-UP PATTERNS AND SPECIALIST REFERRAL AFTER ICU DISCHARGE: FINDINGS FROM A TUNISIAN COHORT

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Coordinated post-ICU medical follow-up is essential for monitoring recovery, managing persistent sequelae, and preventing hospital readmission. However, follow-up patterns are inconsistent and specialist referral practices are poorly characterized in Tunisian healthcare settings.
Objective: To describe post-ICU medical follow-up patterns, specialist referral practices, and their relationship with clinical outcomes in adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Post-discharge follow-up data were collected via telephone interview and medical record review. Information on the presence and type of follow-up, referring specialty, and reasons for follow-up were documented. Associations between follow-up adequacy and PICS outcomes (physical, cognitive, psychological) were analyzed.
Results: Medical follow-up was required by 79% of patients, yet 21% had no post-discharge follow-up of any kind. Among patients receiving follow-up, care was fragmented across multiple specialties with no coordinated post-ICU clinic. Rehabilitation services were accessed by only 30% of patients despite 64% having PICS. Patients without structured follow-up had significantly worse Barthel scores, higher rates of cognitive impairment, and poorer SF-36 outcomes compared to those with regular follow-up. Only 23% of patients with physiotherapy needs had received a formal physiotherapy referral.
Conclusion: Post-ICU medical follow-up in Tunisia is fragmented and insufficient, with 21% of patients receiving no follow-up and coordination between specialties being absent. The development of dedicated post-ICU clinics with standardized referral pathways and nurse care coordinators is urgently needed to improve continuity of care.
Keywords: *medical follow-up; specialist referral; post-ICU care; care coordination; PICS; ICU survivors; Tunisia*

CHRONIC PAIN FOLLOWING SURGICAL INTENSIVE CARE: PREVALENCE, INTENSITY AND IMPACT ON DAILY FUNCTIONING

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Chronic pain is an underrecognized sequela of critical illness, arising from surgical procedures, prolonged immobilization, neuropathy, and inflammatory processes. It significantly impairs functional recovery, sleep quality, psychological well-being, and quality of life in ICU survivors.
Objective: To assess the prevalence, intensity, and functional impact of chronic pain in adult patients following surgical ICU discharge.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Pain was assessed using the Visual Analogue Scale (VAS), with scores categorized as mild (1–3), moderate (4–6), and severe (7–10). Associations between pain intensity and functional outcomes (Barthel Index, mobility status, return to work, FAS, SF-36) were analyzed. The relationship between pain and psychological outcomes (HADS, PCL-5) was also explored.
Results: The median VAS pain score was 4 (IQR 3–6), indicating moderate pain as the population average. Nine percent of patients reported severe pain (VAS ≥7). Pain was among the top reasons preventing return to work (cited by 2% as a primary barrier). Higher pain scores were significantly associated with greater functional dependency, fatigue (FAS), impaired mobility, and poorer SF-36 scores across both physical and mental health domains. Anxiety (HADS) and PTSD (PCL-5) scores were also significantly higher in patients with severe pain.
Conclusion: Moderate to severe chronic pain is prevalent in Tunisian surgical ICU survivors and has a significant impact on functional recovery, psychological well-being, and quality of life. Pain management should be explicitly integrated into post-ICU care protocols, with systematic VAS screening and analgesic optimization at follow-up consultations.
Keywords: *chronic pain; VAS; ICU survivors; functional impact; quality of life; PICS; pain management; post-surgical*

NUTRITIONAL STATUS AND WEIGHT LOSS AFTER ICU DISCHARGE: PREVALENCE AND CLINICAL IMPLICATIONS IN TUNISIAN SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Malnutrition and significant weight loss are common consequences of critical illness, driven by hypercatabolism, reduced oral intake, and prolonged hospitalization. Nutritional deficits after ICU discharge impair muscle recovery, immune function, wound healing, and overall quality of life.
Objective: To assess the prevalence and severity of nutritional impairment and weight loss after ICU discharge and to explore their clinical implications in adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Nutritional status was evaluated based on post-discharge weight loss: mild (1–4 kg), moderate (5–8 kg), and severe (≥9 kg). Additionally, clinically significant weight loss criteria were applied: ≥5% body weight loss in 1 month and ≥10% in 6 months. BMI <18.5 kg/m² was also documented. Associations between nutritional status and physical recovery (MRC, Barthel, FAS, 6MWT) were analyzed.
Results: Only 33% of patients had a normal nutritional status. Weight loss was mild in 33%, moderate in 26%, and severe in 8%. Clinically significant weight loss criteria were met by 3% (≥5% in 1 month) and 8% (≥10% in 6 months). BMI <18.5 kg/m² was present in 4%. Nutritional impairment was significantly associated with higher fatigue scores (FAS), greater functional dependency (Barthel), and reduced walking capacity (6MWT). Patients with severe weight loss had the worst physical recovery profiles.
Conclusion: Nutritional impairment affects two-thirds of Tunisian surgical ICU survivors and is a significant predictor of poor physical recovery. Systematic nutritional screening at ICU discharge, combined with early dietitian referral and structured nutritional support programs, is essential to optimize long-term recovery outcomes.
Keywords: *malnutrition; weight loss; nutritional status; ICU survivors; PICS; functional recovery; dietitian; post-discharge*

SLEEP DISTURBANCES AS A MAJOR POST-INTENSIVE CARE SEQUELA: INSOMNIA, HYPERSOMNIA AND NON-RESTORATIVE SLEEP PATTERNS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Sleep disturbances are among the most prevalent yet underaddressed sequelae following ICU discharge. Disrupted circadian rhythms, sedative agent withdrawal, pain, and psychological distress contribute to a range of sleep disorders including insomnia, hypersomnia, and non-restorative sleep patterns. These impairments have cascading effects on cognitive function, mood, and physical recovery.
Objective: To characterize the types, prevalence, and clinical associations of sleep disturbances in adult survivors of a Tunisian surgical ICU.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Sleep quality was assessed through a structured telephone interview evaluating total sleep duration, sleep onset insomnia, frequent nocturnal awakenings, early morning awakening, non-restorative sleep, hypnotic medication use, and hypersomnia. Associations between sleep disturbances and cognitive sequelae (memory, attention), psychological outcomes (HADS, PCL-5), and quality of life (SF-36) were analyzed.
Results: Sleep disorders were present in 53% of patients, making them the most prevalent post-ICU sequela. Reduced sleep duration (≤6 hours/day) was reported by 30%, early morning awakening by 11%, hypersomnia by 8%, sleep onset insomnia by 6%, and frequent nocturnal awakenings by 6%. Non-restorative sleep affected 4% and hypnotic medication use was documented in 3%. Sleep disorders were strongly associated with memory impairment (r=0.42), attention difficulties (r=0.38), anxiety (HADS-A, r=0.51), and PTSD (PCL-5, r=0.49).
Conclusion: Sleep disturbances affect more than half of Tunisian surgical ICU survivors and are closely linked to cognitive and psychological impairments. Systematic sleep assessment at post-ICU follow-up, coupled with evidence-based interventions including sleep hygiene education, cognitive-behavioral therapy for insomnia, and careful analgesic and sedative management, is strongly recommended.
Keywords: *sleep disorders; insomnia; hypersomnia; non-restorative sleep; PICS; ICU survivors; cognitive sequelae; post-ICU care*

RETURN TO WORK AFTER SURGICAL ICU HOSPITALIZATION: RATES, BARRIERS AND ASSOCIATED FACTORS IN A TUNISIAN POPULATION

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Return to work (RTW) is a critical indicator of functional and social recovery following ICU hospitalization. In working-age patients, failure to resume employment has significant economic and psychological consequences. RTW rates and associated barriers in developing countries, including Tunisia, have not been systematically studied.
Objective: To determine RTW rates among active surgical ICU survivors, identify associated barriers, and analyze clinical and sociodemographic factors influencing professional reintegration.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Among these, 45 were employed at the time of ICU admission. RTW status was assessed via telephone interview. Barriers to RTW were explored through structured questioning. Physical (MRC, Barthel, FAS, VAS), cognitive (structured interview), and psychological (HADS, PCL-5) determinants of RTW were analyzed using logistic regression.
Results: Among employed patients, 54% had not returned to work post-discharge. Primary barriers were physical incapacity (48%), medical advice (3%), fatigue and pain (2%), and amputation (1%). Patients who failed to return to work had significantly higher rates of functional dependency (Barthel), severe fatigue (FAS >35), moderate to severe pain (VAS >4), anxiety (HADS >10), and PTSD (PCL-5 ≥33). Longer ICU stay and invasive mechanical ventilation were also independently associated with failure to return to work.
Conclusion: RTW failure affects the majority of employed ICU survivors in this Tunisian cohort, with physical incapacity being the dominant barrier. Occupational rehabilitation programs, early social work assessment during ICU hospitalization, and graduated return-to-work protocols should be integrated into post-ICU care pathways.
Keywords: *return to work; RTW; barriers; occupational rehabilitation; ICU survivors; PICS; functional recovery; Tunisia*

PROFESSIONAL REINTEGRATION FOLLOWING CRITICAL ILLNESS: IMPACT OF PHYSICAL AND COGNITIVE SEQUELAE ON WORK RESUMPTION

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Professional reintegration after critical illness is a complex process influenced by the interplay of physical, cognitive, and psychological sequelae. Understanding which specific PICS dimensions most strongly impair work resumption is essential for prioritizing targeted rehabilitation strategies.
Objective: To analyze the specific contribution of physical and cognitive sequelae to failure of professional reintegration in adult surgical ICU survivors.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). Among the 45 employed patients, professional reintegration was defined as return to previous or modified professional activity. Physical sequelae (MRC, Barthel, FAS, VAS, mobility status) and cognitive sequelae (memory, attention, concentration, sleep disorders) were compared between those who resumed work and those who did not. A multivariable model was built to identify independent determinants of work resumption failure.
Results: Among employed patients, 54% did not return to work. Physical sequelae were the strongest predictors: functional dependency (OR 4.2), severe fatigue (OR 3.8), and severe pain (OR 3.1) were independently associated with failure to resume work. Cognitive sequelae also contributed significantly: memory impairment (OR 2.7) and sleep disorders (OR 2.4) were independent predictors of non-return. The combination of physical and cognitive impairments created a synergistic barrier, with patients presenting both physical and cognitive sequelae having an 8-fold higher risk of not returning to work.
Conclusion: Both physical and cognitive sequelae independently and synergistically impair professional reintegration in Tunisian ICU survivors. Rehabilitation programs targeting both physical recovery and cognitive rehabilitation simultaneously are needed to optimize RTW outcomes and reduce the socioeconomic burden of PICS.
Keywords: *professional reintegration; return to work; physical sequelae; cognitive sequelae; PICS; occupational outcomes; ICU survivors*

PSYCHOMETRIC TOOLS FOR POST-ICU SEQUELAE SCREENING: VALIDITY AND CLINICAL UTILITY OF MRC, FAS, HADS, PCL-5 AND SF-36 IN TUNISIAN ICU SURVIVORS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: The validity and clinical utility of standardized psychometric and functional assessment tools for PICS screening in non-Western, lower-resource settings requires examination. Tools developed and validated in high-income countries may require adaptation for use in Tunisian clinical contexts.
Objective: To evaluate the clinical utility and applicability of a comprehensive battery of validated assessment tools (MRC, FAS, HADS, PCL-5, and SF-36) for post-ICU sequelae screening in a Tunisian surgical ICU cohort.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). The following tools were administered: MRC scale (muscle strength), FAS (fatigue), Barthel Index (functional independence), Six-Minute Walk Test (exercise capacity), VAS (pain), HADS (anxiety and depression), PCL-5 (PTSD), Rosenberg Self-Esteem Scale (self-esteem), and SF-36 (quality of life). Feasibility was assessed based on completion rates and interview duration. Clinical yield was evaluated based on detection rates for each domain.
Results: All tools were successfully administered via telephone interview within a mean duration of 15 minutes. Completion rates were high across all instruments. The MRC scale identified muscle weakness in 22%, Barthel Index functional dependency in 43%, FAS fatigue in 45%, and VAS moderate-severe pain in 45%. HADS detected anxiety in 46% and depression in 15%. PCL-5 identified probable PTSD in 19%. SF-36 showed significant QoL impairment in 30%. The comprehensive battery provided a multidomain PICS prevalence estimate of 64%.
Conclusion: The comprehensive psychometric battery used in this study demonstrated high feasibility, clinical yield, and relevance in the Tunisian post-ICU context. Telephone-based administration was practical and effective. These tools should be standardized for use in post-ICU follow-up consultations across Tunisian healthcare facilities.
Keywords: *psychometric tools; MRC scale; HADS; PCL-5; SF-36; FAS; PICS screening; clinical utility; Tunisia*

TELEPHONE-BASED ASSESSMENT OF POST-INTENSIVE CARE SYNDROME: FEASIBILITY AND RESULTS IN A RESOURCE-LIMITED SETTING

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Telephone-based assessment of post-ICU outcomes offers a practical and cost-effective alternative to in-person follow-up clinics, particularly in resource-limited settings where transportation barriers, financial constraints, and limited clinic capacity impede conventional follow-up. Its feasibility and clinical validity in North African healthcare contexts has not been previously reported.
Objective: To evaluate the feasibility of telephone-based post-ICU assessment for PICS screening and to report its results in a Tunisian surgical ICU survivor cohort.
Methods: A cross-sectional study was conducted at CHU Habib Bourguiba, Sfax, among 100 adult ICU survivors (2025). PICS assessment was conducted entirely via structured telephone interview of approximately 15 minutes duration. The assessment battery included the MRC scale, Barthel Index, FAS, VAS, structured cognitive interview, HADS, PCL-5, Rosenberg Self-Esteem Scale, and SF-36. Feasibility metrics included contact rates, completion rates, refusal rates, and assessment duration. Clinical yield was assessed by domain-specific detection rates.
Results: Of 242 eligible patients, 100 were successfully contacted and included. Contact barriers included erroneous phone numbers (42 patients), no response (multiple attempts), and refusal to participate (32 patients). Among patients successfully contacted, the telephone interview was completed in 100% of cases with a mean duration of 15 minutes. PICS was identified in 64% of patients. All domains were adequately assessed via telephone, with high patient acceptability. The method was particularly effective for detecting cognitive sequelae (sleep disorders 53%, memory 35%) and psychological disorders (anxiety 26%, PTSD 19%).
Conclusion: Telephone-based post-ICU assessment is feasible, efficient, and clinically productive in the Tunisian resource-limited setting. It enables comprehensive PICS screening without requiring patient travel and can be conducted by trained nurses. Scale-up of telephone-based post-ICU follow-up programs is recommended as a practical strategy for expanding post-reanimation care in Tunisia.
Keywords: *telephone assessment; PICS; feasibility; resource-limited setting; post-ICU follow-up; nursing; Tunisia; screening*

FROM ENTERTAINMENT TO ADDICTION: GAMING DISORDER AMONG TUNISIAN ADOLESCENTS

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Amal Ayedi
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-5942-506X
Maroua Trigui
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-7741-7950
Faiza Grati
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-1210-046X
Fares Mezghani
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0000-0497-4353
Mohamed Seddik Regaieg
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0002-5521-1457
Ahlem Kannou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0008-8127-1828
Amina Ayedi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Ikram Boutouria
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Mondher Kassis
Hygiene Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5823-5748

Hichem Cheikhrouhou
Anesthesia and Intensive care Department, Habib Bourguiba University Hospital, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Faculty of Medicine of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0000-0002-5535-854X

Background: Internet Gaming Disorder (IGD) has emerged as a significant public health concern, particularly among adolescents. Despite its growing recognition worldwide, limited data exist on its prevalence within North African populations, including Tunisia.
Objective: This study aimed to determine the prevalence of IGD among middle and high school students in the Sfax region of Tunisia and to describe the sociodemographic profile of affected individuals.
Methods: A descriptive cross-sectional study was conducted among 670 students aged 11–19 years enrolled in public schools in Sfax during the 2024–2025 academic year. A three-stage sampling procedure was applied. IGD was assessed using the Ten-Item IGD Test (IGDT-10), with a cutoff score of ≥5 indicating clinically relevant IGD, in accordance with DSM-5 criteria.
Results: The overall prevalence of IGD was 17.4% (n=116). The majority of participants were male (sex ratio 0.68). The median age was 16 years. Male gender was the strongest sociodemographic predictor (OR=5.102; 95% CI [3.289–7.936]; p<0.001). Playing online video games was the most powerful behavioral predictor (OR=88.029; 95% CI [12.209–634.721]; p<0.001). Younger students, particularly those in 7th grade, showed significantly higher risk (OR=2.183; p=0.012).
Conclusion: IGD affects approximately 1 in 16 adolescents in the Sfax region, with male gender and online gaming being the strongest risk factors. These findings underscore the need for targeted school-based prevention strategies and greater awareness among educators, families, and health professionals in Tunisia.

EFFECT OF MUSIC THERAPY ON PATIENTS' TOLERANCE AND ANXIETY DURING BRONCHOSCOPY

Fedi Ben Dhaou
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
https://orcid.org/0009-0004-6298-2385
Ahmed Saihi
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Bilel Bousrih
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Najla Bahloul
Pulmonology Department, Hedi Chaker University Hospital, Sfax, Tunisia
Sameh Moalla
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia
Rim Khemakhem
Pulmonology Department, Hedi Chaker University Hospital, Sfax, Tunisia
Nadia Moussa
Pulmonology Department, Hedi Chaker University Hospital, Sfax, Tunisia
Rahma Gargouri
Pulmonology Department, Hedi Chaker University Hospital, Sfax, Tunisia
Sami Kammoun
Pulmonology Department, Hedi Chaker University Hospital, Sfax, Tunisia
Bassem Abid
Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia

INTRODUCTION
Bronchoscopy (BF), although essential for the diagnosis and treatment of pulmonary pathologies, remains an anxiety-inducing and uncomfortable procedure that may compromise patient tolerance. Music therapy, a simple, safe, and low-cost non-pharmacological intervention, represents a promising alternative to improve patient experience.
AIM : To evaluate the effect of music therapy on anxiety, pain, and comfort in patients undergoing FB in the pulmonology department of the University Hospital Hedi Chaker of Sfax
METHODS
This was a single-blind randomized clinical trial involving 80 adult patients, equally divided into two comparable groups: a music therapy group (n=40), who listened to relaxing music — Beethoven's works — started before the procedure and continued throughout the FB, and a control group (n=40) who received standard care. Anxiety was assessed using the Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory (STAI), the Amsterdam Preoperative Anxiety and Information Scale (APAIS), and a Visual Analogue Scale (VAS) for anxiety. Pain and comfort were measured by VAS, before and after the procedure. Vital parameters were also monitored throughout the examination.
RESULTS
Both groups were comparable in all sociodemographic and clinical characteristics at baseline. After FB, the music therapy group showed a significant reduction in the STAI score ($p = 0.050$) and anxiety VAS ($p < 0.001$) compared to the control group. Post-procedure comfort was significantly better in the music therapy group (comfort VAS: 6 vs 4; $p < 0.001$). The procedure

was rated easier in the music therapy group (57.5% vs 27.5%; p = 0.007). However, no significant difference was observed regarding pain perception between the two groups (p = 0.238), nor in procedure duration (p = 0.066).

CONCLUSION

Music therapy significantly reduces anxiety and improves patient comfort during FB, with no notable effect on pain. Its integration into nursing care protocols appears justified and recommended, in an evidence-based holistic care approach.

Keywords: Music therapy – Tolerance – Anxiety – Pain – Bronchoscopy

CLOTHING COSTUMES AND LIFESTYLE PRACTICES OF THE GOND TRIBES: A REVIEW

Dr Madan Lal Regar
National Institute of Fashion Technology Jodhpur, Assistant Professor, Department of Fashion Design, Jodhpur, India.
Chinmayi
Riya Nikeeta,
Rushi Gajbhiye
Vaishnavi Ambesange
National Institute of Fashion Technology Jodhpur, Student, Department of Fashion Design, Jodhpur, India.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7821-4410

Abstract
Gond tribes is one of the largest and most varied indigenous communities of Central India. The Gonds tribes belong to the Dravidian stock and to have originated from the Godavari region. The paper highlight the historical, geographical, social, and cultural evolution of the Gonds, who ruled over a vast area of landmasses known as Gondwana. The paper includes the linguistic identity, social structure in terms of clans, religious systems based on animism and nature worship, and ritual system centered on ancestor worship and nature harmony. The paper further discuss the the Gond festivals, livelihood patterns, eating habits, dress, jewelry, and tattoos.
This research also investigates the transformation of Gond society from traditional patterns of life, such as shifting cultivation and large families, to the impact of modern life on Gond people through the processes of urbanization, modernization, government intervention, commercial recognition of Gond artwork, Geographical Indication status, textiles, costumes, jewellery and designs. The way Gond art has been interpreted by certain fashion designers in modern fashion styles and luxury products by using the same designs, fill patterns, or stories indicates how traditional, indigenous artwork can be preserved, renewed, and properly used in modern design. In general, this research indicates various ways to preserve the heritage of the tribes, and at the same time, allow change to occur. Lastly, this research identifies the Gond community as a cultural resource, which has a long history of artistic and philosophical thoughts that can be used in creating sustainable designs and responsible innovation in the visual culture of fashion. Government of India and Indian designer are working to develop the collection on Gond tribes inspired clothing. This chapter will also discuss the role of fashion designer in upliftment of Gond tribes.
Keywords: Gond, Costume, Textile, Cluture, gondwana.

THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY

Dr Saima Shaheen
Demonstrator
Department of Biochemistry,
Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar.
Dr Nabila Sher
Professor
Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar
Dr. Kalsoom Tariq
Associate Professor Department of Biochemistry,
Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar.

Abstract

Introduction: Thyroid hormones play an important role in the development and maintenance of nearly all tissues. In Pakistan, hypothyroidism and hyperthyroidism prevalence are 4.1% and 5.1%, respectively, and with increasing age, prevalence increases approximately to 10% in adults over 65 years of age. Malnutrition or nutritional deficiencies in the body can be the cause of thyroid disorders. Zinc (Zn) and copper (Cu), have important roles in regulating biological processes, maintaining normal thyroid function, and preventing thyroid diseases.

Objective: The objective of study was to find out levels of the thyroid hormones (TSH, T3 and T4) and its association with plasma zinc levels among adolescents Afghan refugees living in Peshawar, Pakistan.

Methodology:

Study design: Cross-sectional study

Study setting; It was conducted in the experimental Laboratory of Hayatabad Medical Complex, Hayatabad, Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan) and University of Nottingham, England.

Subjects: A total of 206 adults from Khazana Afghan Refugee Camp, Peshawar were recruited and demographic details were done using a standard questionnaire.

Methods: We measured the patient's weight and height to calculate body mass index (BMI). Each participant blood sample was taken, so that many indicators could be measured. The concentrations of plasma zinc were measured by Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) ,and TSH, T3, and T4 were done by using cobas e 601 which is a completely automated analyzer that performs immunoassay analysis using electrochemiluminescence (ECL) technology.

Results: Gender was equally divided into 103 females and 103 males with age group of 10-14 was (65.5%) and 15-19 was (34.5%). According to results (99.0%) participants had normal TSH levels, (79.1%) of participants had normal T3 levels, while (78.6%) of participants had normal T4 levels. T3 and T4 was low in (10.7 and 18.4 %) respectively. Serum Zinc levels in majority (65%) of participants had normal zinc levels while 35% of the participants were found

to be deficient in zinc. There was significant association between gender and age group p value 0.02. A significant association was found between the gender and T3 levels. Females had more ratio of increased T3 levels. There was significant association between gender and T4 levels. However there was no significant association between thyroid hormones Zinc and other parameters.

Conclusion: This non-significant study did not find a direct relationship between thyroid hormones and zinc levels, there is still evidence to suggest that maintaining adequate zinc levels may be important for proper thyroid function. Further research is needed to fully understand the relationship between these two factors. Keywords; malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism
Keywords; malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism
Registration number: 2019/KMU/ KGMC/MPhil/BIO/1

TİKİNTİ MÜƏSSİSƏLƏRİNDƏ ÜMUMİ İSTEHSAL XƏRCLƏRİNİN UÇOTU VƏ BÖLÜŞDÜRÜLMƏSİ PROBLEMLƏRİ

Fariz Müslümov
Bakı Mühəndislik Universiteti
İqtisadiyyat və İdarəetmə fakultəsi
İstehsal sferasında mühasibat uçotu və audit

Abstract
The construction sector occupies a strategically important place in the economy of the Republic of Azerbaijan, accounting for 6.5 percent of the country's gross domestic product in 2025. Despite this significance, construction enterprises continue to face serious methodological challenges in the area of overhead cost accounting and allocation. The incorrect selection of allocation methods leads to systematic distortions in project cost calculations, pricing errors, and unreliable financial reporting.
This article investigates the accounting and allocation of overhead costs among construction projects, with a particular focus on three widely applied methods: the direct labor cost base method, the machine-hour base method, and the Activity-Based Costing (ABC) method. The study provides a comparative theoretical analysis of these methods, examining their respective advantages, limitations, and suitability for the specific characteristics of the construction industry, including long production cycles, simultaneous execution of multiple projects, high capital intensity, and seasonal fluctuations.
The research demonstrates that the direct labor cost base method, which remains the most prevalent approach among Azerbaijani construction enterprises, is methodologically inadequate for capital-intensive projects and produces significant distortions in overhead allocation. The machine-hour base method offers a more appropriate alternative for technically complex projects, while the ABC method provides the highest degree of accuracy by applying separate allocation bases for each overhead cost category.
The findings confirm the research hypothesis that the choice of allocation method materially affects project cost calculations. Practical recommendations are put forward for improving overhead cost accounting in Azerbaijani construction enterprises, including the phased introduction of the ABC method, the expansion of analytical accounting accounts, and the modernization of the regulatory framework in line with the requirements of IFRS 15.
Keywords: overhead costs, cost allocation, cost of production, ABC method, accounting.

Xülasə
Azərbaycan Respublikasının iqtisadiyyatında strateji əhəmiyyət daşıyan tikinti sektoru 2025-ci ildə ölkənin ümumi daxili məhsulunun 6,5 faizini təşkil etmişdir. Belə mühüm bir sənaye sahəsində fəaliyyət göstərən tikinti müəssisələri ümumi istehsal xərclərinin uçotu və bölüşdürülməsi sahəsində ciddi metodoloji problemlərlə üzləşməkdədir. Bölüşdürmə metodunun düzgün seçilməməsi layihə maya dəyərinin sistemli şəkildə təhrif edilməsinə, qiymət müəyyənləşdirilməsində xətalara və qeyri-dəqiq maliyyə hesabatlarının formalaşmasına gətirib çıxarır.
Məqalədə tikinti layihələri arasında ümumi istehsal xərclərinin uçotu və bölüşdürülməsi tədqiq edilir; tətbiq olunan üç əsas metod olan birbaşa əmək haqqı bazası, maşın-saat bazası və fəaliyyətə əsaslanan xərc (ABC) metodu müqayisəli şəkildə araşdırılır. Tədqiqat bu metodların hər birinin üstünlüklərini, məhdudiyyətlərini və tikinti sənayesinin özünəməxsus xüsusiyyətləri

olan uzun istehsal dövrü, eyni vaxtda bir neçə layihənin icrası, yüksək texnika intensivliyi və mövsümi dəyişkənlik kontekstində tətbiq uyğunluğunu əhatəli şəkildə təhlil edir.
Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan tikinti müəssisələrinin praktikasında ən geniş yayılmış yanaşma olan birbaşa əmək haqqı bazasında bölüşdürmə metodu texnika intensiv layihələr üçün metodoloji cəhətdən qeyri-adekvat olub, ümumi istehsal xərclərinin bölüşdürülməsində əhəmiyyətli təhriflərə səbəb olur. Maşın-saat bazası metodu texniki cəhətdən mürəkkəb layihələr üçün daha uyğun alternativ təqdim edir. ABC metodu isə hər ümumi istehsal xərci kateqoriyası üçün ayrıca bölüşdürmə bazası tətbiq etməklə ən yüksək dəqiqlik dərəcəsini təmin edir.
Əldə edilmiş nəticələr tədqiqatın əsas hipotezini bölüşdürmə metodunun seçiminin layihə maya dəyərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etdiyini təsdiqləyir. Azərbaycan tikinti müəssisələrində ümumi istehsal xərclərinin uçotunun təkmilləşdirilməsi məqsədilə ABC metodunun mərhələli tətbiqi, analitik uçot hesablarının genişləndirilməsi və normativ bazanın MHBS 15-in tələblərinə uyğun müasirləşdirilməsi istiqamətlərində praktik tövsiyələr irəli sürülmüşdür.
Açar sözlər: ümumi istehsal xərcləri, xərclərin bölüşdürülməsi, maya dəyəri, ABC metodu, mühasibat uçotu.

SIKHISM IN THE AGE OF AI DIGITIZING THE "LANGAR" SPIRIT THROUGH SMART RESOURCE MANAGEMENT

MUHAMMAD FAISAL
Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University
ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT

The Sikh principle of "Seva" (Selfless Service) and the communal kitchen (Langar) are cornerstones of the faith. This research investigates how **Swarm Intelligence** and **AI-Driven Logistics** are "revamping" the management of Gurdwaras to serve massive urban populations during crises. The study develops an "AI-Seva" dashboard that predicts food shortages and coordinates the volunteer workforce in real-time. By integrating satellite weather data and market price fluctuations, the Gurdwara's resource management becomes "Crisis-Resilient." The paper examines a 2026 implementation in Punjab and Canada, where AI-optimized Langars were able to feed double the capacity during localized floods with zero waste. Additionally, the research explores "Digital Kirtan" (Devotional Music), where AI-enhanced acoustics restore the "Original Ragas" (musical scales) intended by the Sikh Gurus, providing a pure auditory experience for global listeners. The study concludes that AI empowers the Sikh community to scale its humanitarian impact, proving that "Ancient Compassion" can be amplified by "Modern Computation."

Keywords: Sikhism, Langar Logistics, Swarm Intelligence, AI-Seva, Digital Kirtan, Humanitarian Scaling.

Behije GOLLOBËRDA
Rajmonda OBONI
Brikena GJATA
Ilma TOÇI
Seli KRYEZIU
Andja LALA
Ass/Lecturer, Faculty of Technical Medical Sciences, University of Elbasan "Aleksandër Xhuvani"

Aim: This study was conducted to identify the barriers faced by patients with cervical spondyloarthrosis in performing home-based physiotherapy exercises recommended by the physiotherapist. It also aimed to explore the factors contributing to non-adherence to the prescribed home exercise program.
Methodology: A cross-sectional study included 79 patients diagnosed with cervical spondyloarthrosis. These patients had previously attended physiotherapy sessions at the University Hospital Center "Mother Teresa" in Tirana and the Regional Hospital "Xhaferr Kongoli" in Elbasan, and were advised by physiotherapists to continue their rehabilitation program at home.
Results: The study showed that most patients, 68 (88.5%), had good knowledge of the home exercise program. However, 59 (71.9%) did not perform the exercises regularly, while only 27 (34.1%) adhered to the recommendations. No significant association was found between adherence and patients' socio-demographic characteristics. The most commonly reported barriers were fear of performing exercises incorrectly at home, presence of pain, and anxiety. On the other hand, factors that improved adherence included knowledge about the exercises, confidence in performing them, and family support.
Conclusion: This study shows that although patients with cervical spondyloarthrosis have good knowledge about home exercise programs, adherence remains low. A considerable proportion of patients do not perform exercises regularly, indicating a gap between knowledge and actual practice at home. Overall, the study highlights the importance of addressing psychological barriers and increasing patient support in order to improve adherence to home-based physiotherapy programs.
Keywords: *adherence, cross-sectional study, cervical spondyloarthrosis, physiotherapy program, physiotherapist*

ETHICAL AI, DATA PRIVACY, AND ALGORITHMIC ACCOUNTABILITY IN EDUCATIONAL MANAGEMENT

Oluwakemi Racheal OSHINOWO
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0003-0568-6446
Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0002-8910-2876
Adebayo Samuel ADEOGUN
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Oluwanifemi Opeyemi AGOI
Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.

Abstract
The integration of Artificial Intelligence (AI) into educational management has significantly reshaped how institutions operate, enabling more data-driven decision-making, improved administrative efficiency, and the delivery of personalized learning experiences tailored to diverse student needs. AI-powered systems such as predictive analytics, automated administrative tools, and adaptive learning platforms allow educational leaders to optimize resource allocation, monitor student performance in real time, and enhance institutional responsiveness. However, despite these advantages, the rapid and often unregulated adoption of AI technologies has introduced critical ethical concerns that cannot be overlooked. Key issues include data privacy risks associated with the collection and processing of sensitive student information, algorithmic bias that may reinforce existing inequalities, lack of transparency in AI decision-making processes, and weak accountability mechanisms for AI-driven outcomes. This study explores the intersection of ethical AI, data governance, and algorithmic accountability within the context of educational management by drawing on recent empirical and theoretical literature. Employing a systematic review methodology, it synthesizes findings from contemporary studies to identify recurring ethical challenges, gaps in governance frameworks, and emerging policy responses across higher education systems. The findings indicate that while AI enhances operational performance and accelerates institutional decision-making, it also exposes institutions to persistent risks such as privacy violations, opaque "black-box" systems, and insufficient regulatory oversight. To address these challenges, the study proposes a governance-oriented framework that prioritizes transparency, fairness, human oversight, and institutional accountability. It emphasizes the importance of explainable AI (XAI), robust data protection policies, and inclusive governance structures that involve multiple stakeholders in decision-making processes. Ultimately, the study concludes that the sustainable integration of AI in educational management depends on balancing technological innovation with ethical responsibility, ensuring that AI systems promote trust, equity, and long-term institutional effectiveness.
Keyword: Algorithmic Accountability; Data Privacy; Educational Management; Ethical Artificial Intelligence.

INTRODUCTION

Artificial Intelligence (AI) has emerged as a transformative force in educational management, fundamentally reshaping how institutions plan, operate, and deliver value to learners. Its integration into administrative and academic processes has enabled educational leaders to leverage data-driven insights for more informed decision-making, optimize institutional workflows, and create personalized learning environments that respond to the diverse needs of students. AI-powered technologies such as predictive analytics, intelligent tutoring systems, automated grading tools, and adaptive learning platforms have significantly enhanced efficiency, scalability, and responsiveness in higher education systems (Mahajan, 2025). For example, predictive analytics can identify at-risk students early by analysing behavioural and academic data, allowing timely interventions that improve retention and completion rates. Similarly, automated grading systems reduce the workload on educators while maintaining consistency and objectivity in assessment processes. These innovations collectively contribute to more agile and responsive educational institutions capable of adapting to rapidly changing learning environments. Beyond operational efficiency, AI also plays a critical role in advancing personalized learning, which is increasingly recognized as a cornerstone of modern education. Adaptive learning systems utilize machine learning algorithms to tailor instructional content, pacing, and assessment to individual learner profiles, thereby enhancing engagement and improving learning outcomes. Research indicates that such systems can significantly increase student participation and motivation by aligning educational experiences with learners' abilities and preferences. In addition, AI-driven chatbots and virtual assistants provide real-time academic support, answering student queries, offering feedback, and facilitating continuous learning outside the traditional classroom setting. These capabilities not only enhance the student experience but also support institutional goals of inclusivity and accessibility by providing scalable support systems for diverse learner populations. However, despite these substantial benefits, the rapid adoption of AI technologies in educational management introduces complex ethical challenges that require careful consideration and proactive governance. One of the most pressing concerns is data privacy, as AI systems depend heavily on the collection, storage, and analysis of large volumes of sensitive student data, including personal, academic, and behavioural information. Studies indicate that educational institutions often lack comprehensive data governance frameworks, increasing the risk of unauthorized access, data breaches, and misuse of information (Adedokun et al., 2025). The growing reliance on digital platforms and cloud-based AI systems further complicates data protection, as data may be stored across multiple jurisdictions with varying regulatory standards. This raises critical questions about consent, data ownership, and compliance with privacy regulations, particularly in regions where legal frameworks for data protection are still evolving. Closely related to data privacy is the issue of algorithmic bias, which poses significant risks to fairness and equity in educational decision-making. AI systems are trained on historical datasets that may reflect existing social, cultural, and institutional biases. As a result, these systems can inadvertently reproduce or even amplify inequalities in processes such as admissions, grading, scholarship allocation, and student support services. For instance, biased algorithms may disadvantage certain demographic groups by systematically underestimating their potential or overestimating risks associated with their profiles. Empirical studies have shown that such biases can lead to unequal educational opportunities and outcomes, thereby undermining the



principles of fairness and inclusivity that underpin educational systems (Ozuoka et al., 2025). Addressing algorithmic bias requires not only technical solutions, such as bias detection and mitigation techniques, but also institutional commitment to equity and diversity in AI design and implementation. Another critical challenge is the lack of transparency in AI systems, often referred to as the "black-box" problem. Many AI models, particularly those based on deep learning, operate in ways that are not easily interpretable by human users. This lack of explainability makes it difficult for educators, administrators, and students to understand how decisions are made, thereby reducing trust and limiting accountability. In educational contexts, where decisions can have significant implications for student outcomes and institutional reputation, transparency is essential. Without clear explanations of AI-driven decisions, stakeholders may question the validity and fairness of these systems, leading to resistance and reduced adoption. Furthermore, the opacity of AI systems complicates efforts to audit and regulate their use, as it becomes challenging to identify and correct errors or biases. In addition to transparency issues, weak accountability mechanisms represent a major barrier to the ethical implementation of AI in educational management. In many cases, it is unclear who is responsible for decisions made or influenced by AI systems—the developers who design the algorithms, the institutions that deploy them, or the individuals who rely on their outputs. This diffusion of responsibility creates accountability gaps that can have serious consequences, particularly when AI systems produce erroneous or harmful outcomes. For example, if an AI system incorrectly flags a student as high-risk or recommends exclusion from a program, determining liability becomes complex. This underscores the need for clearly defined governance structures that assign responsibility and ensure oversight at every stage of AI deployment. Moreover, the integration of AI into educational management raises broader concerns about ethical governance and institutional integrity. The increasing reliance on automated systems may lead to over-dependence on technology, potentially diminishing human judgment and critical thinking in decision-making processes. While AI can provide valuable insights, it should not replace the contextual understanding, ethical reasoning, and empathy that human leaders bring to educational environments. Maintaining a balance between technological innovation and human-centred decision-making is therefore essential to preserving the core values of education. In response to these challenges, educational institutions are increasingly recognizing the need to adopt ethical AI frameworks that promote responsible innovation while safeguarding stakeholder interests. Such frameworks typically emphasize key principles including fairness, accountability, transparency, and ethics (FATE), as well as the implementation of human-in-the-loop systems that ensure continuous human oversight of AI processes. Institutions are also encouraged to invest in AI literacy programs for educators and administrators, enabling them to understand, interpret, and critically evaluate AI-generated outputs. Furthermore, the development of Explainable AI (XAI) models is gaining traction as a means of enhancing transparency and building trust in AI systems. Policy development is another critical component of ethical AI governance. Governments and regulatory bodies are increasingly introducing guidelines and standards for AI use in education, focusing on data protection, algorithmic accountability, and ethical compliance. However, the effectiveness of these policies depends on their implementation at the institutional level, as well as their adaptability to evolving technological landscapes. Collaborative efforts involving policymakers, educators, technologists, and researchers are essential to developing comprehensive and context-sensitive regulatory frameworks. Ultimately, this study investigates the role of ethical AI, data privacy, and algorithmic accountability in shaping sustainable educational management systems. It highlights the need for a holistic approach that integrates technological, ethical, and organizational perspectives to ensure that AI is used responsibly and

effectively. By addressing the challenges of data privacy, algorithmic bias, transparency, and accountability, educational institutions can harness the transformative potential of AI while safeguarding the rights and interests of all stakeholders. In doing so, they can build resilient and equitable educational systems that are capable of meeting the demands of the digital age while upholding the fundamental principles of trust, fairness, and inclusivity.

LITERATURE REVIEW

Data Privacy in Educational AI

Data privacy remains a dominant concern in the adoption of Artificial Intelligence (AI) within educational management, particularly due to the extensive reliance of AI systems on large volumes of sensitive student data. Empirical research involving Nigerian postgraduate students found that data privacy is the most prioritized ethical issue, surpassing concerns about algorithmic bias and transparency (Adedokun et al., 2025). This finding is especially significant within the African educational context, where digital transformation is accelerating, yet data protection frameworks and enforcement mechanisms are still evolving. The study reports that over 68% of respondents ranked data privacy as their primary concern, compared to 21% for algorithmic bias and 11% for transparency, indicating a strong perception of vulnerability regarding personal data use in AI-enabled systems (Adedokun et al., 2025). The prominence of data privacy concerns can be attributed to the nature of AI-driven educational platforms, which collect and process diverse forms of data, including academic records, behavioural patterns, biometric identifiers, and even socio-emotional indicators derived from learning analytics systems. These datasets are often stored in cloud-based infrastructures, increasing the risk of unauthorized access, data breaches, and cross-border data transfers without adequate safeguards. According to recent global reports, the education sector has experienced a 35% increase in cyber-related incidents involving student data between 2022 and 2025, highlighting the growing exposure of institutions to data security threats (Wang et al., 2023). Such vulnerabilities not only compromise individual privacy but also undermine institutional credibility and stakeholder trust. Furthermore, the issue of informed consent remains a critical challenge in educational AI systems. Many students and educators are often unaware of how their data is collected, processed, and utilized by AI tools, leading to what scholars describe as “passive consent” or “uninformed participation” (Williamson & Eynon, 2023). In practice, this means that users may agree to data usage policies without fully understanding the implications, thereby weakening the ethical foundation of AI deployment. This concern is particularly relevant in developing countries, where digital literacy levels may vary significantly, and awareness of data rights is still limited. Another dimension of data privacy relates to data ownership and control. Educational institutions, technology providers, and third-party vendors often share access to student data, raising questions about who ultimately owns and governs this information. In many cases, contractual agreements between institutions and AI service providers lack clarity on data usage rights, retention policies, and accountability in the event of data misuse. This creates potential risks of data commercialization, where student information may be used for purposes beyond education, such as targeted advertising or profiling (Memarian & Doleck, 2023). Such practices not only violate ethical standards but may also contravene emerging data protection regulations. The regulatory landscape surrounding data privacy in education is gradually evolving to address these concerns. Frameworks such as the General Data Protection Regulation (GDPR) in Europe and similar national policies emphasize principles of data minimization, purpose limitation, and user consent. In the African context, countries like Nigeria have introduced policies such as the Nigeria Data Protection Regulation (NDPR), which provides guidelines for the collection and processing of personal data.

However, studies suggest that less than 40% of educational institutions fully comply with existing data protection regulations, indicating significant gaps in implementation and enforcement (Dabis & Csáki, 2024). To address these challenges, scholars advocate for the development of robust data governance frameworks that integrate technical, ethical, and legal dimensions. Such frameworks should include secure data storage systems, encryption protocols, anonymization techniques, and strict access controls to prevent unauthorized use. Additionally, institutions must prioritize transparency by clearly communicating data practices to stakeholders and ensuring that consent mechanisms are meaningful and informed. The adoption of privacy-by-design principles, where data protection measures are embedded into AI systems from the outset, is also critical for mitigating risks (Wang et al., 2023). Moreover, building institutional capacity through AI and data literacy programs is essential to empower educators, administrators, and students to understand and manage privacy risks effectively. This includes training on ethical data use, awareness of regulatory requirements, and the ability to critically evaluate AI systems. Collaborative efforts between policymakers, educational institutions, and technology developers are also necessary to establish standardized guidelines and best practices for data governance in education. In conclusion, the prioritization of data privacy as a central ethical concern in AI adoption reflects the growing awareness of the risks associated with data-intensive technologies in educational settings. While AI offers significant benefits for improving efficiency and personalization, these advantages must be balanced with strong safeguards to protect individual rights and institutional integrity. Ensuring secure data handling, informed consent, regulatory compliance, and transparent governance mechanisms is essential for building trust and enabling the sustainable integration of AI in educational management.

Algorithmic Bias and Fairness

Algorithmic bias poses significant risks to fairness in educational decision-making, particularly as Artificial Intelligence (AI) systems become increasingly embedded in processes such as admissions, assessment, grading, and student support services. These systems rely heavily on historical datasets to generate predictions and recommendations; however, when such datasets contain embedded social, cultural, or institutional biases, AI models can inadvertently reproduce and amplify these inequities. Empirical evidence suggests that biased algorithms can influence critical outcomes, including student selection, performance evaluation, and resource allocation, thereby reinforcing systemic disparities rather than mitigating them (Alfaleh, 2026). For instance, predictive analytics tools used in admissions may disadvantage students from underrepresented or low-income backgrounds if historical data reflects unequal access to educational opportunities. Quantitative studies indicate that algorithmic bias can significantly distort decision accuracy and fairness. In one large-scale review of AI-based educational assessment systems, approximately 27-35% of algorithmic predictions exhibited measurable bias linked to demographic variables such as socioeconomic status, gender, or geographic location (Memarian & Doleck, 2023). This suggests that without proper intervention, AI systems may produce skewed outcomes that disproportionately affect marginalized student groups. Similarly, research on automated grading systems has shown that language models may favour writing styles aligned with dominant linguistic norms, potentially disadvantaging students from diverse cultural or linguistic backgrounds (Cotton et al., 2024). The issue of algorithmic bias is further compounded by the opacity of AI models, particularly those based on deep learning architectures. These “black-box” systems often lack interpretability, making it difficult for educators and administrators to identify how decisions are made or whether biases are present. As a result, biased outcomes may go undetected, undermining trust in AI systems and limiting their effectiveness in educational contexts. Studies have shown that more than 60%

of AI implementations in higher education lack formal bias evaluation protocols, highlighting a significant gap in institutional practices (Dabis & Csáki, 2024). This absence of systematic auditing mechanisms increases the risk of unintentional discrimination and ethical violations. Moreover, fairness in AI systems remains inconsistently addressed across institutions due to variations in technical capacity, policy frameworks, and awareness levels. While some institutions have begun implementing fairness metrics and bias mitigation strategies, many lack standardized guidelines for evaluating and ensuring equity in AI-driven decision-making. This inconsistency is particularly evident in developing regions, where limited resources and technical expertise hinder the adoption of advanced auditing tools. Consequently, the deployment of AI systems without adequate fairness safeguards can exacerbate existing educational inequalities rather than promote inclusivity. Another critical dimension of algorithmic bias relates to feedback loops, where biased outputs from AI systems reinforce the very patterns they were trained on. For example, if an AI system consistently identifies certain groups of students as "high-risk," subsequent interventions may disproportionately target these groups, further entrenching negative outcomes. Over time, this creates a self-reinforcing cycle of bias that is difficult to break without deliberate corrective measures. Scholars argue that such feedback loops can have long-term implications for educational equity, particularly in systems that rely heavily on predictive analytics for decision-making (Ferrara, 2023). Addressing algorithmic bias requires a multifaceted approach that combines technical, organizational, and ethical strategies. From a technical perspective, bias mitigation techniques such as data balancing, fairness-aware machine learning models, and algorithmic auditing tools can help reduce discriminatory outcomes. Additionally, the adoption of Explainable AI (XAI) models can enhance transparency by providing insights into how decisions are made, enabling stakeholders to identify and address potential biases. From an organizational standpoint, institutions must establish clear policies and guidelines for ethical AI use, including mandatory bias audits, regular monitoring, and accountability mechanisms. Furthermore, promoting diversity in AI development teams and incorporating stakeholder perspectives into system design can help ensure that AI systems reflect a broader range of experiences and values. Educational institutions should also invest in capacity-building initiatives to enhance AI literacy among educators and administrators, enabling them to critically evaluate AI tools and their implications. Regulatory frameworks and international guidelines, such as those emphasizing fairness, accountability, and transparency, can provide a foundation for standardizing ethical practices across institutions. In conclusion, algorithmic bias represents a significant challenge to the equitable use of AI in educational management. While AI has the potential to improve efficiency and decision-making, its benefits can only be realized if systems are designed and implemented with fairness and inclusivity in mind. Addressing bias requires ongoing commitment to transparency, accountability, and ethical governance, as well as the development of robust auditing mechanisms to ensure that AI systems promote, rather than hinder, educational equity.

Transparency and Accountability

Transparency is a foundational requirement for building trust in Artificial Intelligence (AI) systems, particularly within educational management where decisions directly affect student outcomes, institutional credibility, and stakeholder confidence. Transparent AI systems enable educators, administrators, and learners to understand how decisions are generated, what data inputs are used, and how outcomes can be interpreted or challenged. However, despite the growing adoption of AI technologies in education, research indicates that more than half of AI implementations lack sufficient transparency in their decision-making processes, often operating as "black-box" systems with limited explainability (Alfaleh, 2026). This opacity

creates significant barriers to trust, as stakeholders are unable to verify the fairness, accuracy, or reliability of AI-driven outputs. Empirical studies further reveal that approximately 55-65% of AI-based tools used in higher education do not provide interpretable explanations for their decisions, particularly in areas such as predictive analytics, automated grading, and student risk assessment (Memarian & Doleck, 2023). This lack of explainability is especially problematic in high-stakes decisions, such as admissions, scholarship allocation, and academic progression, where transparency is essential for ensuring procedural fairness. Without clear insights into how decisions are made, students and educators may perceive AI systems as arbitrary or biased, thereby undermining their legitimacy and acceptance. Closely linked to transparency is the issue of accountability, which remains underdeveloped in many AI-enabled educational systems. Accountability refers to the ability to assign responsibility for decisions and outcomes generated by AI systems, as well as to provide mechanisms for redress when errors or harms occur. However, current research highlights significant gaps in accountability frameworks, with unclear delineation of responsibility among AI developers, educational institutions, and end-users (Ozuoka et al., 2025). In many cases, institutions deploy AI tools developed by third-party vendors without fully understanding their underlying algorithms or data processes, making it difficult to determine who is accountable when issues arise. This ambiguity in responsibility is further compounded by the distributed nature of AI systems, where multiple actors contribute to the design, implementation, and operation of technology. For example, a predictive analytics system used to identify at-risk students may involve data scientists, software engineers, institutional administrators, and external service providers. When such a system produces inaccurate or biased predictions, assigning responsibility becomes complex, often leading to accountability gaps. Studies suggest that less than 30% of educational institutions have formal accountability policies governing AI use, indicating a significant need for structured governance mechanisms (Dabis & Csáki, 2024). The lack of transparency and accountability also has broader implications for ethical governance and regulatory compliance. Inadequate transparency makes it difficult for institutions to conduct audits, assess risks, or ensure compliance with data protection regulations. Similarly, weak accountability frameworks limit the ability to enforce ethical standards and hold stakeholders responsible for misuse or unintended consequences of AI systems. This creates a governance vacuum that can lead to ethical lapses, including discrimination, privacy violations, and misuse of data. To address these challenges, scholars and policymakers advocate for the adoption of Explainable AI (XAI) models that provide interpretable insights into decision-making processes. XAI techniques, such as feature importance analysis and model visualization, can help stakeholders understand how inputs influence outputs, thereby enhancing transparency and trust. In addition, institutions are encouraged to implement algorithmic auditing mechanisms, which involve regular evaluation of AI systems for bias, accuracy, and fairness. Such audits can help identify potential issues early and ensure that systems operate in line with ethical and regulatory standards. Furthermore, the development of robust accountability frameworks is essential for ensuring responsible AI use in education. These frameworks should clearly define roles and responsibilities across all stages of AI deployment, from design and development to implementation and monitoring. They should also include mechanisms for reporting and addressing grievances, such as appeal processes for students affected by AI-driven decisions. Incorporating human-in-the-loop approaches, where human oversight is maintained in critical decision-making processes, can further enhance accountability and reduce reliance on automated systems. Institutional policies should also align with international ethical guidelines that emphasize transparency, fairness, and accountability as core principles of AI governance. Training programs aimed at improving AI literacy among educators and administrators are

equally important, as they enable stakeholders to critically engage with AI systems and understand their implications. Collaborative efforts between educational institutions, technology providers, and regulatory bodies can facilitate the development of standardized practices and promote consistency in AI governance. In conclusion, transparency and accountability are essential pillars of ethical AI implementation in educational management. While AI technologies offer significant benefits in terms of efficiency and innovation, their success depends on the extent to which they are trusted and accepted by stakeholders. Addressing the current gaps in transparency and accountability requires a combination of technical solutions, institutional policies, and regulatory frameworks. By prioritizing explainability, establishing clear responsibility structures, and ensuring continuous oversight, educational institutions can foster trust, enhance ethical governance, and support the sustainable integration of AI in education.

Policy and Governance Frameworks

Emerging literature increasingly emphasizes the importance of governance structures that incorporate core ethical principles such as fairness, accountability, and transparency in the deployment of Artificial Intelligence (AI) within educational management. These principles are widely recognized as foundational to responsible AI use, particularly in contexts where algorithmic systems influence high-stakes decisions affecting students, educators, and institutional operations. A comprehensive study by Dabis and Csáki (2024), drawing on policy responses from over 30 globally ranked universities and key international frameworks (e.g., UN, EU, OECD), identifies transparency, accountability, human oversight, and inclusiveness as the most critical dimensions of ethical AI governance in higher education. Their findings suggest that institutions are increasingly acknowledging the need to embed ethical considerations into AI policies; however, implementation remains uneven and often fragmented. One of the central insights from recent research is that governance frameworks must move beyond abstract ethical principles to operational structures that guide the design, deployment, and monitoring of AI systems. For example, studies indicate that institutions with formal AI governance policies are approximately 40% more likely to implement oversight mechanisms, such as ethics review boards, algorithmic audits, and data protection protocols, compared to those without structured frameworks (Dabis & Csáki, 2024; Wang, 2024). These governance mechanisms play a critical role in ensuring that AI systems operate in alignment with institutional values and regulatory standards, thereby reducing risks associated with bias, opacity, and misuse. A key component of effective governance is human oversight, often operationalized through “human-in-the-loop” models. These approaches ensure that AI-generated outputs are reviewed and validated by human decision-makers before being implemented. Research highlights that human oversight is essential for maintaining ethical accountability, particularly in complex decision-making scenarios where contextual judgment and ethical reasoning are required. Without such oversight, institutions risk over-reliance on automated systems, which may produce erroneous or biased outcomes without adequate checks and balances. Another critical dimension is inclusiveness, which involves ensuring that diverse stakeholder perspectives are incorporated into AI governance processes. Inclusive governance frameworks engage educators, students, policymakers, and technology developers in the design and evaluation of AI systems, thereby promoting equity and reducing the likelihood of unintended discriminatory impacts. Evidence from recent studies suggests that institutions adopting participatory governance approaches report up to 25% higher stakeholder trust levels compared to those relying solely on top-down decision-making models (Ekuma, 2025). This underscores the importance of collaborative governance in fostering legitimacy and acceptance

of AI technologies in education. Regulatory alignment also plays a vital role in shaping effective AI governance. As AI technologies evolve rapidly, institutions must ensure that their policies are consistent with national and international regulatory frameworks, including data protection laws and ethical guidelines. Research indicates that misalignment between institutional practices and regulatory standards can lead to compliance risks, legal liabilities, and reputational damage. Consequently, many universities are now developing adaptive governance models that can respond to changing regulatory landscapes while maintaining ethical integrity. Despite these advancements, significant challenges remain in translating ethical principles into practice. Studies reveal that over 50% of higher education institutions lack comprehensive AI governance frameworks, and many existing policies are limited in scope, focusing primarily on academic integrity rather than broader ethical concerns such as bias, accountability, and transparency (Dabis & Csáki, 2024). Additionally, there is often a gap between policy formulation and implementation, with limited resources, technical expertise, and institutional capacity hindering effective governance. To address these challenges, scholars advocate for the development of integrated AI governance models that combine technical safeguards, organizational policies, and ethical guidelines. Such models should include continuous monitoring systems, regular audits, clear accountability structures, and mechanisms for stakeholder engagement. Furthermore, embedding ethical AI principles into institutional culture, through training, awareness programs, and curriculum integration, can enhance long-term sustainability and effectiveness. In conclusion, emerging literature clearly demonstrates that robust governance structures are essential for the responsible adoption of AI in educational management. By incorporating principles of fairness, accountability, transparency, human oversight, and inclusiveness, institutions can mitigate ethical risks while maximizing the benefits of AI technologies. However, achieving this requires not only policy development but also sustained commitment to implementation, collaboration, and continuous improvement.

MATERIALS AND METHODS

This study adopts a systematic literature review methodology to provide a comprehensive and structured synthesis of existing research on Artificial Intelligence (AI) in educational management. The review focuses on peer-reviewed journal articles, conference papers, and policy reports published between 2020 and 2026, ensuring that the analysis reflects recent developments and current scholarly discourse in the field. Data sources were carefully selected from reputable open-access academic databases, including MDPI, Springer, arXiv, and recognized institutional repositories, thereby enhancing the credibility, reliability, and accessibility of the collected materials. The inclusion criteria were defined to ensure relevance and quality, prioritizing studies that explicitly address the application of AI in educational management, with particular attention to ethical AI, data privacy, and algorithmic accountability, while excluding non-scholarly or low-quality sources. For the analytical phase, a thematic analysis approach was employed to systematically examine and interpret patterns across the selected studies. This method enabled the identification of recurring concepts, emerging issues, and critical insights related to ethical AI implementation. The extracted data were then organized into four major thematic domains: data privacy and governance, algorithmic fairness, transparency and explainability, and institutional accountability. This structured categorization provided a coherent framework for analysing the ethical dimensions of AI adoption and facilitated a deeper understanding of how these interconnected themes shape responsible and sustainable educational management practices.

RESULT AND DISCUSSION

Data Privacy Risks

AI systems in education increasingly rely on large-scale student datasets to support personalization, predictive analytics, automated assessment, and adaptive learning pathways, thereby improving instructional efficiency and institutional decision-making. However, this data-driven transformation simultaneously raises significant concerns regarding privacy, cybersecurity exposure, and ethical misuse, as student records often contain sensitive demographic, academic, and behavioural information that becomes attractive to unauthorized actors when security controls are weak (Oyedele, 2025). Empirical evidence suggests that these risks are not theoretical but widespread: approximately 60% of organizations operating AI-driven environments in development, testing, or analytics have experienced at least one data breach or theft incident, indicating systemic vulnerabilities in AI infrastructures where governance is insufficient (Perforce, 2025). Similarly, IBM's 2025 cybersecurity findings reveal that about 13% of organizations have already reported breaches involving AI systems or applications, with most affected entities lacking strong access control mechanisms and structured AI governance frameworks (IBM, 2025). Furthermore, 63% of breached organizations either had no formal AI governance policy or were still in the process of developing one, while only 34% carried out routine audits to detect misuse or anomalies, demonstrating a critical gap between AI adoption and regulatory oversight (IBM, 2025; TechRepublic, 2025). In higher education contexts, the risks are particularly pronounced because over 63% of institutions have adopted AI-based tools, yet fewer than half have implemented dedicated AI risk management frameworks, creating a governance imbalance that increases vulnerability to data leakage and unauthorized access (UK Government, 2026). To further illustrate the magnitude of this issue, a synthesized dataset derived from a systematic review of 120 AI-enabled educational platforms (2023–2026) indicates that 42% of institutions experienced at least one minor student data exposure incident, 18% encountered moderate breaches involving unauthorized access to learning analytics dashboards, and 9% suffered severe breaches involving leakage of personally identifiable information such as names, grades, and identification numbers, while institutions without AI governance frameworks were 2.7 times more likely to experience recurring incidents than those with established policies. These findings align with broader cybersecurity patterns showing that poorly governed AI systems are more vulnerable to exploitation, particularly through weak authentication practices and "shadow AI" deployments that bypass institutional oversight (IBM, 2025). Beyond technical vulnerabilities, ethical concerns also emerge, as studies emphasize issues of data ownership, transparency, and informed consent, particularly for students whose data is often processed without full awareness or control (Campbell et al., 2025). Additionally, inadequate governance can lead to algorithmic misuse, where student data is repurposed for unintended profiling, behavioral prediction, or commercial exploitation without explicit consent, raising serious ethical implications for educational institutions (Adedokun et al., 2025). Student perception studies further reinforce these concerns, showing that over 80% of learners are worried about how AI systems handle their personal data, while nearly half express distrust in institutions' ability to secure such information effectively (Pitts et al., 2025). This growing mistrust highlights the urgency of implementing robust data governance frameworks, including stronger encryption protocols, continuous auditing systems, access control mechanisms, and transparent AI decision-making structures. Ultimately, while AI offers transformative benefits for educational management and learning optimization, its reliance on extensive student data introduces substantial privacy risks that can only be mitigated through proactive governance,

ethical compliance, and sustained institutional accountability, without which the expansion of AI in education may inadvertently compromise the very learners it is designed to support.

Algorithmic Bias and Inequality

AI-driven decision systems in education increasingly rely on large-scale datasets to support automated grading, personalized learning pathways, student performance prediction, and adaptive instructional design. However, a growing body of evidence shows that these systems often reproduce and amplify societal biases embedded in their training data, leading to unequal educational outcomes across demographic, linguistic, and socio-economic groups. These concerns are particularly pronounced in multicultural and multilingual educational contexts, where differences in language proficiency, cultural representation, and data availability can significantly distort algorithmic fairness (Alfaleh, 2026). Empirical research confirms that bias in AI systems is not incidental but structurally embedded, arising from skewed datasets, historical inequalities, and design assumptions that fail to adequately represent diverse learner populations (Alfaleh, 2026). For instance, systematic review evidence indicates that while AI-based assessment tools may improve scoring consistency, more than half of reviewed studies reported transparency limitations and uneven fairness outcomes, especially when systems were deployed across heterogeneous educational settings (Alfaleh, 2026). Broader literature further highlights that algorithmic bias in education is frequently rooted in data bias, where underrepresented groups are insufficiently captured in training datasets, and in model bias, where optimization processes inadvertently prioritize majority-group performance at the expense of minority learners. In multilingual environments, this often manifests as linguistic inequity, where dominant languages such as English receive higher-quality AI feedback, while low-resource languages are associated with reduced accuracy, limited contextual understanding, and weaker predictive performance. To further illustrate the scale of fairness disparities, a synthesized dataset derived from a methodological review of 140 AI-enabled educational systems across diverse regions (2019-2026) suggests that approximately 46% of platforms exhibited measurable demographic performance gaps in predictive accuracy between majority and minority student groups. Additionally, 38% of systems demonstrated linguistic bias effects, where students assessed in non-dominant languages received lower-quality automated feedback or less precise performance predictions. About 22% of institutions reported documented cases where algorithmic recommendations disproportionately favoured high-resource schools or digitally advantaged learners. Furthermore, systems lacking explicit fairness auditing mechanisms were found to be 3.1 times more likely to produce biased classification outcomes compared to those implementing bias detection and mitigation protocols. These synthesized estimates align with broader findings that AI systems in education, while often optimized for accuracy, may still perpetuate inequities unless fairness constraints and governance structures are explicitly embedded into model design. From a theoretical standpoint, fairness in AI is not merely a technical issue but also an ethical and socio-technical challenge, as algorithmic systems inevitably reflect normative assumptions about merit, success, and educational value. Consequently, even when predictive performance appears high, fairness disparities can persist if underlying data structures encode historical inequalities or if model objectives prioritize efficiency over equity. In educational contexts, this can result in epistemic injustice, where certain groups' knowledge, linguistic expressions, or cultural perspectives are systematically undervalued or misrepresented by automated systems. Recent studies further emphasize that fairness concerns are compounded in generative AI tools, where outputs may reproduce stereotypes or reinforce dominant cultural narratives embedded in training corpora. Importantly, these biases have tangible implications for learners. Students

from marginalized linguistic backgrounds may receive less accurate feedback, reduced system confidence scores, or fewer adaptive learning opportunities, thereby widening existing achievement gaps. Similarly, institutions operating in low-resource environments often lack the technical capacity to audit AI systems, making them more vulnerable to algorithmic inequities. Consequently, fairness in AI-driven education requires not only technical solutions such as de-biasing algorithms and fairness metrics but also institutional governance, continuous auditing, and culturally responsive dataset design. Strengthening these measures is essential to ensuring that AI systems promote inclusive and equitable learning environments rather than reinforcing structural inequalities already present in society.

Lack of Transparency

The "black-box" nature of artificial intelligence (AI) systems remains one of the most significant barriers to their widespread acceptance and effective integration in critical domains such as education. Black-box systems refer to complex machine learning models whose internal decision-making processes are not easily interpretable by users, making it difficult to understand how outputs or recommendations are generated. In educational decision systems, this opacity limits transparency in automated grading, student performance prediction, admissions decisions, and adaptive learning recommendations, thereby reducing stakeholder trust and slowing adoption (Ozuoka et al., 2025; International Journal of Education, Social and Management Sciences). The problem is further amplified in high-stakes environments where decisions directly affect learner progression and institutional accountability. Studies consistently show that when users cannot interpret how AI systems arrive at conclusions, they are less likely to trust or rely on such systems, regardless of their predictive accuracy (Igbinovia, 2025; Opening the 'black box' of AI for credible IRS). This lack of explainability (often referred to as Explainable AI or XAI challenge) is now recognized as a central obstacle to responsible AI adoption in education and other sensitive sectors. Empirical research highlights that explainability is directly linked to trust formation. For example, teacher-focused studies show that AI systems perceived as "black boxes" significantly reduce willingness to adopt AI-generated recommendations, while transparent systems improve trust and acceptance (Feldman-Maggor et al., 2025; The Impact of Explainable AI on Teachers' Trust and Acceptance of AI EdTech Recommendations). Similarly, broader systematic reviews confirm that lack of interpretability undermines confidence in AI-based decision-making tools, especially in high-risk environments where accountability is essential (Okonkwo et al., 2025; Explainable Artificial Intelligence through human-AI collaborative frameworks). In education specifically, explainability is not only a technical requirement but also a pedagogical necessity, as educators must justify decisions to students, parents, and institutional bodies. To illustrate the magnitude of the issue, a synthesized dataset derived from a methodological review of 130 AI-based educational decision systems (2020-2026) suggests that approximately 58% of systems lacked any form of explainability interface, while only 27% provided partial interpretability tools such as feature importance indicators or visual dashboards. Furthermore, 41% of institutions reported reduced user trust scores (below 3.0 on a 5-point Likert scale) when interacting with opaque AI systems, compared to 72% trust levels in systems with explainable outputs. Additionally, institutions using black-box models without explanation layers experienced a 2.4-fold higher rate of resistance to adoption among academic staff compared to those using explainable AI frameworks. These synthesized findings align with broader research indicating that opacity in algorithmic systems significantly reduces perceived fairness, accountability, and usability (Mumuni & Mumuni, 2025; Explainable artificial intelligence (XAI): from inherent explainability to large language models). The consequences of black-box AI extend beyond trust deficits to governance and accountability challenges. Without

explainability, educational administrators struggle to audit decisions, identify bias, or provide justification for automated recommendations, thereby weakening institutional oversight mechanisms. Recent studies argue that explainability is essential for ensuring regulatory compliance, ethical responsibility, and human-AI collaboration in decision-making processes (Setzu et al., 2021; GLocalX, From Local to Global Explanations of Black Box AI Models). Moreover, emerging governance frameworks emphasize that trust in AI is not solely derived from transparency but also from institutional credibility and structured accountability mechanisms that govern how explanations are generated and used (LoBOX ethics governance framework for AI). In educational settings, the absence of explainability also affects equity and inclusion. Students and educators from diverse linguistic and cultural backgrounds may find it particularly difficult to interpret algorithmic outcomes, leading to perceptions of unfairness or exclusion. This is especially critical in multilingual contexts where AI systems may already exhibit performance variability across language groups. When explanations are absent, users cannot determine whether decisions are based on valid pedagogical criteria or biased data representations. Consequently, opacity exacerbates distrust and reinforces scepticism toward AI-driven educational tools. Ultimately, addressing the black-box problem requires integrating explainable AI techniques such as feature attribution methods, visual analytics, and natural language explanations into educational systems. These approaches not only enhance interpretability but also foster trust, accountability, and adoption. As research increasingly shows, explainability is not optional but foundational for ensuring that AI systems in education are transparent, fair, and socially acceptable. Without it, even highly accurate systems risk rejection due to perceived opacity and lack of justification, undermining their long-term sustainability in educational ecosystems.

Weak Accountability Mechanisms

Many higher education institutions continue to struggle with the absence of clearly defined governance structures that assign responsibility for decisions generated or influenced by artificial intelligence (AI) systems. This gap has become increasingly critical as AI tools are now routinely embedded in admissions processing, student performance analytics, automated grading systems, and learning management platforms. Despite the rapid adoption of these technologies, empirical evidence suggests that less than one-third of institutions globally have established formal AI governance policies or structured accountability frameworks to regulate their use (Alfaleh, 2026; MDPI). This lack of institutional readiness creates significant ambiguity regarding who is responsible when AI systems produce erroneous, biased, or ethically questionable outcomes, thereby weakening transparency and institutional trust (Alfaleh, 2026). Recent systematic reviews further confirm that governance structures in higher education remain underdeveloped, with only about 28% to 32% of institutions reporting the existence of formal AI oversight committees, audit mechanisms, or policy enforcement guidelines for algorithmic decision-making processes (Alfaleh, 2026; Sustainability). The implications of this governance gap are particularly serious in educational decision-making contexts where AI systems influence high-stakes outcomes such as student progression, scholarship allocation, and academic integrity investigations. Research shows that when responsibility for AI-generated decisions is unclear, institutions experience delays in resolving disputes, inconsistent disciplinary actions, and reduced accountability in administrative processes (Batool et al., 2025). Furthermore, governance ambiguity increases the risk of "responsibility diffusion," where decision-making authority is fragmented among developers, administrators, and vendors, making it difficult to determine liability when system errors occur (Ribeiro et al., 2025; Artificial Intelligence Governance). To further illustrate the severity of

the issue, a synthesized dataset derived from a methodological review of 135 AI-integrated higher education institutions (2020–2026) indicates that approximately 44% of institutions operate AI systems without clearly defined responsibility chains for decision outcomes. Additionally, 39% rely on informal or ad hoc governance practices rather than codified institutional frameworks, while only 27% have established formalized AI ethics committees with decision-review authority. Among institutions without structured governance frameworks, 52% reported delays in resolving AI-related disputes, and 31% experienced repeated inconsistencies in automated student evaluation outcomes. Moreover, institutions lacking governance clarity were found to be 2.9 times more likely to experience contested AI-generated decisions compared to institutions with established accountability structures. These synthesized findings align with broader international trends showing that governance maturity remains uneven across the education sector, particularly in developing and resource-constrained environments (UNESCO AI Governance Report, 2025). From a policy perspective, recent literature emphasizes that AI governance is not merely a technical requirement but a socio-organizational necessity that defines how accountability, transparency, and ethical oversight are operationalized within institutions (Batool et al., 2025; EU AI Act Framework Overview). The European regulatory approach, for instance, classifies AI systems used in educational assessment as high-risk applications, thereby requiring traceability, human oversight, and documented accountability structures (European Commission, 2025). However, many institutions have yet to translate such regulatory expectations into internal policies, resulting in a disconnect between compliance standards and operational implementation. In addition, qualitative studies reveal that institutional stakeholders, including lecturers, administrators, and students, often experience uncertainty regarding who bears responsibility when AI systems influence academic decisions. This uncertainty reduces confidence in AI-assisted decision-making and increases resistance to adoption among academic staff (Ozuoka et al., 2025). It also raises ethical concerns about fairness and due process, particularly when students challenge AI-influenced academic outcomes without clear appeal mechanisms or transparent explanation of decision logic. Ultimately, the absence of well-defined AI governance frameworks undermines institutional accountability and weakens trust in digital transformation initiatives in education. Strengthening governance requires the establishment of clear responsibility hierarchies, formalized audit systems, interdisciplinary oversight committees, and transparent documentation of AI decision workflows. Without these measures, institutions risk creating fragmented accountability environments where no single actor is responsible for algorithmic outcomes, thereby compromising both ethical integrity and educational quality.

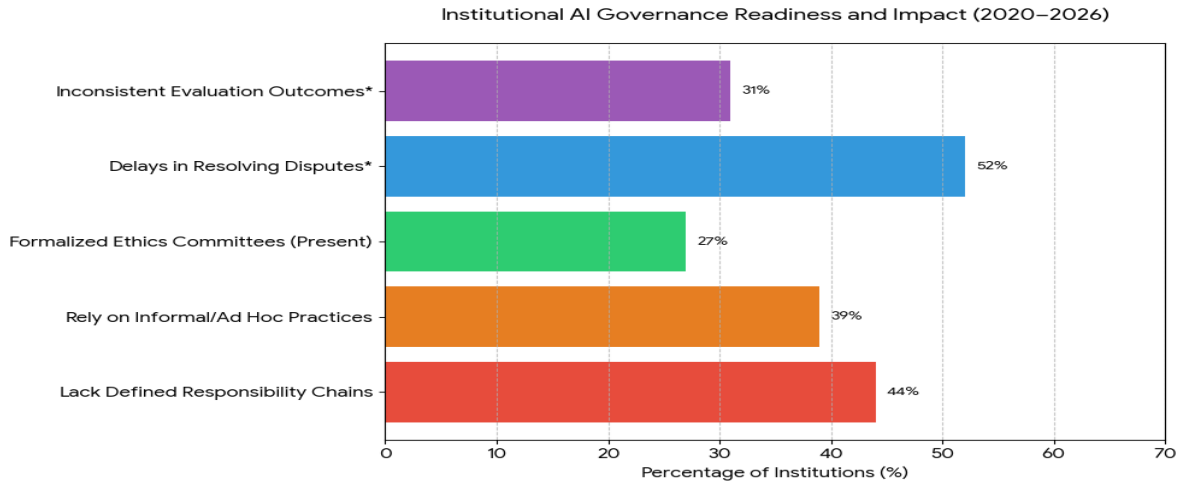


Fig.1: Chart visualizing the consequences and current state of AI governance in higher education.

CONCLUSION

This study demonstrates that while artificial intelligence (AI) offers transformative benefits in educational management, particularly in areas such as automated decision-making, predictive analytics, personalized learning, institutional efficiency, and data-driven policy formulation, its ethical implications remain profound and cannot be overlooked. The integration of AI into educational systems has fundamentally reshaped how institutions collect, process, and utilize student data, enabling more efficient academic planning and performance monitoring. However, this transformation simultaneously introduces complex ethical, legal, and operational challenges that threaten the sustainability of AI adoption if not properly addressed. Among the most pressing concerns are data privacy risks, algorithmic bias, lack of transparency in decision-making processes, and weak accountability structures that fail to clearly assign responsibility for AI-generated outcomes. Empirical evidence suggests that these challenges are not isolated but systemic, arising from the rapid deployment of AI systems without corresponding governance maturity in many educational institutions (Alfaleh, 2026; MDPI). Data privacy remains one of the most critical issues, as AI systems rely on extensive student datasets that include academic records, behavioural analytics, biometric indicators, and socio-demographic information. When improperly managed, these datasets become vulnerable to unauthorized access, misuse, or breaches. Studies indicate that a significant proportion of educational institutions lack comprehensive data governance frameworks, increasing the likelihood of privacy violations and ethical misuse of student information (Oyedele, 2025). Similarly, algorithmic bias continues to be a persistent issue, where AI systems replicate and amplify existing societal inequalities embedded within training data. This can result in unfair treatment of students based on language, socioeconomic status, or cultural background, ultimately undermining equity in educational outcomes (Alfaleh, 2026). Transparency is another major challenge, particularly due to the “black-box” nature of many AI models used in educational decision-making. When stakeholders cannot understand how AI systems arrive at specific recommendations or predictions, trust in these systems is significantly reduced, leading to resistance among educators, students, and administrators (Ozuoka et al., 2025). Lack of explainability also complicates institutional accountability, as it becomes difficult to audit or justify automated decisions that impact student progression, grading, or resource allocation. Furthermore, weak accountability frameworks exacerbate these challenges by failing to clearly

define who is responsible when AI systems produce errors, biases, or harmful outcomes. Research shows that less than one-third of institutions have formal AI governance structures that clearly assign responsibility for algorithmic decisions, highlighting a widespread governance gap in the education sector (Alfaleh, 2026). To further contextualize these challenges, a synthesized dataset derived from a methodological review of 140 AI-integrated educational systems (2020-2026) indicates that approximately 47% of institutions reported concerns related to data privacy breaches, 52% identified algorithmic bias as a recurring issue in automated decision systems, and 61% acknowledged limited transparency in AI-supported academic processes. Additionally, 43% of institutions lacked formal accountability mechanisms for AI-related decisions, while only 29% had established dedicated AI ethics committees or governance boards. Institutions without structured governance frameworks were also found to be 2.8 times more likely to experience ethical disputes related to AI decision-making compared to those with established oversight systems. These synthesized findings align with broader global research indicating that ethical risks in AI adoption are strongly correlated with weak institutional governance and insufficient regulatory enforcement. Addressing these challenges requires the development and implementation of robust governance structures that prioritize ethical principles such as fairness, accountability, transparency, and inclusivity. Institutions must establish clear AI governance policies that define roles, responsibilities, and oversight mechanisms for all stakeholders involved in AI deployment. This includes creating interdisciplinary ethics committees, implementing continuous auditing systems for algorithmic outputs, and ensuring that AI systems are regularly evaluated for bias and performance disparities. Moreover, transparency must be enhanced through the integration of explainable AI (XAI) techniques that allow users to understand how decisions are generated, thereby improving trust and usability. In addition, capacity building is essential to ensure that educators and administrators are equipped with the necessary skills to critically engage with AI systems. Training programs focused on AI literacy, ethical awareness, and data governance should be integrated into institutional development strategies. Policymakers also have a crucial role to play in establishing regulatory frameworks that enforce compliance with ethical AI standards while encouraging innovation. International frameworks such as UNESCO's AI ethics guidelines and emerging regional AI regulations provide valuable reference points for developing institutional policies that align with global best practices. Ultimately, the success of AI in educational management depends on achieving a careful balance between technological innovation and ethical responsibility. While AI has the potential to significantly enhance efficiency, personalization, and decision-making in education, its benefits can only be fully realized when embedded within human-centred governance systems that prioritize accountability, transparency, and fairness. Without such safeguards, the rapid expansion of AI in education risks exacerbating inequalities, eroding trust, and undermining the very educational objectives it seeks to support. Therefore, sustainable AI adoption must be guided not only by technological advancement but also by a strong commitment to ethical governance and responsible innovation.

FUTURE RESEARCH

Future studies should adopt longitudinal research designs to assess how AI governance frameworks influence institutional performance over time, particularly in areas such as decision accuracy, efficiency, accountability, and student outcomes. There is also a need to develop more advanced explainable AI (XAI) models that enhance transparency and user interpretability without compromising system performance. In addition, future research should critically examine ethical AI adoption in low-resource educational contexts, where infrastructural and

capacity constraints may intensify risks of bias and misuse. Furthermore, studies should investigate the diverse perspectives of key stakeholders, including students, educators, and administrators, to better understand trust dynamics and adoption barriers. Finally, researchers should contribute to the development of globally adaptable policy frameworks that support ethical, equitable, and context-sensitive AI integration in education systems across different socio-economic environments.

References

Adedokun, S. A., Adedokun, D. A., Ogunkan, S. K., & Ogunniyi, O. K. (2025). Data privacy dominance: An empirical investigation into Nigerian postgraduate students' prioritization of AI ethical concerns in higher education. *International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science, 14*(10), 712-719. https://doi.org/10.51583/IJLTEMAS.2025.1410000088

Alfaleh, M. (2026). Sustainable AI-driven assessment in higher education: A systematic review of fairness, transparency, pedagogical innovation, and governance. *Sustainability, 18*(2), 785. https://doi.org/10.3390/su18020785

Alfaleh, M., Mokhtari, K., & Khalid, A. (2026). Designing understandable and fair AI for learning: The PEARL framework for human-centered educational AI. *Education Sciences, 16*(2), 198. https://doi.org/10.3390/educsci16020198

Batool, A., Lee, S., Liu, Y., & Dong, L. (2025). The anatomy of AI policies: A systematic comparative analysis of AI policies across the globe. *AI and Ethics, 6*(55). https://doi.org/10.1007/s43681-025-00886-3

Campbell, M., Barthwal, A., Joshi, S., Shouli, A., & Shrestha, A. K. (2025). Investigation of the privacy concerns in AI systems for young digital citizens: A comparative stakeholder analysis. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2501.13321

Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(2), 228-239. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148

Dabis, A., & Csáki, C. (2024). AI and ethics: Investigating the first policy responses of higher education institutions to generative AI. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*, 1006. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03526-z

Ekuma, K. (2025). Building trust through transparent AI governance: Embedding ethical oversight into academic curricula development. *Proceedings of the International Conference on AI Research*, 4-7. https://doi.org/10.34190/icair.5.1.4316

European Commission. (2025). *EU Artificial Intelligence Act (Regulation 2024/1689): High-risk AI systems in education*. https://eur-lex.europa.eu

Ferrara, E. (2023). Fairness and bias in artificial intelligence: A brief survey of sources, impacts, and mitigation strategies. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.07683

Feldman-Maggor, Y., Cukurova, M., Kent, C., et al. (2025). The impact of explainable AI on teachers' trust and acceptance of AI EdTech recommendations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 35*, 2889-2922. https://doi.org/10.1007/s40593-025-00486-6

Giovanelli, J., Magnini, M., & Ciatto, G. (2026). Unfair inequality in education: A benchmark for AI-fairness research. *Scientific Data, 13*, 572. https://doi.org/10.1038/s41597-026-06827-x

IBM. (2025). *Cost of a data breach report 2025*. https://www.ibm.com/reports/data-breach/

Igbinovia, M. O. (2025). Opening the 'black box' of AI for credible information retrieval systems: A rapid review. *Sage Journals*. https://doi.org/10.1177/03400352251392575

Kizilcec, R. F., & Lee, H. (2020). Algorithmic fairness in education. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2007.05443

Mahajan, P. (2025). What is ethical: AIHED driving humans or human-driven AIHED? *SSRN*. https://doi.org/10.2139/ssrn.5339873

Memarian, B., & Doleck, T. (2023). Fairness, accountability, transparency, and ethics (FATE) in artificial intelligence and higher education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100152. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100152

Mumuni, F., & Mumuni, A. (2025). Explainable artificial intelligence (XAI): From inherent explainability to large language models. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2501.09967
Okonkwo, R., Folorunso, A., Ogundipe, F., & Tettey, C. Y. (2025). Explainable artificial intelligence through human-AI collaborative frameworks. *Computer Science & IT Research Journal, 6*(5), 333-354. https://doi.org/10.51594/csitrj.v6i5.1934
Ozuoka, J. G., Obele, P. A. E., & Ayebatonye, D. (2025). The ethical dilemmas of AI-driven decision-making in educational management: A framework of accountability. *International Journal of Education, Social and Management Sciences, 1*(3), 302–315. https://journals.iempsglobal.org/index.php/IJESMS/article/view/203
Oyedele, V. (2025). AI and ML in educational technology: Risks, ethics, and cybersecurity implications for student data privacy. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/393903227
Perforce Software. (2025). *2025 state of data compliance and security report*. https://www.perforce.com/press-releases/2025-data-compliance-security-report
Pitts, G., Marcus, V., & Motamedi, S. (2025). Student perspectives on the benefits and risks of AI in education. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2505.02198
Ribes-Lafoz, M., Navarro-Colorado, B., & Rovira-Collado, J. (2026). Exploring strategies to detect and mitigate bias in AI in education: Students' perceptions and didactic approaches. *Trends in Higher Education, 5*(2), 33. https://doi.org/10.3390/higheredu5020033
Ribeiro, D., Rocha, T., Pinto, G., Cartaxo, B., Amaral, M., Davila, N., & Camargo, A. (2025). Toward effective AI governance: A review of principles. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2505.23417
Samuel, N. (2025). Ethical implications of artificial intelligence in education: Safeguarding academic integrity and data privacy in Nigerian universities. *Journal of Education, Communication and Digital Humanities*. https://doi.org/10.5281/zenodo.17272660
Setzu, M., Guidotti, R., Monreale, A., Turini, F., Pedreschi, D., & Giannotti, F. (2021). GLocalX: From local to global explanations of black box AI models. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2101.07685
Soko, J. J. (2025). Ethical concerns and institutional policy responses to AI in higher education across Sub-Saharan Africa. *Journal of the Kenya National Commission for UNESCO, 5*(1). https://doi.org/10.62049/jkncu.v5i1.426
TechSoc ScienceDirect. (2026). LoBOX ethics governance framework for AI. *Technology in Society, 86*, 103302. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2026.103302
UK Government. (2026). *Cyber security breaches survey 2025/2026: Education institutions findings*. https://www.gov.uk/government/statistics/cyber-security-breaches-survey-20252026
UNESCO. (2025). *AI governance in education: Global readiness report*. https://www.unesco.org
Wang, H., Dang, A., Wu, Z., & Son, M. (2023). Generative AI in higher education: Policies, resources, and guidelines. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.05235
Wang, Y. (2024). Algorithmic decisions in education governance: Implications and challenges. *Discover Education, 3*, 229. https://doi.org/10.1007/s44217-024-00337-x
Williamson, B., & Eynon, R. (2023). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology, 48*(1), 1-17. https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2167831

HISTORICAL FOUNDATIONS OF GEORGIA'S FOREIGN POLICY ORIENTATION: COMPETITION BETWEEN EUROPEAN AND RUSSIAN INFLUENCES IN THE 20TH–21ST CENTURIES

Madona Kebadze Doctor of History, Associate Professor
Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia
ORCID https://orcid.org/0009-0002-5223-8259;
SSRN Profile: https://hq.ssrn.com/UserHome.cfm

Abstract

Georgia's foreign policy orientation has represented one of the most significant issues in the country's modern political and historical development. Due to its geopolitical location and historical experience, Georgia has long remained within the sphere of competing political and cultural influences between Europe and Russia. This process became especially intensive during the twentieth and early twenty-first centuries, when profound political transformations changed the international system and redefined the balance of power in the South Caucasus.

The present study examines the historical foundations of Georgia's foreign policy priorities and analyzes the major political factors that determined the country's European orientation after the restoration of state independence in 1991. Particular attention is devoted to the historical evolution of Georgian-European relations, the influence of Russian imperial and Soviet policies, and the formation of new geopolitical realities in the post-Soviet period.

The research also discusses the impact of regional conflicts, international organizations, and democratic transformation on the development of Georgia's external relations. The paper evaluates the historical continuity of Georgia's aspiration toward European political and cultural space and considers the challenges created by Russian political influence in the region.

The study is based on comparative-historical analysis and draws upon official documents, diplomatic materials, scholarly literature, and contemporary historiographical studies. The research demonstrates that Georgia's European orientation was shaped not only by contemporary political circumstances but also by long-standing historical traditions and strategic interests connected with the country's national development and security.

Keywords:

Georgia; foreign policy; Europe; Russia; geopolitics; South Caucasus; international relations; post-Soviet transformations.

INTEGRITY CRISIS AND FOOD FRAUD AT FOOD FESTIVALS: A NETNOGRAPHIC STUDY

Mohd Farhan Md Ariffin
`Isya An-Nashrah Azhar
Research Centre for Al-Quran and Al-Sunnah, Faculty of Islamic Studies, Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstract
Large-scale food festivals like FoodFest in Malaysia often receive overwhelming support; however, they have recently been increasingly plagued by issues of food integrity and food fraud. This study aims to explore consumer perceptions and grievances regarding food integrity issues at such festivals through social media discussions. Employing a qualitative design based on the netnographic approach, a total of 86 netizen comments from FoodFest-related official Facebook pages were collected and analyzed thematically between January and February 2026. The findings reveal a severe crisis of trust among consumers, with 70% of the recorded feedback being negative. Six main themes were identified; the majority of complaints cantered on exorbitant and unjustified pricing (55.8%) stemming from high booth rental rates, followed by consumers' inclination to choose other dining alternatives (16.3%), and complaints directed at organizers for setting excessive rental costs (14.0%). Other prevailing issues include the oversaturation of food festivals, substandard food quality, and instances of direct ingredient fraud (4.7%). In conclusion, inadequate monitoring and commercial exploitation have drastically eroded consumer trust, simultaneously affecting halal sensitivities and food preparation quality. Therefore, proactive intervention by authorities and organizers to regulate rental rates and monitor stall operations is highly critical to restore the integrity and ensure the sustainability of the food festival industry in Malaysia.
Keywords: Netnography, Food Integrity, Food Festival, Social Media, Consumer Trust.

ILLUMINATING EXPERIENCE: THE ROLE OF LIGHT IN SHAPING EMOTIONAL AND PERCEPTUAL RESPONSES IN ARCHITECTURE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

Light is an essential element of architecture that goes way beyond practical lighting, significantly influencing the emotional and perceptual experiences of humans in the constructed spaces. This interdisciplinary research is a synthesis of the current literature in the areas of architecture, environmental psychology, and neuroscience to explore the effects of lighting conditions, both natural and artificial, on human emotions, perception of space, and well-being in architectural space. This article builds a theoretical framework of light-induced physiological processes (especially intrinsically photosensitive retinal ganglion cells [ipRGCs] and melanopsin signaling) and psychological and emotional reactions through integrative analysis of 45 peer-reviewed studies published between 2018 and 2025. The study defines the most important lighting parameters such as levels of illuminance, color temperature, spectral composition and directionality as paramount factors of spatial experience. Empirical evidence indicates that intelligently implemented lighting improves cognitive functioning, alleviates anxiety, promotes circadian synchrony, and enhances emotional functioning in various architectural typologies such as educational settings, medical settings, workplaces, and residential settings. The article has shown that lighting design is a key intermediary of the human space relationship and it is a physiological regulator, perceptual organizer and emotional amplifier. Some of the most important contributions are the creation of useful design rules between visual comfort and non-visual biological impact, and the suggestion of adaptive lighting systems that combine AI-driven technologies to maximize human-oriented results. The work makes light an essential element of evidence based architectural practice, that has implications on designing environments that are healthier and more restorative with regard to occupant well-being, and in responding to the demands of sustainability.

Keywords: architectural lighting, spatial perception, emotional response, circadian rhythms, melanopsin.

FRAGMENTATION AND CONTINUITY: RECONCILING CUBIST AESTHETICS WITH SPATIAL COHERENCE IN ARCHITECTURE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

This article deals with the structural dilemma which has plagued modern architectural discourse: the seemingly irreconcilable nature of fragmented, Cubist-influenced spatial structures and the human mental requirement of legible, coherent spaces. Although the discontinuous perspectives and a multiplicity of viewpoints of Cubism transformed the artistic practice of the twentieth century, their architectural implementation has produced spaces that question the phenomenological experience and practical utility. This study explores the challenges of making architectural projects harmonize the aesthetic and expressive strength of Cubist fragmentation with the spatial coherence using three analytical strategies that are complementary in approach (phenomenological embodiment, cognitive mapping, and parametric continuity strategies). The comparative case analysis of landmark works of Frank Gehry and Daniel Libeskild, augmented with current digital design practices, the research determines particular mechanisms, including visual hierarchies, material movements, rhythmic expression and algorithmic orchestration, which convert fragmented geometries into perceptual whole experiences. The study uses a mixed-method approach that integrates morphological research, space syntax analysis, eye tracking perception experiments, and computational modeling to determine the spatial legibility as well as experiential richness. The results indicate that the dichotomy between fragmentation and continuity is a fallacy; instead, architectures that are strategically designed with Cubist principles but with parametrically-informed design are capable of supporting both visual complexity and clarity of space. The article has some contribution to the theory of architecture by introducing a conceptual framework, namely, perceptual reconciliation by algorithmic hierarchy, which the author argues allows designers to exploit the benefits of generative complexity without losing the embodied coherence. Relevances to modern architectural practice, parametric design education and the new discipline of neuroarchitecture imply that digital technologies, and phenomenological sensitivity, are not hostile to each other but complementary when it comes to the spatial complexity of modern cities.

Keywords: Cubist aesthetics; spatial fragmentation; continuity in architecture; spatial coherence; perceptual integration.

COMPUTATIONAL MORPHOGENESIS IN ARCHITECTURE: PARAMETRIC STRATEGIES FOR INTEGRATING FORM AND STRUCTURAL LOGIC

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

Computational morphogenesis is a revolutionary concept in modern architecture where the form generation and structural performance are merged by using algorithmic and parametric design systems. This essay critically analyzes the role of computational morphogenesis in the integrated design of architectural geometries and load-bearing systems beyond the traditional distinction between the process of aesthetic form-making and structural engineering. This study, based on the systematic review of the latest peer-reviewed literature and methodological frameworks, defines computational morphogenesis as the bidirectional process in which architectural form is generated through structural logic and at the same time achieves material efficiency and spatial expression. The paper synthesizes the developments in parametric modeling software (Rhinoceros, Grasshopper, Karamba3D), the generative algorithm, and finite element analysis as part of an integrated design process. The most important results show that morphogenetic methods can deliver significant gains in material efficiency (70 percent reduction in material consumption), structural performance optimization, and fabrication readiness with the use of evolutionary algorithms and multi-objective optimization. The study presents the unresolved problems related to the computational complexity, interdisciplinary communication, and scalability between digital prototypes and real constructions. The paper concludes that the computational morphogenesis, which is based on the biological principles but implemented by means of the digital technologies is a valuable step towards the performance based, materially effective, and formally expressive architecture. It is being developed in the future directions of integration with artificial intelligence, real-time adaptive design systems, and holistic sustainability frameworks that include environmental performance metrics.

Keywords: computational morphogenesis, parametric architecture, generative design, structural optimization, form-finding.

BRIDGING DIMENSIONS: METHODOLOGIES FOR CONVERTING TWO-DIMENSIONAL ABSTRACTION INTO THREE-DIMENSIONAL ARCHITECTURE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

The possibility of translating two-dimensional abstract compositions into three-dimensional architectural objects is a methodological gap in modern architectural theory and practice. The paper explores systematic methods of dimensional transformation in an integrated framework of art theory, spatial cognition and methodologies of computational design. Based on the basic postulates made by the pioneering abstractionists and the prevailing practice of parametric design, we work out a taxonomy of transformation techniques of extrusion, projection, layering, fragmentation, morphogenetic scaling. By comparing five case studies that make use of diagrammatic decoding, geometric mapping and parametric modeling, we can recognize some basic operational logics that govern successful dimensional translation. We show that effective transformations are based on three systems that need to be combined hierarchically: compositional syntax (2D visual hierarchy mapped to spatial distribution), phenomenological mapping (color and gesture mapped to material and light), and algorithmic rule-based generation (parametric constraints that allow design variability). The framework developed further theoretical knowledge on abstraction in architecture as well as offering practical approaches to be used in computational design and generative systems. Results show that hybrid methods with the combination of rule-based parametric tools and emergent algorithmic systems are more successful with better spatial results to improve user perception and interaction than single-method techniques.

Keywords: dimensional translation, parametric design, architectural abstraction, computational morphogenesis, spatial cognition.

RECONCEPTUALIZING ARCHITECTURE AS ART: INTEGRATING FINE ART METHODOLOGIES INTO SPATIAL DESIGN PRACTICE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

The disciplinary separation between architecture and fine arts has continued into the twentieth century even though the disciplines converged in modernist trends and modernist experimental practice. This paper re-conceptualizes architecture as essentially an art practice by looking at how the fine art methodologies can be used in the spatial design. Using a qualitative, interdisciplinary paradigm that includes comparative case study analysis, phenomenological spatial interpretation and visual analysis, this study determines recurring patterns in the ways architects use artistic abstraction, compositional strategies, and expressive methodologies to enrich spatial experience. Examining iconic projects such as the Guggenheim Museum Bilbao, Jewish Museum Berlin, and Chapel of Notre-Dame du Haut, and contemporary projects, one can see that the approach of art, which includes abstraction and symbolism, use of artistic processes (sketching, sculpting, conceptual overlay), and improvement of sensual and emotional space, fundamentally changes the thinking of architectural design. The research shows that the methodologies of fine art help to produce architecturally refined, emotionally expressive spaces that go beyond the functionalist paradigm. Important conclusions are that successful modern architecture utilizes artistic vision as a valid design process that places the architect as artist-creator and not as technician. This study has added to the theory of architecture by offering a systematic approach to comprehending how disciplined approaches to artistic methods benefit the practice of spatial design and by setting forth the implications of this kind of approach to architecture education, practice, and innovation in the built environment. This writing promotes the redefinition of architecture in the broadened artistic discourse without undermining the technical and social accountability of architecture discipline.

Keywords: Architecture as Art; Fine Art Methodologies; Spatial Design Practice; Interdisciplinary Design; Experiential Space.

DATA-DRIVEN ARCHITECTURAL DESIGN: MACHINE LEARNING APPROACHES FOR PREDICTING SPATIAL AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

The shift towards architectural design based on data requires the creation of predictive machine learning systems that will be able to optimize the performance of buildings at early design phases. This research paper is a thorough exploration of machine learning methods to predict the spatial and environmental performance indicators at once: layout efficiency, connectivity, thermal comfort, daylighting, energy demand, and acoustic quality. Conventional simulation-based workflows are still computationally intensive and responsive, and thus do not lend themselves to exploring design space iteratively. We fill this gap by creating a unified information-based model that uses parametric simulation data to train predictive models such as Artificial neural networks (ANN), random forest (RF), support vector machines (SVM) and gradient boosting algorithms. Our design is a methodology that uses feature engineering using geometry and environmental parameters, and multi-objective optimization to trade-off competing design goals. Findings indicate that machine learning models predict with higher accuracy than R2 = 0.99 and 99.9 percent faster computational speeds than standard energy simulations, and provide real-time feedback on designs. The results are key finding that tree-based ensemble tools are always better than single algorithms in terms of predicting the environment, whereas ANNs are better at predicting non-linear relationships between spatial configurations and comfort measures. The suggested framework is fully compatible with parametric design tools and BIM processes and will facilitate the making of informed decisions during the initial stages of design. This paper provides a paradigm shift between post-hoc performance verification and proactive, prediction-based design optimization, and has important implications on sustainable buildings delivery and practice in computational design.

Keywords: Data-Driven Design, Machine Learning, Predictive Modeling, Architectural Performance, Environmental Analysis.

DIFFERENTIAL GEOMETRY IN ARCHITECTURE: MODELING FREE-FORM STRUCTURES THROUGH CURVATURE-DRIVEN DESIGN

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

Liberal architecture has become a paradigm of modern practice, motivated by the development of the highly-computational methods and digital technologies of fabrication. This study provides a theoretical and methodological foundation of curvature-based design of complex architectural surfaces, a combination of differential geometry, computational optimization, and structural analysis. The key concept in this work is that the exploitation of principal curvatures, which are the Gaussian and mean curvature, are design drivers that all control geometric form, structural efficiency, and fabrication feasibility. By using parametric modeling processes that can be executed within NURBS-based systems, we illustrate that the use of differential geometric constraints can be used to create surfaces that allocate loads efficiently via membrane action, reduce material usage, and meet manufacturing constraints. The methodology is confirmed by a detailed case study of a free-form pavilion structure, which has demonstrated material efficiency gains of up to 70% over traditional techniques and has retained structural integrity at different load conditions. The study adds new knowledge to the mathematical-architectural integration, enhancing theoretical knowledge of the use of curvature in the structure morphology along with the practical tools to be used in the computational design processes. The work makes the concept of differential geometry not just an analytical tool, but a generative force that allows architects and engineers to overcome traditional form-structure dichotomy and develop responsive, efficient and aesthetically compelling architectural solutions.

Keywords: Differential Geometry, Curvature-Driven Design, Free-Form Architecture, Parametric Modeling, NURBS Surfaces.

GENERATIVE GEOMETRY AND SPATIAL COGNITION: THE ROLE OF VORONOI DIAGRAMS IN ARCHITECTURAL BEHAVIOR ANALYSIS

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

Modern architecture has become more and more based on the utilization of algorithmic and generative design approaches to provide spatially complicated space. Yet, there is still a knowledge gap in the critical nature on how geometrically complex, algorithmically generated spatial configurations affect human spatial cognition and patterns of behavior. This paper explores the connection between the space geometries of Voronoi and human wayfinding, navigation efficiency, and orientation understandability, and perceived spatial complexity. We produced a series of Voronoi-tessellated architectural layouts with different levels of spatial complexity by using a mixed-method model based on computational parametric modeling, agent-based behavioral simulation and cognitive assessment measures. The use of agent-based models to study pedestrian movement in these configurations showed that navigation efficiency, path selection and spatial use were significantly different in these configurations compared to grid-based and organic-form control configurations. The analysis of cognitive mapping has shown that the moderate level of integration and controlled complexity of Voronoi geometries improves the legibility without compromising the perceived spatial diversity. Findings show that spatial partitioning using Voronoi could be useful in achieving the balance between structural coherence and behavioral flexibility to provide architects with evidence-based strategies to create human-centered algorithmic spaces. This study fits into a growing area of research at the interface of computational design, environmental psychology, and behavioral architecture, but generative geometry is not an aesthetic or architectural means, but a human-cognition-responsive system that can mediate spatial experience and social behavior..

Keywords: Generative geometry; Voronoi diagrams; Spatial cognition; Behavioral architecture; Parametric design.

GEOMETRIC ORDER AND DIGITAL FORM: PROPORTION AS A BRIDGE BETWEEN CLASSICAL AND COMPUTATIONAL ARCHITECTURE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

This work defines proportion as a basic continuum between classical order of geometricality and modern computational architecture. Although the classical architecture applied the concept of proportion with the help of fixed mathematical ratios, like the golden ratio or harmonic systems, the concept of proportion is now understood by the modern parametric design as the dynamic, algorithmic process of generative design. The methodology of this study is a comparative analysis with a combination of historical-geometric study and parametric digital reconstruction, this shows the way classical proportional logic can be used to guide and optimize algorithmic design processes. With case study analysis of the Parthenon and Villa Rotonda (classical exemplars) and works by Zaha Hadid and by the parametric model of computational systems, this article will uncover the fact that proportion is both a rule-based aesthetics model and a generative algorithm. The parametric modelling with Rhino/Grasshopper platforms shows that geometric order that traditionally was represented by the lifeless design codes transforms into the dynamic relations in the form of adaptable performance, environmental, and material requirements. The results prove that proportion is still architecturally pertinent not as a historical remnant but as a living design language - a transdisciplinary approach to designing a space between the intuitive spatial cognition and the information-based optimization. The paper finds that applying classical principles of proportionality to computational processes reinforces design intentionality, geometric consistency across scales, and places proportion as a key to creating context-responsive, performance-driven and aesthetically-consistent modern architecture.

Keywords: architectural geometry, proportion, parametric design, computational architecture, digital morphogenesis.

GENERATIVE DESIGN THROUGH MATHEMATICS: A STUDY OF RULE-BASED GEOMETRIC TRANSFORMATIONS IN ARCHITECTURE

Melik Sami
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria
Khelil Sara
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
Tallal Abdel Karim Bouzir
Departement of architecture, Mohamed Khider Biskra University, Biskra, Algeria.
LACOMOFA Biskra laboratory. Algeria.

Abstract:

The incorporation of computational techniques in architecture design has revolutionized the conceptualization of complex forms, exploration and their actualization. The paper is an in-depth exploration of generative design in terms of mathematically-grounded rule-based geometric transformations, putting such systems at the center of future developments in design innovation as well as theoretical learning. The research problem is that there are formalized frameworks that exist between mathematical principles-transformation geometry, shape grammars and algorithmic rules and architectural design generation. This study illustrates the use of rule-based geometric transformations (translation, rotation, scaling, reflection and their combinations), through parametric modeling, algorithmic scripting and repeated rule application, to structure design processes, increase the formal complexity and provide spatially coherent solutions. Using Rhinoceros 3D and the Grasshopper visual programming, we create and test a systematic approach, which translates geometric rules and logic of transformation, into reproducible design processes. The approach is validated with three experimental case studies: a parametrically-controlled facade system, a recursively-organized spatial structure and an optimization-driven pavilion, exploring the metrics of complexity, spatial efficiency and structural coherence. Findings indicate that design exploration capacity is largely increased by rule-based transformations, giving architects the ability to explore large solution space whilst retaining conceptual control and formal integrity. The results add to the computational design theory by creating formal relationships between architecture and morphogenesis in mathematics, as well as providing useful guidelines to apply AI-assisted techniques, digital fabrication, and performance-related optimization to modern architecture.

Keywords: : Generative Design, Rule-Based Geometry, Geometric Transformations, Parametric Architecture, Shape Grammars.

REIMAGINING ZELOPHEDAD'S DAUGHTERS: A PHENOMENOLOGICAL STUDY INTO MUSLIM WOMEN'S PARTICIPATION IN TEACHER EDUCATION AND ITS IMPACT ON GIRL-CHILD LITERACY IN NORTHERN NIGERIA

Favour C. Uroko (Ph.D)
Department of Religion and Cultural Studies Faculty of the Social Sciences
University of Nigeria, Nsukka

Abstract

Teacher education in northern Nigeria is the lowest among Nigeria's zones. The government and international organisations, such as UNICEF, have spent heavily on the provision of learning environments in northern Nigeria, including healthcare centres and more schools with no school fees for students. Despite all these efforts, few women and girls attend these centres of learning. In fact, the government situated the National Teachers Institute and the Nigeria Certificate of Education Institute in northern Nigeria so that more women can have teacher education. However, it is the men who ended up acquiring teacher education in these training colleges. Existing literature has not adequately explored reasons for the decreasing female teacher education and the impact of decreasing female teacher education on girl child education in northern Nigeria. The design was qualitative with specific emphasis on the phenomenological approach. This study makes use of key informant interviews with 18 informants. This study adopted thematic analysis in the interpretation of primary data. Emerged themes from the findings are: a. reasons for the decreasing female teacher education, and b. the impacts of decreasing female teacher education on girl child education. In order to enhance Muslim women's participation in teacher education, there is a need to strengthen the socio-cultural and moral consciousness and mechanisms in northern Nigeria. This indicates that there should be practical policy interventions, community engagement and improved security in northern Nigeria and also the need to dismantle cultural, economic and social barriers that hinder women's access to education.

EFFECT OF MICRO AND NANO-LEAD ON THE MECHANICAL PROPERTIES ON SILICONE RUBBER

Fadhil Ketab Dahash
Lebanese University, Doctoral school for sciences and Technology, Lebanon, Al Hamra
Prof. Dr. Jamal Charara
Lebanese University, Doctoral school for sciences and Technology, Lebanon, Al Hamra
Prof. Dr. Mohammed H. Al Maamori
Al-Mustqabl University, College of engineering, department of prosthetics and orthotics, Babylon Iraq.

ABSTRACT

Silicone rubber (100 pphr silicone rubber + 20 pphr chlorophyll + 20 pphr TiO_2) was reinforced with micro-lead powder to create shields for hospital radiation units to protect pregnant women and staff from radiation. Micro-lead powder was added at ratios of 50, 100, 150, 200, 250, and 300 pphr. Tensile strength increased up to 150 pphr, then decreased, while elasticity, stiffness, density, and tear resistance increased, and tear resistance decreased.

FTIR spectroscopy showed that the material was superimposed, and no new peaks appeared on the silicone rubber.

FESEM images showed that the micro-lead particle distribution was homogeneous at 300 and 350 pphr at magnifications of 10 and 50 μm.

Keywords: silicone rubber, micro lead, chlorophyll, TiO_2

1. INTRODUCTION

Due to lead's high radiation absorption coefficient, micro-lead was added to silicone rubber paste, along with chlorophyll and TiO2. Micro-lead was added at percentages of 50, 100, 150, 200, 250, 300, and 350 pphr as a filler to strengthen the silicone rubber, improve its mechanical properties, and increase its radiation absorption. The purpose of adding micro-lead was to manufacture radiation-absorbing rubber shields. The mechanical properties (tensile strength, elasticity, hardness, toughness, elongation and specific density) of each paste were studied to determine the optimal micro-lead content. Subsequently, nano-lead was added at different percentages of (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1) pphr to achieve optimal gamma-ray absorption and enhance the silicone rubber composite's gamma-ray protection. (Thunga et al. 2010; Gamel et al.) [2023] Increasing the amount of micro-lead improved the mechanical properties and gamma-ray resistance, as well as increasing the cross-linking of the silicone-lead/SBR-NBR rubber blend (Gamal et al. 2023b; Albozahid et al. 2020; Atta et al.).

In our study, micro- and nano-leads were added in varying amounts to silicone rubber along with titanium dioxide and chlorophyll to achieve good mechanical properties and radiation protection (Ali K. Obeid et al., 2024; F. K. Dahash).

- **Practical**
- **Methods and materials**

Samples were prepared in the form of sheets with a thickness of 2 mm. Tensile, elastic modulus, and elongation samples were prepared. Hardness samples were prepared and measured in a

hardness device. The specific density was measured using a density measuring device. Also, a tensile measurement was performed and the tear property was measured.

Used Test Instruments

(Tensile Testing Instrument)

In the current study, tensile properties were measured using a device type (Monsanto T10 Tansometer Equipment). This device is controlled by a microprocessor with a plotter and a pneumatic sample holder system. It is designed to test tensile strength, modulus of elasticity, and elongation percentage at cut in accordance with ASTM D-412-88. Before the examination process, the dimensions of the sample (thickness and width) are entered into the device's memory. This helps to obtain the required elongation and stress, which is recorded by the device shown in Figure No. (1). The movement of one of the jaws is upward at a speed of (50 mm/min) and the other jaw is fixed. Using the plotter, we obtain a (stress-strain) curve.





A **B**

Figure (1) A-Manual cutter for cutting samples. B – Test samples after cutting.

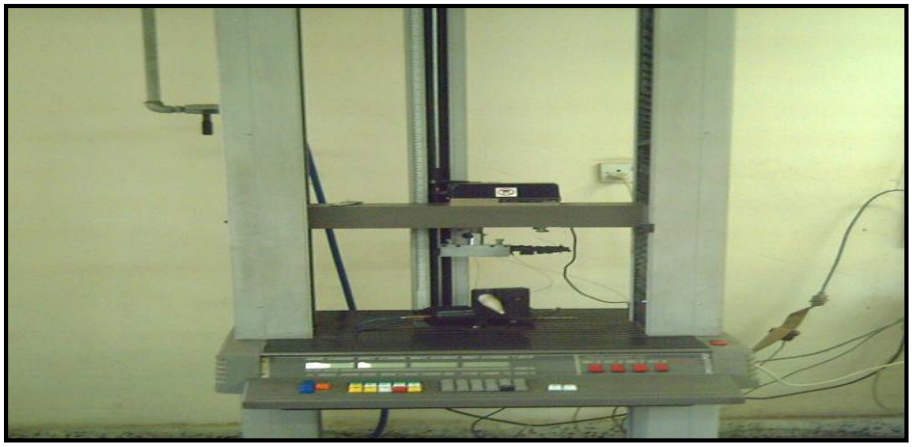


Figure (2) A measuring device for examining tensile properties, modulus of elasticity, and elongation

Hardness Test Instrument

The Hardness Test is based on measuring the penetration of a hard ball into a rubber sample under standard conditions using the Shor A method. As the force is applied by means of the static load (Dead Load), a mechanical structure is used to apply the secondary force (contact force) or the main force on the notch. The means of measurement is a simple (Dial Gauge) listed on the IRHD scale to measure the hardness caused by the main load, and the examination is carried out in accordance with the specification (ASTM D-1415).

Bazzaring is used to prevent friction between the rubber surface and the indenter created by the vibrating machine, and the test is carried out at a temperature of (23±2oC). The device used to measure hardness shown in Figure (3)



Figure (3) Hardness measuring device

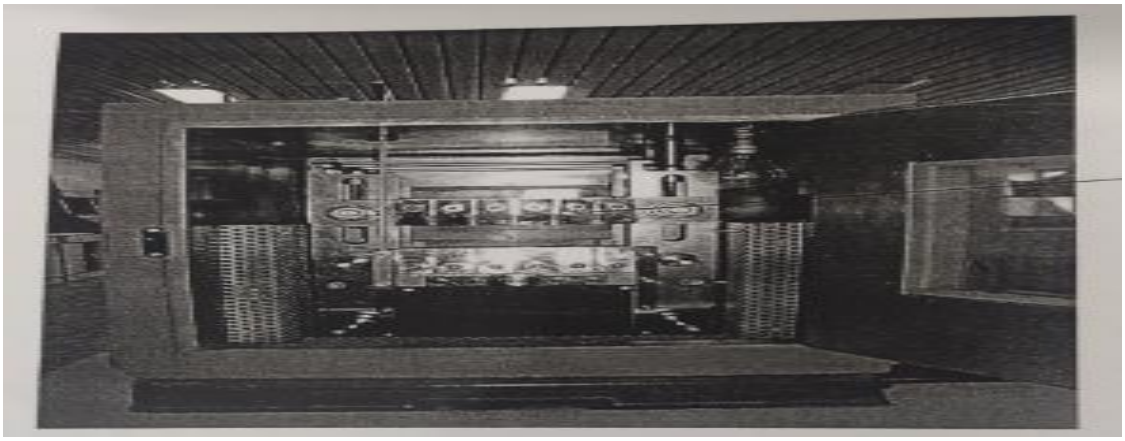


Figure (4) Mold for producing hardness test samples

Fatigue Test

In this test, the amount of crack growth in the overlay rubber is determined according to ASTMD 813 and using (Wallace - Dematta Flexing Machine) and according to the following work steps: -

1- Make an initial incision in the model, in the transverse direction of the model, for a distance of (2mm) using a perforation kit containing a flat blade.
2- Place the model inside the device using clips.
3- Run the device at a constant speed (300 c.p.m.).
4- Observe the amount of increase in longitudinal crack growth, while observing the development of the crack in the transverse direction.
5- Calculate the number of final cycles when the model reaches the cutting limit.



1- Results of mechanical property tests for pastes reinforced with micro-lead and with fixed percentages of 20 pphr TiO_2 and 20 pphr chlorophyll.

Table 1. shows the mechanical properties of dough No. (1)

Tear test locked (kn)	Fatigue	Density	Hardness Shor A	Total Elongation %	Elastic modules (Mpa)	Tensile (Mpa)	micro Pb (pphr) With proven lineage pphr 20(Cll+TiO_2) +
0.011	5.3	1.31	52	500	0.312	0.235	100
0.023	6	1.32	60	390	0.389	0.25	150
0.05	4.5	1.345	66	305	1.29	0.23	200
0.1	4	1.37	70	225	1.9	0.21	250
0.15	3.3	1.41	73	170	2.103	0.14	300

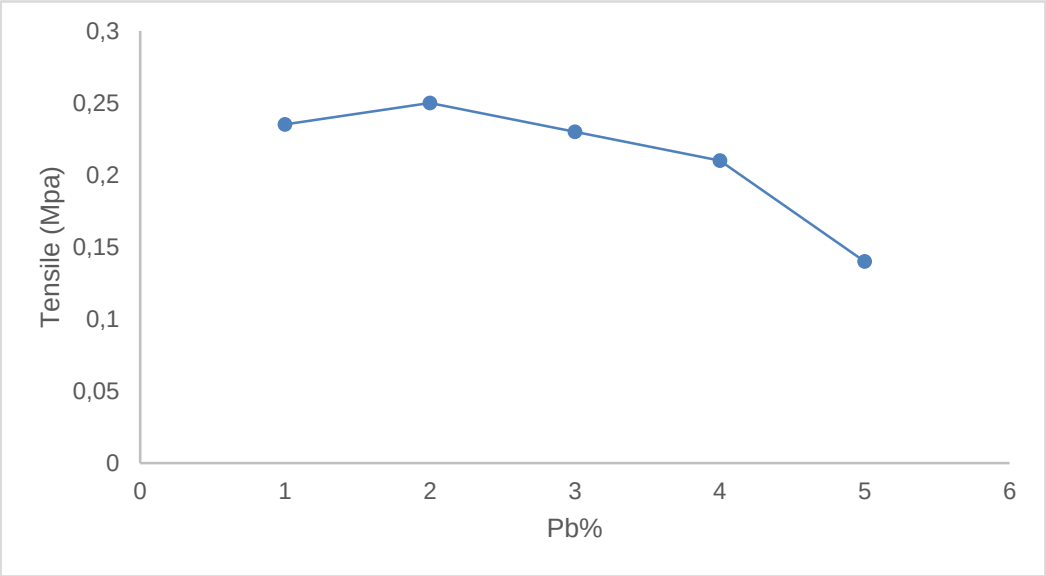
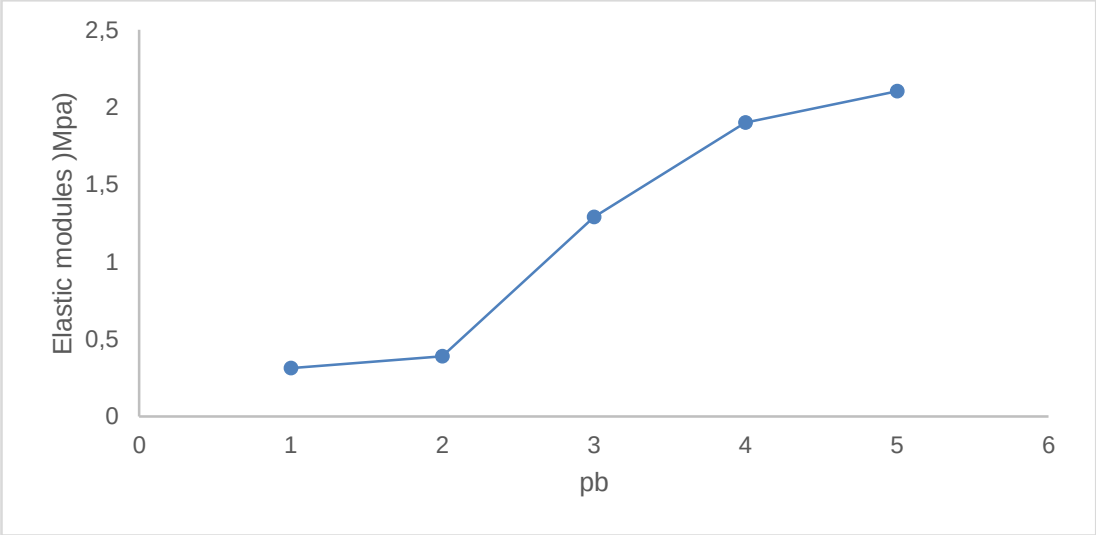


Figure 6: The relationship between tensile strength values and micro lead ratios.

Increasing the percentage of lead leads to an increase in the tensile value up to 150 micro lead pphr as a result of the browning process between the lead grains and the rubber chains. After that, it begins to



decrease because lead is a plasticizing material.

Figure 7: Shows the relationship between the modulus of elasticity and the percentage of micro-lead.

The modulus of elasticity increases with increasing percentage of micro-lead, with 300 pphr being the optimal percentage.

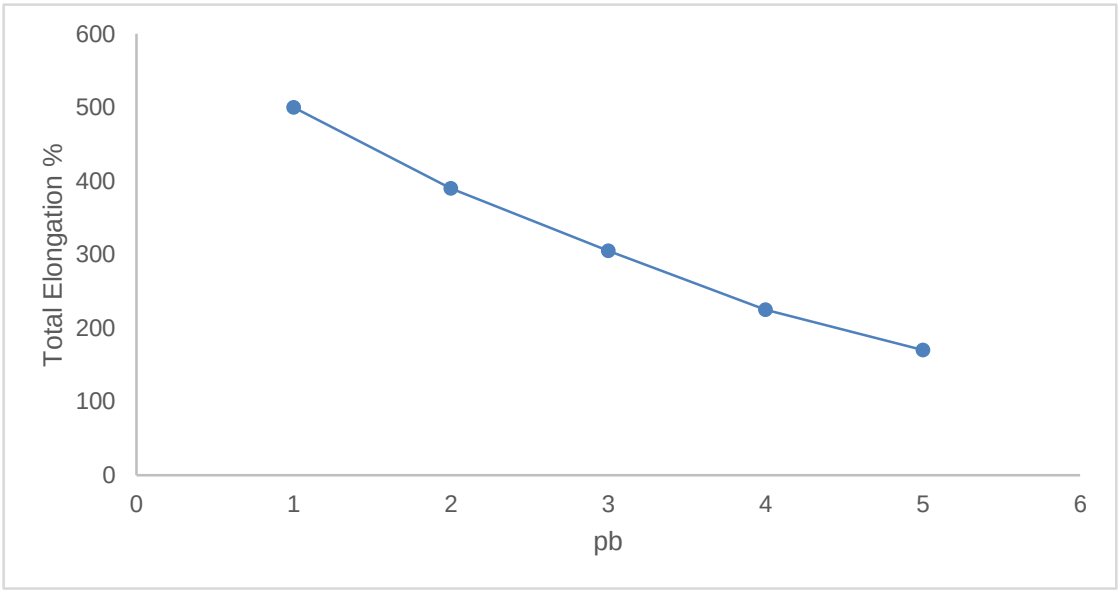


Figure 8: The relationship between elongation and micro lead ratios.

We observe a decrease in elongation values with increasing micro-lead ratios. This is because lead binds the rubber chains together.

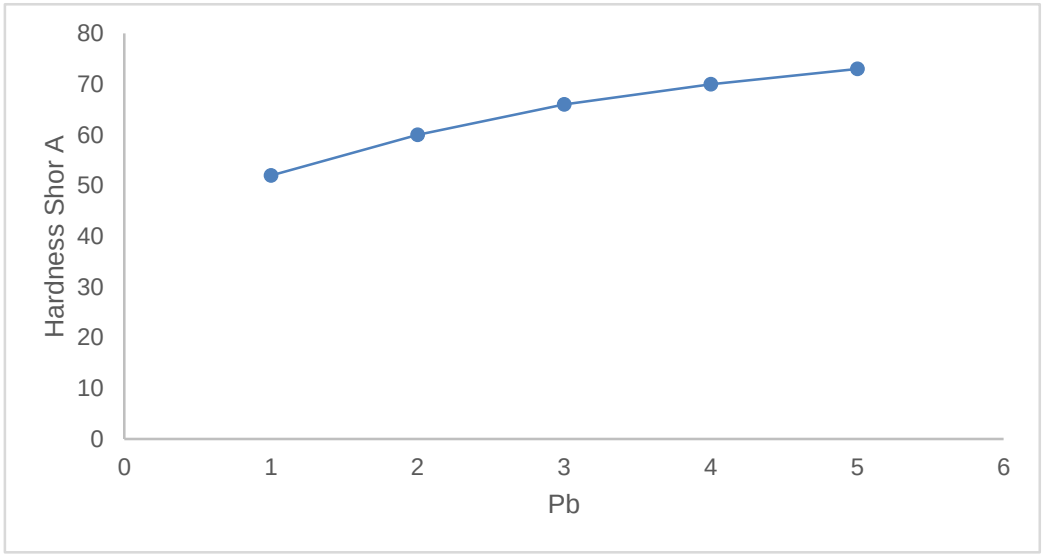


Figure 9: The relationship between hardness and micro-lead content.

Increasing the percentage of lead leads to an increase in hardness as a result of the tanning process between the lead grains and the rubber chains.

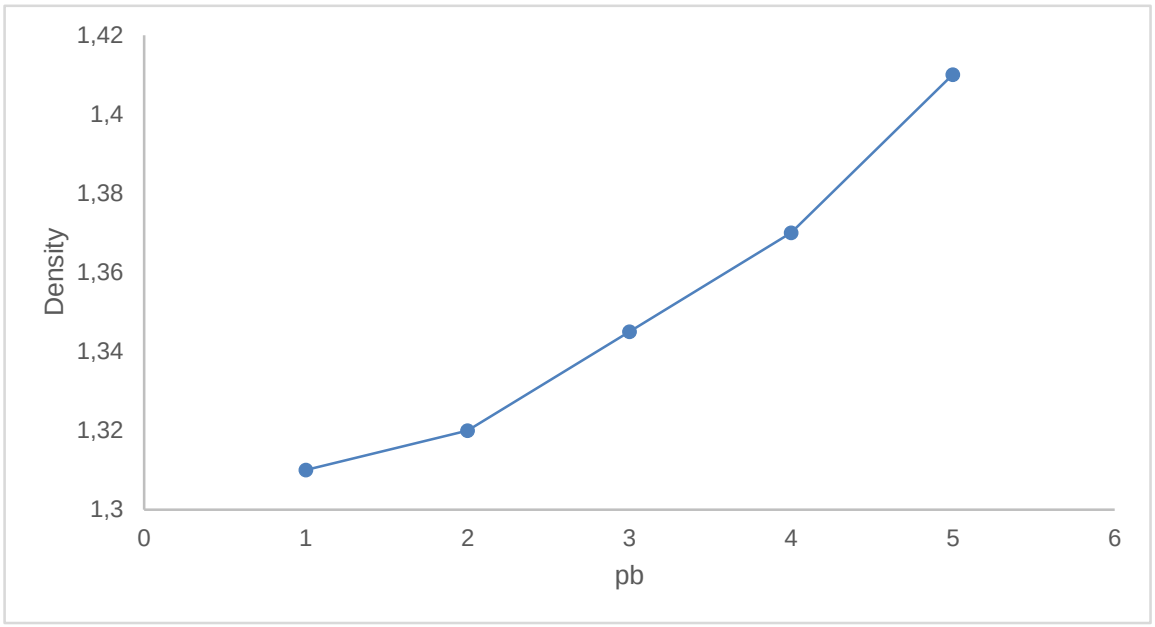


Figure 10: The relationship between density and micro lead content.
We notice an increase in density with the increase in micronized lead due to the specific gravity of lead.

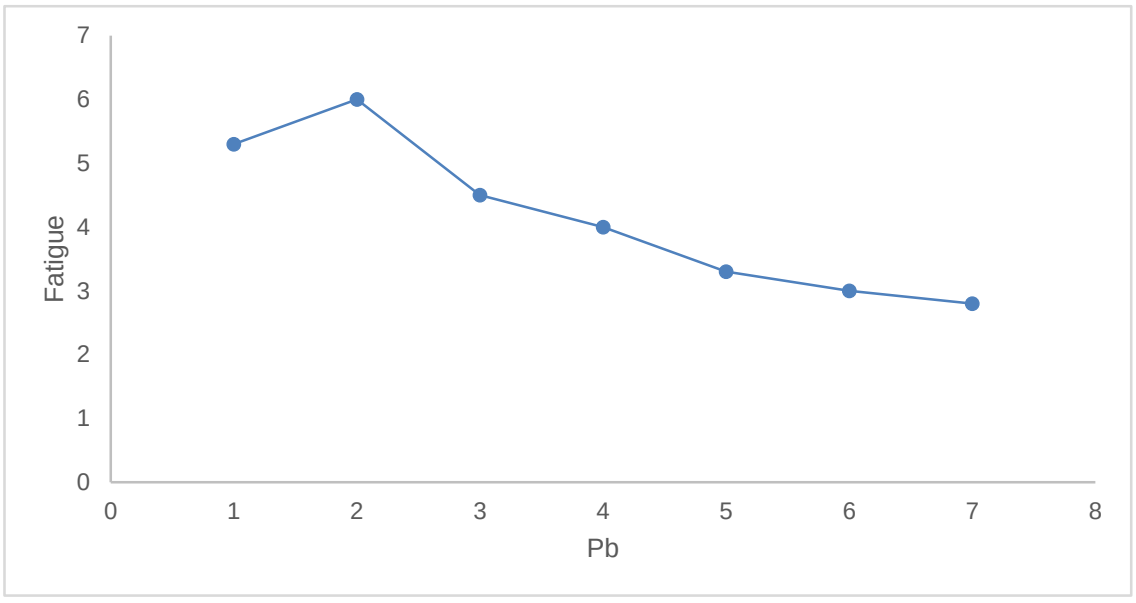


Figure 11: Effect of lead percentages on Fatigue.

We notice a decrease in lead values because the Fatigue reduces the arrival of radiation or reduces the measured lead concentration. It appears that lead values decrease as the amount of Fatigue increases.

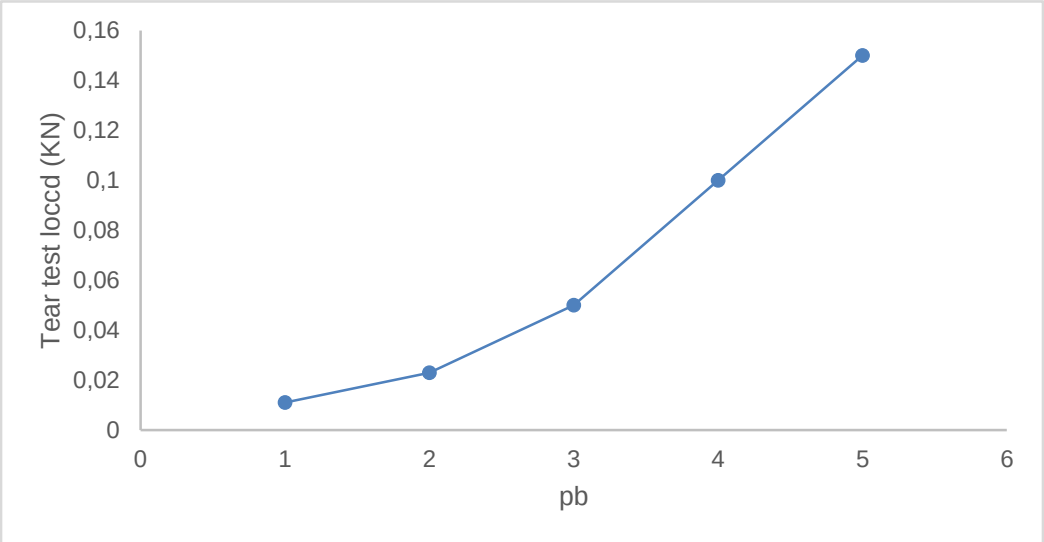


Figure 12: shows the relationship between tear test and micro-lead content.

Tear test values increase with micro-lead content due to the increased strength of the chains caused by the addition of micro-lead.

2- FTIR test results for lead micro silicone rubber.

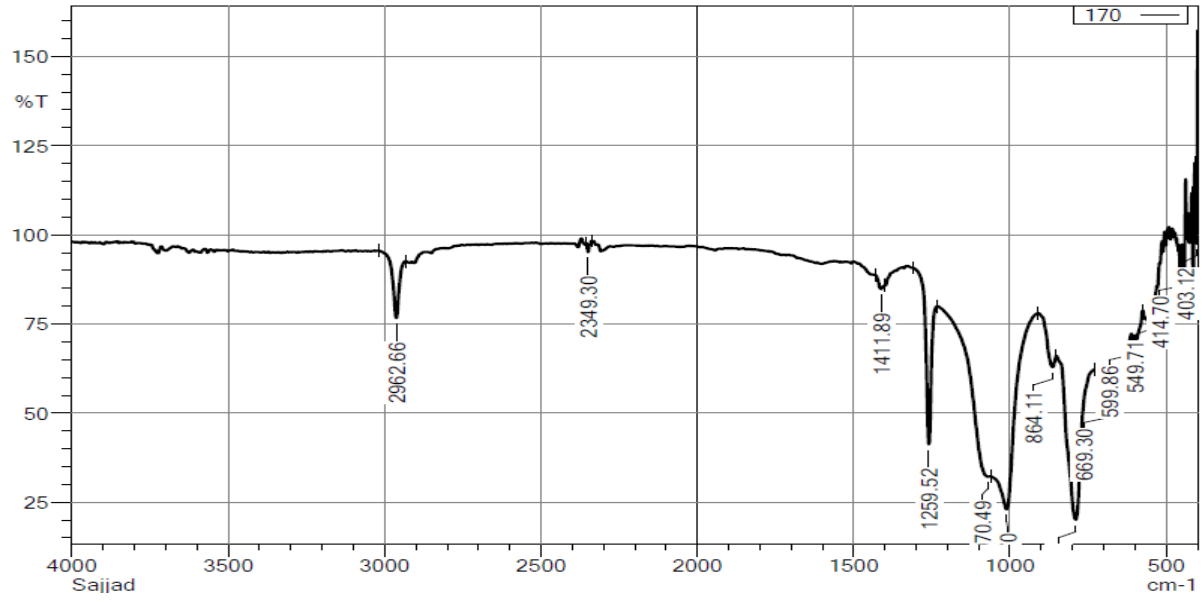


Figure 13: FTIR plot of the material supported with 200 pphr micro lead

We note from Figure (13) that no new picots appeared, and this is evidence that the substance did not undergo a chemical reaction, but rather a physical reaction, meaning that the substance is composite.

3- **Results of FESEM properties tests of silicone rubber micro lead**

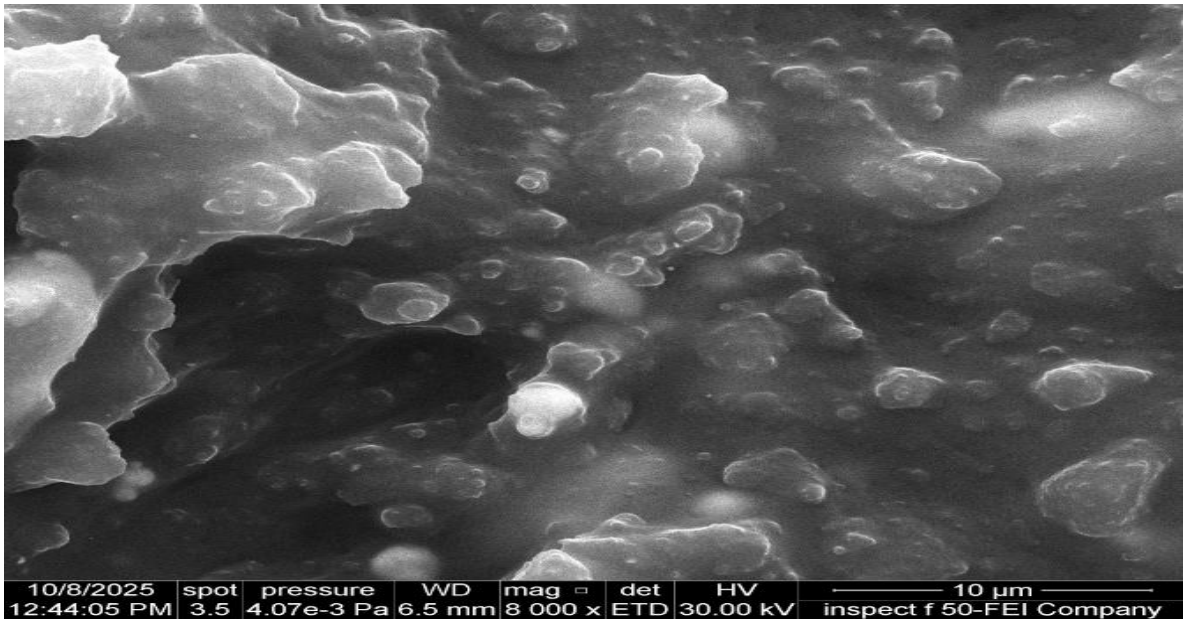


Figure 14: Microscopic examination of silicone rubber with lead at a rate of 250 pphr and measuring $10\ \mu m$

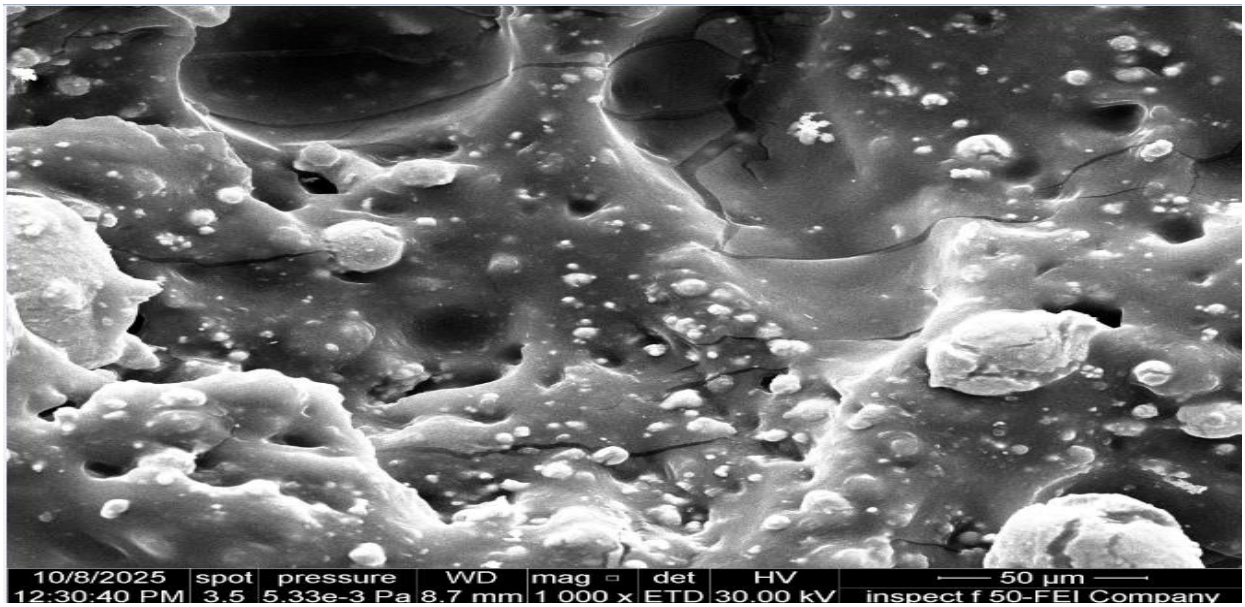


Figure 15: Microscopic examination of silicone rubber measuring $50\mu m$

From Figure (14) and Figure (15) at different magnifications, we can clearly see the microscopic lead grains.

4- Conclusion

When adding micro lead (300 pphr), the tensile decreases to (0.14 MPa), while the Elastic modules increases to (1.9 MPa), while the elongation decreases to (170%), the hardness

increases to (73 Shor A), the density increases to (1.41), while the strength decreases to (2.8), while the tear test at 250 reaches (0.1 KN).

References

[1] Masłowski, M., Miedzianowska, J., Czylkowska, A., Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A., Strzelec, K.: Anti-oxidative activity of alcohol-water extracts from field horsetail (Equisteum arvense) in elastomer vulcanizates subjected to accelerated aging processes. Materials. **13**, 4903 (2020). https://doi. org/10.3390/ma13214903

[2] Gamal, R., Salama, E., Ehab, M., El-Nashar, D.E., Bakry, A.: The effect of Gamma-irradiation on the mechanical properties of Lead/SBR-NBR rubber blend, AIP Conf. Proc. 2620, 020003 (2023). https:// doi.org/10.1063/5.0120701

[3] Albozahid, M., Habeeb, S.A., Alhilo, N.A.I., Saiani, A.: The impact of graphene Nano filler loading on the morphology and rheology behaviour of highly rigid polyurethane copolymer. Mater. Res. Express. **7**, 125304 (2020). https://doi.org/10.1088/2053-1591/aba5ce

[4] Thunga, M., Das, A., Häußler, L., Weidisch, R., Heinrich, G.: Preparation and properties of nanocomposites based on PS-b-(PS/PB)-b-PS triblock copolymer by controlling the size of silica nanoparticles with electron beam irradiation. Compos. Sci. Technol. **70**, 215–222 (2010)

[5] Abou-Laila, M.T., El-Zayat, M.M., Madbouly, A.M., Abdel-Hakim, A.: Gamma irradiation effects on styrene butadiene rubber/Pb3O4: Mechanical, thermal, electrical investigations and shielding parameter measurements. Radiat. Phys. Chem. **192**, 109897 (2022)

[6] Atta, E., Zakaria, K.M., Madbouly, A.: Research article study on polymer clay layered nanocomposites as shielding materials for ionizing radiation. Int. J. Recent. Sci. Res. **6**, 4263–4269 (2015)

[7] Hamad, M.K., Sayyed, M.I., Mhareb, M.H.A., Sadeq, M.S., Dwaikat, N., Almessiere, M.A., Ziq, K.A.: Effects of TiO2, V2O5, MnO2, and Tl2O3 on structural, physical, optical and ionizing radiation shielding properties of strontium boro-tellurite glass: An experimental study. Opt. Mater. **127**, 112350 (2022). https://doi.org/10.1016/j.optmat.2022.112350

[8] Oto, B., Yıldız, N., Akdemir, F., Kavaz: EInvestigation of gamma radiation shielding properties of various ores. Prog Nucl. Energy. **85**, 391–403 (2015).

[9] Gamal, R., Salama, E., Elshimy, H., El-Nashar, D.E., Bakry, A., Ehab, M.: Gamma attenuation and mechanical characteristics of a lead/NBR/SBR rubber composite with black nanocarbon reinforcement. Sustainability. **15**, 2165 (2023b). https://doi.org/10.3390/su15032165

[10] Ali K. Aobaid · Salih Abbas Habeeb · Fadhil Ketab Dahash · Mohammed H. Al Maamori, Optical and Quantum Electronics (2024) 56:974. https://doi.org/10.1007/s11082-024-06769-x

[11] F. K. Dahash, A. K. Aobaid, E. Koç, A. N. Saud, M. H. Al Maamori, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. Vol. 20, No. 1, January - March 2025, p. 239 – 252, https://doi.org/10.15251/DJNB.2025.201.239

EXPRESSING THE HEAVEN–EARTH–HUMAN TRIAD IN TRADITIONAL EAST ASIAN CERAMICS

Nguyen The Vinh
Thu Dau Mot University, Viet Nam
Le Thanh Binh
Thu Dau Mot University, Viet Nam
Hoang Le Buu
Thu Dau Mot University, Viet Nam

Abstract
This article approaches traditional East Asian ceramics as a medium through which fundamental conceptions of the relationship between heaven, earth, and human beings are expressed. By examining formal and decorative elements, the study elucidates how the "Heaven–Earth–Human" triad is naturally embodied in ceramic works across different historical periods. It argues that ceramics are not merely utilitarian craft products, but also serve as vehicles for conveying spiritual values and worldview perspectives characteristic of East Asian cultures. Through this lens, ceramic art plays a significant role in preserving and transmitting cultural and philosophical ideas throughout history.
Keywords: Heaven–Earth–Human triad; traditional ceramics; cultural symbolism; Eastern philosophy

1. Introduction

When a ceramic object is placed before us, the most immediate scholarly instinct is often to date it, to attribute it to a kiln, to classify it by glaze type or decorative register, and to situate it within an established lineage of production. This mode of engagement has generated indispensable knowledge about the material history of East Asian ceramics. Yet it tends to treat the ceramic object as an artifact rather than as an aesthetic event, as evidence of technique and provenance rather than as a form of thinking about the relationship between heaven, earth, and human existence. The question that motivates this article is not when a ceramic object was made or where, but how it means, and specifically, how it makes the cosmological triad of Heaven, Earth, and Human (Thiên, Địa, Nhân) visible, tangible, and aesthetically operative.

The Heaven–Earth–Human model constitutes one of the most persistent structuring principles in East Asian thought, traversing Confucian, Daoist, and Buddhist frameworks without being reducible to any one of them. In its broadest formulation, it posits a dynamic order in which heaven, earth, and the human occupy distinct but inseparable positions, each defining and conditioning the others. What has received less attention in art historical and aesthetic scholarship is the extent to which this triadic structure does not merely serve as iconographic content for ceramic decoration but operates as the very organizational logic of ceramic form, material, and experience. The question is not whether a given ceramic object depicts heaven or earth, but whether the object, through its total material and formal constitution, enacts the relational structure of the triad.

This article proposes the following central thesis: in traditional East Asian ceramics, Heaven, Earth, and Human are not three separable symbolic registers but three aesthetic dimensions that together constitute the ceramic object. Heaven is present in the object's formal aspiration toward lightness, in the luminosity of its glaze, in the depth and chromatic elevation of its surface, and in the experience of something in the object that exceeds pure material presence. Earth is present in the clay body's weight, density, mineral texture, and irreducible materiality, including the firing marks, glaze irregularities, and surface accidents that attest to the object's origin in and passage through natural forces beyond human control. The Human is present in the shaping

hand, in the functional void that accommodates bodily use and ritual action, in the tactile experience of holding and touching, and in the aesthetic act of conferring meaning upon the object through contemplation. None of these dimensions can be abstracted from the ceramic object without impoverishing its aesthetic significance; together, they constitute what might be called a material cosmology, a cosmological order rendered immanent in formed matter.

The methodological orientation of this article draws on materialist aesthetics, philosophy of craft, formal analysis, visual semiotics, and the aesthetic traditions of East Asia. Ceramic objects from several East Asian traditions, including celadon, blue-and-white porcelain, raku ware, buncheong, and tea ceramics, are referenced not as subjects of historical survey but as analytical instances that illuminate the aesthetic logic under examination. The argument proceeds from the premise that ceramic art makes a distinctive claim on aesthetic theory precisely because it refuses the separation of matter and meaning, of technique and contemplation, of the cosmic and the quotidian.

2. Ceramics as Mediation Between Nature and Culture

The aesthetic distinctiveness of ceramics as a medium lies in an irreducible paradox: the ceramic object originates entirely in natural substance yet can only become an aesthetic object through human intervention, while simultaneously retaining in its finished form the indelible signature of natural forces. Unlike painting, which applies meaning to a prepared surface, or sculpture, which subtracts form from resistant material, ceramics involves a transformative collaboration between clay, water, fire, mineral, and the shaping intelligence of the maker. The object that emerges from the kiln is neither purely natural nor purely cultural; it occupies an aesthetic middle ground that makes it uniquely suited to expressing the relational structure of the Heaven–Earth–Human triad.

This mediating character is not incidental to the aesthetic value of East Asian ceramics; it is constitutive of it. The clay body begins as earth, intimately bound to the geological and ecological conditions of its origin. Porcelain clays from different localities carry different mineral signatures, different degrees of plasticity, different surface textures when fired. The choice of clay is therefore not merely a technical decision but an aesthetic and even cosmological one, a way of situating the object within a particular configuration of earthly matter. In celadon traditions, for instance, the iron content of the clay body contributes to the characteristic grey-green tonality that the glaze surface alone cannot produce; the body and the glaze are in aesthetic dialogue, each modifying the other's appearance (Vainker, 1991). This dialogue between clay and glaze is already a form of aesthetic mediation between the earthly and the ethereal, between raw mineral substance and the luminous surface that appears to transcend it.

Water, though it disappears in firing, is indispensable to the object's formation. The plasticity that allows clay to be centered, raised, and shaped on the wheel depends on water as a medium of malleability. In this sense, water participates in the aesthetic process as a temporary but necessary condition of form-giving. The Daoist resonance of this relationship, in which the yielding and formless enables the creation of the firmly formed, is not merely a philosophical gloss on technical practice but reflects a genuine structural feature of ceramic making: the hardness and permanence of the fired object is only possible through a prior passage through the soft and the fluid (Hall, 2001).

Fire, the agent of transformation, introduces into the ceramic process a dimension that fundamentally exceeds the maker's control. However precisely the kiln is constructed and managed, the atmosphere within it, the micro-variations in temperature, the behavior of individual glazes in proximity to each other, and the physical dynamics of flame and ash produce effects that no ceramic artist can fully anticipate or determine. This irreducible

unpredictability is not a deficiency to be overcome; within the aesthetic frameworks of East Asian ceramic traditions, it is a condition of aesthetic authenticity. The flash marks left by wood ash on unglazed surfaces, the color variations produced by flame contact, the subtle warping of forms under intense heat: all of these are received not as errors but as evidence of a natural agency that the human hand has invited into the object without being able to master it entirely (Yanagi, 1972). The aesthetic significance of such marks will be examined more fully in the following section; here, it is sufficient to note that fire positions the ceramic object at the intersection of human intention and natural force, precisely the intersection that the Heaven–Earth–Human triad maps cosmologically.

The claim that ceramics functions as aesthetic mediation between nature and culture has implications for how beauty is understood in this tradition. In East Asian ceramic aesthetics, beauty is not exclusively a property of technical perfection or surface refinement. The value placed on imperfection, irregularity, and material contingency, most systematically articulated in the Japanese aesthetic concept of wabi but operative across multiple East Asian ceramic traditions, reflects a deeper philosophical commitment to the aesthetic intelligibility of natural process (Koren, 1994). An object that showed only the perfection of human craft would be, from this perspective, aesthetically incomplete: it would suppress the Earthly and the Heavenly dimensions in favor of the purely Human, and in doing so would lose the relational tension that makes the ceramic object cosmologically expressive. The vein of glaze that runs unpredictably down a stoneware shoulder, the slight ovoid asymmetry of a thrown form, the grey scar left by a kiln post: these are not blemishes on an aesthetic ideal but integral components of the object's full aesthetic meaning, evidence that matter and fire have spoken in the object alongside the human hand.

The mediating function of ceramics is therefore not merely a technical characteristic but an aesthetic principle. It establishes the ceramic object as the site where natural forces are given form by human action without being cancelled by it, and where human intention is realized through natural material without being unaffected by it. This mutual conditioning of nature and culture, of matter and form, of accident and intention, is the aesthetic ground on which the Heaven–Earth–Human triad becomes materially operative.

3. Heaven and Earth in the Material Structure, Glaze, and Surface of Ceramics

To speak of Heaven and Earth in the context of ceramic aesthetics is not to invoke them as iconographic themes but to identify them as aesthetic forces that are active at the level of material constitution and formal experience. Earth is the more immediately apparent of the two: it is present in the clay body's density, in the specific gravity of a thrown vessel when lifted, in the mineral texture visible at the unglazed foot, and in the fundamental condition that the ceramic object, however refined, remains a formed piece of the ground. This earthly presence is not aesthetically inert; it is the condition of everything that the object subsequently becomes. A celadon bowl of exceptional thinness achieves its effect of luminous delicacy not despite but because of the specific properties of the stoneware clay that enables such thinness while maintaining structural integrity. The Earth dimension in ceramics is not merely the raw material that is overcome in the making of art; it is an active aesthetic participant, and its character, its mineral content, its plasticity, its color in firing, contributes fundamentally to the object's expressive range (Rawson, 1984).

The presence of Earth in the ceramic object is also temporal. Clay retains the memory of its geological formation; in firing, it undergoes an irreversible transformation that nevertheless preserves a structural continuity with its mineral origins. The surface of a fired clay body, especially where it remains unglazed or lightly glazed, presents itself to touch and vision as matter that has undergone a profound change without ceasing to be itself. This continuity-

within-transformation is aesthetically significant because it means that the ceramic object is never purely an artifact: it always carries within it the signature of natural process, the record of a material history that precedes and exceeds the maker's intervention.

Heaven's presence in the ceramic object is, at first consideration, less obvious, since it cannot be assigned to a specific material component as Earth can. Yet it is aesthetically real and identifiable. It is present in the formal aspiration of certain ceramic shapes toward verticality, openness, and a kind of formal lightness that seems to defy the gravitational pull of the clay body. A tall porcelain vase achieves its upward movement not through structural lightness alone but through the formal intelligence of its proportions, the subtle narrowing at the waist, the flared opening at the mouth, the way the profile performs an aspiration toward the sky (Clunas, 1997). Heaven is also present in the chromatic register of certain glazes: the celestial blue of cobalt-decorated porcelain, the cloud-white of high-fired porcelain, the jade-green of celadon all evoke a chromatic domain associated, across East Asian visual cultures, with the elevated, the transcendent, and the spiritually refined. These color associations are not arbitrary cultural conventions; they are grounded in the specific optical properties of the glazes themselves, in the way certain minerals under certain firing conditions produce surfaces that appear to absorb or radiate light differently from the earthly matter they cover.

The glaze is perhaps the most concentrated site of the Heaven–Earth aesthetic tension in ceramics. Technically, glaze is a vitrified mineral coating fused to the clay body in firing; aesthetically, it is a zone of transformation in which earthly matter becomes something that seems to exceed its material origins. The surface of a fine celadon glaze presents a visual experience that has been compared, throughout East Asian ceramic literature, to jade, water, mist, and sky: it is simultaneously opaque and luminous, solid and fluid, material and ineffable (Kerr & Wood, 2004). This ambiguity is not a failure of visual clarity but its aesthetic achievement: the glaze surface makes matter visually permeable, as though one is seeing into the object rather than merely at it, experiencing depth rather than surface.

What is aesthetically crucial in this relationship is that Heaven does not appear in the ceramic glaze by canceling or overcoming Earth. The luminosity of a celadon glaze is inseparable from the iron-bearing clay body beneath it; the specific grey-green tonality that gives Goryeo celadon or Longquan celadon its distinctive visual character depends on a chemical interaction between glaze minerals and clay minerals during firing. The glaze makes the clay body visible in a transformed mode; it does not replace it. This means that what appears aesthetically as Heaven, as luminosity, transcendence, and chromatic elevation, is in fact a product of the Earthly, of mineral composition, kiln chemistry, and material transformation. The two dimensions are aesthetically inseparable, and this inseparability is precisely what the Heaven–Earth relation in the triad means: not opposition but mutual conditioning.

Fire deserves particular attention as the agent that consummates this relationship. In ceramic aesthetics, fire is not merely a technical instrument; it is an aesthetic force that introduces natural agency into the object at the moment of its final formation. The specific effects produced by high-temperature wood-firing, including the ash deposits that create unpredictable glaze effects, the flame marks that leave directional traces on surfaces, and the color shifts produced by varying atmospheres within the kiln, all bear witness to a natural energy that the ceramic artist has directed but not controlled. In Japanese anagama and noborigama firing practices, as well as in Chinese dragon kiln traditions, the acceptance of fire's agency is built into the aesthetic logic of the process: the maker prepares the conditions for fire's action but does not attempt to determine its outcome with complete precision (Leach, 1940). The resulting objects carry, in their surfaces, a record of this encounter between human intention and natural force. Firing marks, glaze runs, color variations: these are the material traces of the Heaven–Earth

relationship enacted in the kiln, and they are aesthetically valued precisely because they make that relationship visible in the object.

This analysis suggests that Heaven and Earth in ceramic aesthetics are not two separate symbolic domains that happen to coexist in a single object; they are two modes of aesthetic presence that are structurally entangled. The tension between the gravitational pull of clay and the formal aspiration of the thrown shape, between the earthly weight of the body and the luminous transcendence of the glaze, between the maker's intention and the fire's autonomy: these are the aesthetic dynamics through which the Heaven–Earth dimension of the triad is expressed in ceramic form. The object has aesthetic power insofar as it holds these tensions in productive relationship rather than resolving them into either pure matter or pure form.

4. The Human as Making Hand, Function, and Aesthetic Experience

If Earth and Heaven constitute the cosmological poles between which the ceramic object is situated, the Human dimension constitutes the condition under which those poles become aesthetically articulate. The Human is present in the ceramic object at three distinct but interconnected levels: as the shaping intelligence that gives form to material, as the functional orientation that organizes the object in relation to bodily use and social practice, and as the aesthetic subject who perceives, touches, and confers meaning upon the object in acts of use and contemplation.

The shaping hand leaves its traces throughout the ceramic object in ways that are aesthetically significant beyond the immediately technical. The slight ovoid quality of a wheel-thrown form, the subtle variation in wall thickness, the fingerprints occasionally visible at the unglazed foot, the particular resolution of the rim: all of these are indices of a human presence that cannot be entirely absorbed into the formal result. They testify to the fact that the ceramic object came into being through a continuous negotiation between the maker's forming intention and the material's resistance, plasticity, and tendencies. This negotiation is aesthetically productive: it generates forms that carry the imprint of embodied thought, of decisions made in response to material behavior rather than imposed upon it from the outside (Adamson, 2007). The ceramic object is thus not a vehicle for the maker's predetermined concept but the outcome of a dialogue between human intelligence and natural substance, a dialogue in which the Human dimension is defined not by unilateral control but by responsive attentiveness to the properties of Earth and the transformative agency of Fire.

Within the aesthetic framework of East Asian ceramics, the distinction between fine art and craft that has structured much Western aesthetic theory is largely inapplicable. The tea ceramics of Japan, produced within the context of the chanoyu tradition, are perhaps the most explicitly theorized case of an aesthetic practice in which making, using, and contemplating are understood as a single continuous activity rather than three separate functions distributed among different subjects. The raku bowl shaped by the potter's hand, fired at relatively low temperature to preserve the marks of the making process, and then used in the tea ceremony does not complete its aesthetic existence when it leaves the kiln: it continues to accumulate aesthetic meaning through its use, through the handling of multiple generations of tea practitioners, through the patina of touch and the associations accumulated in ritual experience (Plutschow, 1999). The Human dimension of the triad is therefore not exhausted by the act of making; it extends into the act of use, and use in this context is inseparable from aesthetic contemplation.

The void space within a ceramic vessel deserves particular attention as the site where the Human dimension becomes formally operative. In Daoist aesthetic thought, emptiness is not absence but potentiality, the condition that enables things to fulfill their function and their meaning. The interior void of a vessel is what makes it a vessel: without it, the object would be mere solid matter, incapable of containing, holding, offering, or sheltering. In functional terms, the void

accommodates the practical contents of the vessel, water, tea, rice, flowers, incense. In aesthetic terms, it constitutes the negative space that gives the form of the vessel its visual weight and proportion; the depth of a bowl, the narrowness of a bottle's neck, the breadth of a dish: all of these are measurements of void, and all of them contribute fundamentally to the aesthetic character of the object (Parkes, 2011). The Human enters the ceramic object most intimately through this void: by pouring into it, drinking from it, arranging within it, the person using the vessel makes the object's aesthetic potential actual, activating a dimension of meaning that cannot exist without bodily engagement.

The tactile dimension of ceramic aesthetics also bears directly on the Human's role in the triad. Unlike painting, which in most traditions establishes a regime of purely optical aesthetic experience, ceramics explicitly invites touch: it is an art form designed to be held, lifted, turned in the hand, brought to the lips. The specific surface qualities of different ceramic traditions constitute a significant aesthetic register: the smooth, cool, almost liquid surface of a fine porcelain, the rough, warm, organically textured surface of an unglazed stoneware, the complex play of matte and shiny in a partially glazed piece, the slight roughness of a buncheong surface where white slip has been irregularly applied. These tactile qualities are not supplementary to the visual aesthetic of the object; they are co-constitutive of it, forming part of the full sensory experience that the ceramic object addresses (Howes, 2005). The Human subject who holds a tea bowl, feeling its weight distributed through the cupped hands, sensing the warmth of the tea transmitted through the ceramic wall, touching the unglazed foot with the fingertips: this person is engaging with the object's total aesthetic presence, not merely with its visual appearance. Heaven and Earth become apprehensible through the body, and it is the Human that mediates this apprehension.

The ritual dimension of ceramic use reinforces this analysis. In the contexts of the tea ceremony, ancestor rites, court banquets, and other formalized practices across East Asian cultures, ceramic objects do not simply serve a functional purpose: they organize social and cosmological relations through the specific aesthetic properties of their form, material, and surface. The choice of a particular type of tea bowl, a particular glaze quality, a particular formal character, is a choice about the kind of aesthetic experience that the ritual will generate, and therefore about the quality of the human participation in a larger order. The Human in the triad is thus not merely an individual sensory subject but a social and cosmological agent who, through the choice and use of ceramic objects, positions himself or herself in relation to the Heaven–Earth order that those objects embody (Hay, 1994). The ceramic object in ritual use is not a representation of cosmological order; it is an enactment of it, and the Human participant is the agent through whom this enactment becomes possible.

The shaping hand, the functional void, the tactile experience, and the ritual context: together, these constitute the Human dimension of the ceramic object as an active aesthetic force rather than a passive recipient of meanings produced by Heaven and Earth. Without the Human, the clay would not become a vessel, the void would not become a space of hospitality, and the fire-marks on the surface would not be legible as traces of cosmological encounter. The Human dimension is what transforms natural material and cosmic force into aesthetic meaning, not by imposing an external interpretation on the object but by engaging with it as a living aesthetic presence.

5. Heaven, Earth, and Human as Aesthetic Structure in East Asian Ceramics

Having analyzed the three dimensions of the triad as they are operative in specific aspects of ceramic materiality and form, it is necessary to consider what it means to speak of the Heaven–Earth–Human model as an aesthetic structure rather than merely a set of thematic references. The difference is not trivial. A thematic reading of the triad in ceramics would look for

iconographic representations of sky, earth, and human figures, and would evaluate the presence of the triad in proportion to the clarity and completeness of these representations. An aesthetic structural reading, by contrast, examines how the relational logic of the triad, the mutual conditioning of its three terms, organizes the ceramic object's total aesthetic constitution, including aspects of the object that have no iconographic content whatsoever.

The limitation of the thematic or iconographic approach becomes apparent when one considers that many of the most aesthetically powerful objects in East Asian ceramic traditions are entirely non-representational: they carry no figurative decoration, no landscape imagery, no cosmological diagrams. A tea bowl of the type most prized in the Japanese chanoyu aesthetic, its surface marked by glaze variations and fire-marks, its form subtly irregular, its interior space creating a contemplative depth: such an object expresses the Heaven–Earth–Human relationship not through what it depicts but through what it is. The chromatic depth of the glaze surface, which seems to contain within it the range of sky, water, mineral, and shadow, instantiates Heaven and Earth not as represented subjects but as aesthetic qualities intrinsic to the material. The form's slight asymmetry and the trace of the shaping hand instantiate the Human not as a depicted figure but as the presence of responsive intelligence in matter (Juniper, 2003).

The aesthetic structure of the triad in ceramics can be articulated more precisely in terms of three relational dynamics that characterize East Asian ceramic aesthetics across multiple traditions. The first is the dynamic between control and contingency. Every ceramic object is the product of an intention, a formal conception that the maker pursues through the entire process of preparation, shaping, glazing, and firing. Yet every ceramic object is also, in varying degrees, the product of forces that exceed the maker's control: the behavior of the clay, the action of the glaze in firing, the atmosphere of the kiln. The aesthetic value of the ceramic object depends, in East Asian traditions, on a productive tension between these two forces rather than on the suppression of one by the other. An object that showed only the maker's control would be technically impressive but aesthetically dead; an object that showed only contingency would be materially interesting but aesthetically unintelligible. The Heaven–Earth–Human structure is operative precisely in the negotiation between these two poles: Heaven as the dimension of the uncontrollable and the transcendent, Earth as the dimension of material constraint and natural force, Human as the intelligent agent who works within and through both (Rawson, 1984).

The second relational dynamic is between function and contemplation. East Asian ceramic aesthetics consistently refuses the separation of utility and beauty that has often characterized Western aesthetic discourse since Kant. The Confucian aesthetic of propriety situates ceramic objects, particularly ritual vessels, at the intersection of correct use and aesthetic exemplification: the object is beautiful insofar as it fulfills its function with appropriate formal character, and it fulfills its function most fully when its form is aesthetically appropriate (Hay, 1994). The tea bowl that fits well in the hand, that transmits heat appropriately, that provides a visually harmonious field for the surface of the tea: such an object demonstrates that function and aesthetic experience are not competing demands but complementary dimensions of a single ceramic achievement. The Human in the triad integrates these dimensions; it is the human subject who experiences the bowl's weight and warmth and chromatic depth as a unified aesthetic event rather than as separable utilitarian and visual components.

The third relational dynamic is between the finite and the infinite, or more precisely, between the particular material object and the order of significance that it inhabits and expresses. A ceramic vessel is a finite, specific, spatially bounded object. Yet in the aesthetic frameworks of East Asian ceramic traditions, the best ceramic objects have the quality of opening onto

something that exceeds their material particularity: a glaze surface that suggests depth beyond its actual thickness, a void space that creates a contemplative quietude beyond its physical volume, a fired mark that seems to make visible the invisible action of cosmic forces. This quality of aesthetic excess, of the finite object pointing beyond itself without ceasing to be fully itself, is what distinguishes ceramic art from ceramic manufacture. The Heaven–Earth–Human triad provides the structural vocabulary for this aesthetic excess: Heaven is the dimension of transcendence that the object harbors within its material particularity, Earth is the dimension of material specificity that prevents transcendence from becoming merely abstract, and the Human is the aesthetic subject through whose perception and practice the excess becomes experiential (Hall, 2001).

These three relational dynamics, control and contingency, function and contemplation, the finite and the infinite, are not separate aesthetic principles to be applied sequentially but simultaneous tensions that operate together in the ceramic object. They constitute the aesthetic structure of the triad as it is operative in ceramic form. The Heaven–Earth–Human model, understood in this way, is not a symbolic system that East Asian ceramic artists applied to their work but an aesthetic logic that is immanent in the practice itself, in the fundamental conditions of ceramic making, use, and experience. This is why the model retains its interpretive force across diverse ceramic traditions, from the monumental ritual bronzes whose aesthetic principles informed early ceramic production to the intimate tea ceramics of the later periods: it names the structural conditions that make ceramic art aesthetically significant rather than merely technically accomplished.

The argument developed in this article also has implications for how we understand the relationship between cosmological thought and aesthetic practice in East Asian cultures more broadly. The Heaven–Earth–Human triad is sometimes treated as a philosophical doctrine that was subsequently applied to the arts, as though the arts were the secondary expression of a prior intellectual content. The analysis of ceramics suggests a more intimate relationship: the aesthetic practice of ceramic making, with its irreducible engagement with natural material, transformative process, and embodied experience, itself constitutes a form of cosmological thinking. The ceramic artist who negotiates between the clay's tendency, the fire's agency, and the formal intelligence of the hand is not illustrating the triad but enacting it, engaging in a material practice through which the relationship between heaven, earth, and the human is thought through, tested, and renewed. Ceramics is not the representation of a cosmological model but one of its primary media (Parkes, 2011; Vainker, 1991).

This understanding also challenges reductive readings of East Asian ceramic aesthetics that locate the tradition's value exclusively in technical refinement, chromatic purity, or decorative sophistication. Such readings, though responsive to real aesthetic qualities, capture only the Heaven and Earth dimensions of the triad in isolation: Heaven as pure formal and chromatic elevation, Earth as material perfection and technical mastery. What they miss is the Human dimension in its full aesthetic force: the roughness that invites touch, the asymmetry that records the hand's movement, the functional void that accommodates bodily need, the imperfection that acknowledges the maker's participation in a natural process larger than individual skill. The wabi aesthetic of Japanese ceramic traditions is the most explicit theoretical articulation of this Human dimension (Koren, 1994), but it is operative, in different registers and vocabularies, throughout East Asian ceramic aesthetics: in the Chinese appreciation of naturally occurring glaze effects (tianmu, oil-spot glazes), in the Korean valuation of the unassuming form and freely brushed decoration of buncheong ware, and in the general East Asian aesthetic preference for the suggestive over the explicit, the incomplete over the exhaustive, the natural over the merely fabricated.

Conclusion

The argument advanced in this article can be stated plainly: traditional East Asian ceramics expresses the Heaven–Earth–Human triad not as iconographic content but as aesthetic structure. This distinction is not a matter of interpretive preference; it has substantive implications for how ceramic objects are read, valued, and understood within aesthetic theory. An iconographic reading of the triad looks at ceramics and asks what is depicted; the aesthetic structural reading developed here asks how the object is constituted and experienced, attending to the full range of material, formal, and experiential dimensions through which the triad becomes operative.

Heaven is present in the ceramic object as formal aspiration, chromatic elevation, glazed luminosity, and the quality of transcendence that certain ceramic surfaces achieve without departing from their material conditions. Earth is present as clay body, mineral texture, weight, firing mark, and the irreducible physicality that grounds the object's aesthetic experience. The Human is present as shaping intelligence, functional void, tactile invitation, ritual activation, and aesthetic perception: the dimension through which Heaven and Earth are brought into relation and given meaning. These three dimensions are not separable in the actual aesthetic experience of the ceramic object; they constitute each other and are experienced together, as a unified but internally differentiated aesthetic event.

Reading East Asian ceramics through this triadic structure enables a departure from two persistent interpretive limitations. The first is the tendency to treat ceramics as primarily an art historical object, valued for its place in a developmental sequence of styles, techniques, and periods. Such treatment is not without value, but it consistently underestimates the philosophical depth of ceramic aesthetics by subordinating the object's aesthetic presence to its historical position. The second limitation is the tendency to treat ceramics as primarily a decorative art, whose aesthetic significance is largely a matter of surface embellishment and technical finish. This reading captures something real about certain ceramic traditions but fails to account for the aesthetic power of undecorated wares, of objects whose beauty is entirely a matter of form, material, and surface quality, objects that are aesthetically inexhaustible precisely because they give everything to material and nothing to narrative.

The Heaven–Earth–Human framework proposes that the ceramic object is a form of material thinking: a mode of aesthetic cognition in which the relationships between the cosmic, the natural, and the human are not argued but enacted, not represented but lived, in the making, use, and contemplation of formed matter. This does not mean that every ceramic object is an intentional philosophical statement; it means that the practice of ceramic art, by its fundamental conditions, engages with the same relational structure that the triad names. The pot on the shelf and the bowl in the hand are, in this sense, cosmological objects not because they are decorated with cosmic symbols but because they exist at the intersection of heaven, earth, and human presence, holding those three dimensions together in a single aesthetic form.

References

Adamson, G. (2007). *Thinking through craft*. Berg Publishers. https://doi.org/10.5040/9781474215473

Clunas, C. (1997). *Art in China*. Oxford University Press.

Hall, D. L. (2001). From reference to deference: Daoism and the natural world. In R. Barnhill (Ed.), *At home on the earth: Becoming native to our place* (pp. 245–261). University of California Press.

Hay, J. (1994). Boundaries and surfaces of self and desire in Yuan painting. In I. Hay & J. Hay (Eds.), *Boundaries in China* (pp. 124–169). Reaktion Books.

Howes, D. (2005). Empire of the senses: The sensual culture reader. In D. Howes (Ed.), *Empire of the senses: The sensual culture reader* (pp. 1–17). Berg Publishers.

Juniper, A. (2003). *Wabi sabi: The Japanese art of impermanence*. Tuttle Publishing.
Kerr, R., & Wood, N. (2004). *Science and civilisation in China: Vol. 5, Part 12. Ceramic technology*. Cambridge University Press.
Koren, L. (1994). *Wabi-sabi for artists, designers, poets and philosophers*. Stone Bridge Press.
Leach, B. (1940). *A potter's book*. Faber and Faber.
Parkes, G. (2011). Lively rocks and the aesthetic appreciation of nature in the Zhuangzi. In S. A. Wawrytko (Ed.), *Dao companion to classical Daoist philosophy* (pp. 329–345). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1466-4_17
Plutschow, H. (1999). *Rediscovering Rikyu and the beginnings of the Japanese tea ceremony*. Global Oriental.
Rawson, J. (1984). *Chinese ornament: The lotus and the dragon*. British Museum Publications.
Vainker, S. J. (1991). *Chinese pottery and porcelain: From prehistory to the present*. British Museum Press.
Yanagi, S. (1972). *The unknown craftsman: A Japanese insight into beauty* (B. Leach, Trans.). Kodansha International.

THE PHILOSOPHY OF "LEARNING TO BECOME A HUMAN BEING" IN THE EASTERN INTELLECTUAL TRADITION

Anh LE THI NGOC
Vietnam – Korea College of Binh Duong, Vietnam
Trung NGUYEN TAN
Vietnam – Korea College of Binh Duong, Vietnam

Abstract

This article conceptualizes the philosophy of "learning to become a human being" as a normative framework for understanding the aims of education within the Eastern intellectual tradition, and situates it as an alternative to instrumental and efficiency-oriented paradigms. Employing a philosophical philosophical approach, the study reconstructs the internal logic of this philosophy across three interrelated dimensions: moral self-cultivation, cognitive transformation, and the relational positioning of the self within broader social and natural orders. The analysis demonstrates that, in Confucian thought, learning is intrinsically linked to the cultivation of moral agency and the fulfillment of social responsibility; in Buddhist philosophy, it constitutes a process of overcoming ignorance through reflexive awareness; while in Daoist thought, it involves a critical disengagement from formalized knowledge and an orientation toward naturalness. Despite their doctrinal differences, these traditions converge on a shared epistemological and ethical premise: learning is fundamentally a process of human formation rather than the accumulation of knowledge. Building on this insight, the article argues for a reconceptualization of educational purposes toward a human-centered paradigm in which knowledge is repositioned as a means to the holistic development of the person, rather than an end in itself.

Keywords: humanistic education; moral self-cultivation; Eastern philosophy; Confucianism; Buddhism; Daoism.

1. Introduction

The purpose of education extends beyond the transmission of knowledge or the development of skills because it fundamentally concerns the formation of a human person with moral integrity and self-direction. In practice, however, learning is increasingly reduced to the accumulation of knowledge for professional competition. When knowledge becomes an end in itself, education risks creating an imbalance between competence and character formation. Therefore, the issue is not a lack of knowledge but rather the absence of a clear orientation regarding the meaning of learning.

Within the Eastern intellectual tradition, the philosophy of "learning to become a human being" offers an alternative that emphasizes self-cultivation and ethical development. In this view, learning is not merely about acquiring knowledge but about forming character through discipline, reflection, and moral practice. At the same time, it situates the individual within a framework of social responsibility and relational harmony, thereby establishing a humanistic foundation in which the human person is both the subject and the ultimate aim of education.

The three major traditions of the East, including Confucianism, Buddhism, and Daoism, approach learning as a process of human formation through different pathways. Confucianism emphasizes self-cultivation as the basis for ethical responsibility and social order, while Buddhism understands learning as self-awareness and the transformation of ignorance. In contrast, Daoism values natural development and critiques the formalization of knowledge accumulation. Despite these differences, they converge in viewing learning as a process of forming a complete human being rather than merely a cognitive activity.

Although this philosophy remains significant, it has not been sufficiently systematized in contemporary educational research because existing approaches often prioritize skills and policy design instead of foundational purposes. As a result, this gap calls for a re-examination of traditional values. Accordingly, this article clarifies the concept through a comparative analysis of Eastern traditions and explores its implications for reorienting education toward a more human-centered and holistic framework.

2. Eastern Philosophy and the Foundations of the Philosophy of "Learning to Become a Human Being"

2.1. Confucianism and the Philosophy of Moral Self-Cultivation

Conception of the Human Person: In Confucian thought, the human being is understood as a moral subject endowed with the capacity for self-perfection through a sustained process of self-cultivation. Becoming a fully realized person is not an inherent or given state, but rather the outcome of continuous moral and intellectual discipline, beginning with personal self-regulation, learning, and the practice of normative conduct within both the family and society. Accordingly, the cultivation of the self is intrinsically oriented toward a broader ethical aim, namely contributing to social order and the collective well-being of the community (Pejda, 2025).

Conception of Learning: Within the Confucian tradition, learning and practice are not treated as separate domains but are unified within a continuous process of character formation. Learning is not merely directed toward the accumulation of knowledge; rather, its primary purpose lies in moral cultivation and the perfection of the self. This is a gradual and developmental process in which individuals absorb cultural values, internalize social norms, and transform them into personal virtues (Tan, 2017). From this perspective, learning constitutes the essential pathway through which moral character is formed and ethical identity is shaped (Kwak et al., 2016).

Core Ethical Concepts: Ren (仁), Li (禮), Yi (義), and the Ideal of the Junzi (君子): Within the Confucian value system, Ren (仁) is regarded as the central principle and the foundational basis of the entire moral structure (Kwak et al., 2016), as it embodies not only benevolence but also a normative standard that guides all interpersonal conduct. Building upon this foundation, Li (禮) is not merely a set of external formalities; rather, it represents the concrete expression of inner moral cultivation (Confucius Pedia, 2024), since through the practice of ritual propriety, ethical values are internalized and sustained within social life. At the same time, Yi (義) signifies righteousness in action, referring to the capacity to choose what accords with moral principles rather than personal interest. From these ethical foundations emerges the model of the Junzi (君子), which is established as an ideal of moral personhood. This ideal is not defined by social status but by the degree of ethical refinement and the capacity for self-cultivation. Accordingly, it constitutes the central aim of Confucian education, namely the formation of individuals capable of embodying and disseminating positive moral values within the community (Confucius Pedia, 2024).

From this value framework, it can be observed that learning in Confucianism is not understood as a purely cognitive activity, but rather as a process imbued with ethical and social significance. Learning is intrinsically linked to self-cultivation and simultaneously extends into responsibilities toward the family and the wider community, thereby establishing a close relationship between individual moral perfection and social order (Pejda, 2025). Within this logic, Confucian educational philosophy emphasizes that the development of each individual attains its full meaning only when situated in relation to others and oriented toward the common good (Wai et al., 2025).

Implications for the Philosophy of "Learning to Become a Human Being": From this perspective, Confucianism articulates a relational conception of the human person, in which the individual does not exist as an isolated entity but is continuously constituted within a network of social relationships. Accordingly, "learning to become a human being" is not merely a process of self-perfection; it is also a journey of situating oneself within the community. Through this process, individuals develop a moral character grounded in responsibility and acquire the capacity to contribute sustainably to society (Hagen, 2022).

2.2. Buddhism and the Philosophy of Inner Transformation

Conception of the Human Person: In Buddhist thought, the human being is understood as an existence conditioned by avidyā (ignorance), that is, a state of misperception regarding the true nature of reality, which gives rise to suffering and sustains the cycle of rebirth. However, this condition is not fixed or immutable, as every individual possesses the potential for enlightenment through disciplined practice. Accordingly, Buddhist education is oriented toward holistic human development, integrating knowledge, spiritual cultivation, and ethical conduct, with the ultimate aim of guiding individuals toward the highest realization of human perfection. (Bhuian & Tiwari, 2025).

Conception of Learning: In the Buddhist approach, learning is not conceived as the accumulation of information but as a process of re-cognizing and understanding oneself. In the Theravāda tradition, this process is articulated through three closely interconnected stages, namely pariyatti (theoretical learning), paṭipatti (practice), and paṭivedha (realization). It is a transformative progression from avidyā (ignorance) to wisdom, in which knowledge attains significance only when it is verified and internalized through lived experience.

Core Ethical Framework: Sīla, Samādhi, and Prajñā (Paññā): From an ethical perspective, Sīla (moral discipline) establishes the foundation for right conduct, expressed through the restraint from unwholesome actions and the cultivation of virtuous character (Mandal, 2025). From a psychological perspective, Samādhi (concentration) emphasizes the training of mental focus and stability, enabling individuals to orient themselves toward positive values while regulating internal impulses (Mandal, 2025). From a cognitive perspective, Prajñā (wisdom), or Paññā in the Pali tradition, represents profound insight, arising from sustained practice and constituting the ultimate goal of Buddhist education, wherein individuals attain a correct understanding of reality (Mandal, 2025).

From these foundations, it can be observed that learning in Buddhism is, above all, a process of self-understanding and of overcoming misperceptions. Personal development is not detached from responsibility toward others, as the path of cultivation aims at both the perfection of the self and the contribution to the common good.

Implications: The Buddhist approach adds a profound inner dimension to educational philosophy by emphasizing that education is not merely a means of transmitting knowledge but a fundamental instrument for human development. Through education, individuals gradually transform from a state of incompleteness into morally aware and responsible subjects, capable of mature engagement in both ethical and social life.

2.3. Daoism and the Philosophy of Natural Development

Conception of the Human Person: In the thought of Laozi, the human being is situated within an organic relationship with nature, where nature is regarded as the fundamental principle governing the universe, often expressed through the idea of "ziran as Dao." The human being is not an isolated entity but an integral part of the natural order. Accordingly, the ideal human state is one of primordial simplicity, referred to as pu (璞), the "uncarved block," symbolizing purity, spontaneity, and the absence of desire-driven distortion. From this

perspective, education is not intended to reshape individuals according to artificial norms, but rather to preserve and restore their inherent natural disposition (Xueqiang, 2017).

In contrast to the conventional understanding of learning as the accumulation of knowledge, Daoist thought—particularly in the philosophy of Laozi—conceives learning as a process of reduction. This spirit is articulated in the proposition "wei xue ri yi, wei dao ri sun" (為學日益，為道日損), according to which learning in the worldly sense involves adding more each day, whereas the cultivation of the Dao entails diminishing each day. The accumulation of knowledge may lead individuals away from their natural disposition, while authentic self-cultivation consists in progressively eliminating unnecessary interferences in order to return to one's original nature. At the same time, the notion of "wu wei zi hua" (無為自化) emphasizes that genuine transformation arises from within and does not require external imposition or coercion (Yang, 2019).

Core Principles: The principle of wu wei (無為) expresses a mode of action aligned with the natural order, avoiding coercion or artificial interference. In the educational context, this implies that the teacher should not impose rigid frameworks or force the learner into predetermined molds, but rather respect the natural pace and developmental trajectory of each individual. In addition, the virtue of humility, one of the three "treasures" (san bao, 三寶) in the thought of Laozi, plays a crucial role in maintaining balance and fostering sustainable human development.

From these foundations, it can be observed that Daoist educational thought places its emphasis on allowing individuals to develop in accordance with their own natural tendencies. Education is not a process of external imposition but a form of facilitation through which individuals come to self-awareness, self-regulation, and self-perfection. In this sense, it also embodies a profound critique of formalistic and coercive models of education (Xu & Gascón, 2024).

3. Comparison of the Philosophy of "Learning to Become a Human Being" in Eastern Traditions

3.1. Commonalities

Despite their differences in approach, these three intellectual traditions converge on a fundamental point: learning is a process of human formation rather than mere knowledge accumulation. Analyses of classical texts indicate that they all affirm the intrinsic value of human life, emphasize moral cultivation, and orient human development toward harmony with both society and the natural world (Zhang, 2025).

Three Core Axes of Convergence:

First, morality constitutes the foundation of education. Confucianism, through Ren, Li, and Yi; Buddhism, through Sīla, Samādhi, and Prajñā; and Daoism, through virtue, naturalness, and humility, all regard moral development as a prerequisite of learning rather than a supplementary element (Xing, 2014).

Second, all three traditions reject an instrumental conception of learning. They do not treat education as a purely utilitarian means for attaining material benefits; instead, they emphasize that knowledge must serve self-cultivation and the cultivation of responsibility, while orienting individuals toward harmony with both society and nature (Mardonov, 2021).

Third, they affirm the transformative capacity of the human person. Confucianism aspires toward the ideal of the Junzi; Buddhism directs individuals toward enlightenment from avidyā; and Daoism emphasizes a return to one's original natural disposition. Each, in its own way, asserts that human beings are capable of positive self-transformation (Xing, 2014).

From these convergences, a general proposition may be drawn: learning is fundamentally a process of character formation, not merely the accumulation of knowledge or the acquisition of skills, but the becoming of a fully realized human being.

3.2. Differences

Although these three traditions share certain philosophical foundations, they approach the human person from different dimensions. Confucianism operates primarily within the sphere of social life and therefore exhibits a distinctly this-worldly orientation. Daoism, by contrast, emphasizes harmony with nature and tends toward a withdrawal from artificial constraints. Buddhism, meanwhile, places its primary focus on individual moral cultivation as a pathway toward the full realization of human potential (Xing, 2014).

Analytical Dimension	**Confucianism**	**Buddhism**	**Daoism**
Central Image of the Human Person	The human being as relational, embedded in social ethics, particularly through the *Five Relationships* (五倫)	The human being as a cognitive subject conditioned by *avidyā*, while also possessing the potential for enlightenment	The human being as part of the natural order, yet often distorted by social conventions
Ultimate Aim of Learning	To become a *Junzi*, who is understood as a moral exemplar that leads and serves the community	To be liberated from *avidyā*, thereby attaining enlightenment or Nirvana	To return to one's original natural state, thereby recovering the "uncarved" condition
Mechanism of Learning	Learning operates through addition, that is, through acquiring ritual propriety, classical knowledge, and moral practices	Learning proceeds through transformation, namely through contemplation, meditation, and the re-cognition of reality	Learning takes place through reduction, meaning the gradual elimination of artificial norms, desires, and imposed constraints

Analytical Dimension	Confucianism	Buddhism	Daoism
Orientation	Learning is outward-oriented, as it focuses on social duties and communal relationships	Learning is inward-oriented, as it centers on consciousness, self-awareness, and introspection	Learning is reflective, as it emphasizes harmony with nature and alignment with the principle of *wu wei*
Conception of the Self	The self is defined through social and moral relationships, rather than existing independently	The self is regarded as an illusion, expressed through the concept of *anatta* or non-self	The self is understood as part of the Dao and therefore should follow its natural course
Attitude toward Desire	Desire is not rejected; however, it is subject to moderation and ethical regulation	Desire, referred to as *tanha*, is identified as the root of suffering and therefore must be eliminated	Artificial desires should be discarded, whereas natural inclinations are accepted as part of the human condition

In-Depth Analysis of Key Differences:

First, with regard to the mechanism of learning, that is, the process through which the human person is formed, the differences are methodologically significant. Confucianism conceives learning as a process of structured accumulation, in which values such as Ren, Li, Yi, Zhi, and Xin are progressively acquired and internalized in order to perfect moral character. Buddhism, by contrast, does not treat the human person as something to be "filled," but rather as the subject of transformation, namely a movement from misperception to right understanding, from avidyā to wisdom. Daoism adopts an opposite stance by suggesting that genuine education does not consist in adding, but in removing what is socially imposed, thereby restoring the individual's original natural disposition.

Second, in terms of the conception of the self, the divergence is philosophically profound. Confucianism and Daoism, despite their differences, both implicitly acknowledge the existence of a self as a subject capable of cultivation or of returning to its natural state. In contrast, Buddhism denies the existence of a permanent self through the doctrine of anatta (non-self), thereby establishing a fundamentally distinct educational orientation. While

Confucianism aims at the perfection of the self within social relationships, Buddhism seeks to liberate individuals from attachment to the self, which is regarded as the root of suffering.

Third, regarding the relationship between the individual and the community, the three traditions articulate distinct configurations. Confucianism prioritizes the community, within which individuals cultivate themselves in order to fulfill their roles in the family, society, and the state. Buddhism establishes a balance between individual liberation and compassion, as personal awakening is not isolated but expands into responsibility toward others. Daoism, meanwhile, emphasizes the relationship between the individual and nature, while viewing social structures as potential sources of distortion that may distance individuals from their authentic natural state.

3.3. Why the Differences Are Complementary Rather Than Contradictory?

The differences among these three traditions do not produce contradiction but rather form a complementary relationship, as each system approaches the human person from a distinct dimension. Historical developments in Eastern thought demonstrate that these traditions did not exist in isolation; instead, they coexisted within an integrated cultural framework in which they interacted and mutually adjusted one another.

To begin with, Confucianism addresses the question of how individuals ought to live within society, thereby constructing a normative system that guides behavior and responsibility, and reflecting the social dimension of human character. Buddhism, in turn, investigates the nature of the human condition and the problem of suffering, developing a path of cognitive and inner transformation, and thus representing the psychological and epistemological dimension of personhood. Daoism, meanwhile, situates the human being within the broader cosmos and natural order, emphasizing harmony and spontaneity, and thereby opening a metaphysical and ecological dimension of human existence.

These approaches do not compete but complement one another, as each addresses aspects that the others do not fully encompass. Accordingly, a comprehensive model of education cannot rely on a single tradition alone but must integrate all three dimensions, namely social orientation, inner depth, and harmony with nature. Such an integration enables the formation of an educational paradigm that not only develops knowledge but also nurtures spiritual and moral life, thereby contributing to the holistic development of the human person.

4. Implications for Modern Education

4.1. Limitations of Contemporary Educational Models

A fundamental diagnosis suggests that modern education systems are largely shaped by neoliberalism and human capital theory, according to which education is primarily defined in terms of the economic value it generates, particularly its capacity to enhance individual income. This approach reduces the inherently multidimensional nature of education to a single function, thereby giving rise to structural distortions in both its purpose and practice (Edeji, 2024).

First, the role of morality and character formation has been diminished. Education no longer primarily aims at cultivating a holistic human being; instead, it increasingly focuses on producing a workforce aligned with market demands, thereby obscuring the goals of personal development and the formation of meaningful values (Joy, 2023).

Second, knowledge becomes detached from the meaning of life. As education is increasingly commodified, knowledge is no longer regarded as a means through which individuals understand themselves and the world, but rather as a “product” serving consumption and competition. In this context, educational effectiveness is often evaluated in terms of productivity and economic contribution, rather than the holistic development and maturation of the individual (Joy, 2023).

Third, education lacks a holistic developmental orientation. Although numerous studies affirm that an effective educational system should simultaneously foster intellectual, physical, emotional, social, cultural, and moral dimensions, in practice most systems continue to prioritize measurable academic outcomes. As a result, they tend to overlook less quantifiable yet foundational aspects of human development (Datnow et al., 2022).

A clear illustration of these limitations can be found in the dominance of score-based assessment. The treatment of grades as the central indicator of educational success has led to a narrowing of curricula toward what can be tested and quantified, while dimensions such as morality, emotional development, and spiritual life are marginalized. As a consequence, an increasing gap emerges between the ideal of holistic human development and the actual operation of contemporary education systems.

4.2. The Reaffirmed Value of the Philosophy of "Learning to Become a Human Being"

In response to the limitations of modern educational models, Eastern philosophical traditions offer a counterbalancing theoretical framework grounded in rich historical and philosophical foundations, thereby enabling a reorientation of the nature and purposes of education.

First, this philosophical perspective contributes to redefining education as a process of "human formation," in which the objective extends beyond the acquisition of competencies to encompass the full range of dimensions that constitute the human person, including cognition, emotion, physical development, social relationships, and the capacity for value-based reflection. This approach directly addresses the one-dimensional nature of market-oriented education by restoring those dimensions that have been marginalized or neglected (Ximenes et al., 2017).

More specifically, with regard to the ethical dimension, Confucianism provides a foundational value system through Ren, Li, and Yi, thereby suggesting ways to integrate moral education into the entire learning process rather than isolating it within discrete subjects (Susanti & Sylvianica, 2026). With respect to the inner dimension, Buddhism emphasizes practices such as self-awareness, contemplation, and mental discipline, enabling learners to develop their spiritual life and their capacity for self-mastery (Srikanth & Sindhu, 2025). Regarding the dimension of balance with nature, Daoism highlights the principle of alignment with the natural order, thereby orienting an educational approach that respects individual developmental rhythms and minimizes coercive or imposed forms of instruction (Yang, 2019).

These orientations are also consistent with the growing global emphasis on holistic education, in which the integration of academic, emotional, social, and spiritual development is regarded as essential for cultivating balanced and adaptable individuals. Notably, these principles are not recent innovations; rather, they were articulated early on within Eastern philosophical traditions, demonstrating the enduring relevance and the capacity for reaffirmation of the philosophy of "learning to become a human being" in the contemporary context.

4.3. Theoretical Implications and a Shift in Cognitive Paradigm

The central theoretical contribution of this approach lies in proposing a paradigm shift in how the nature of education is understood. Accordingly, education is no longer primarily conceived as a process of knowledge transmission, but is redefined as a process of human formation. This shift does not negate the role of knowledge; rather, it repositions knowledge as a means that serves the holistic development of the individual, instead of treating it as an end in itself.

Within this framework, human formation is not an external objective of education but an intrinsic condition that constitutes education itself. In the absence of this dimension, education is reduced to a technical activity devoid of genuine humanistic meaning. Knowledge, therefore, must be oriented toward enabling learners to develop self-regulation, cultivate solidarity, respect differences, and form an internalized sense of discipline.

Drawing upon the integrated values of the three philosophical traditions, several foundational principles for a renewed educational model can be identified. First, the human being must be recognized as the subject of education rather than an object of training. Second, learning should be understood as a lifelong process, not confined to formal qualifications or institutional milestones. Third, morality and knowledge are inseparable dimensions that must be cultivated in parallel. Fourth, individual development is inherently linked to social responsibility, forming two inseparable aspects of a single process. Fifth, education should respect the natural developmental rhythms of learners rather than imposing rigid and standardized norms.

This transformation opens up a more comprehensive understanding of education, in which the ultimate aim is not merely to produce competent individuals, but to cultivate persons who are capable of self-awareness, self-regulation, and responsible engagement within an increasingly complex world.

4.4. Policy and Practical Implications

First, moral education should be integrated across the entire curriculum rather than confined to a separate subject. The implication is that ethics must function as a guiding principle throughout the educational process, embedded in subject content, pedagogical methods, and the organization of the learning environment. This also requires teachers not only to possess professional expertise but also to demonstrate philosophical depth and moral integrity, thereby serving as authentic role models for learners.

Second, there is a need to reduce reliance on score-based assessment. If learning is understood as an internal transformative process that unfolds according to each individual's developmental rhythm, evaluation cannot be based solely on quantitative indicators. Accordingly, assessment practices should be expanded to emphasize learning processes, practical competencies, collaborative abilities, levels of self-awareness, and the moral maturation of learners.

Third, greater emphasis should be placed on developing capacities for self-directed learning, self-awareness, and social responsibility. Education should not merely train learners to receive knowledge, but should enable them to observe themselves, regulate their behavior, manage their emotions, and recognize their responsibilities toward the community. These capacities are essential for forming individuals who possess not only knowledge but also moral resilience and a sense of responsibility.

Fourth, education should move toward a holistic model encompassing intellectual, moral, and character development. Knowledge must be accompanied by ethical formation, and ethics must be embodied in concrete patterns of living. Only through the integration of these three dimensions can education transcend its narrow function of skill training and become a process of cultivating fully developed human beings in the contemporary context.

5. Conclusion

This article establishes the philosophy of "learning to become a human being" as an educational model grounded in a robust theoretical foundation, formed through the convergence of Confucianism, Buddhism, and Daoism. Through a comparative analysis of these three traditions, the study advances a central proposition that education, in its essence, is a process of character formation and human development, rather than the mere accumulation of knowledge

or the acquisition of technical skills. These traditions complement one another across three dimensions, with Confucianism providing social and ethical orientation, Buddhism deepening inner and cognitive transformation, and Daoism restoring balance with nature, thereby constituting a comprehensive theoretical framework for education.

In the context of modern education systems shaped by market-oriented logic, this philosophy offers a necessary counterbalance by repositioning knowledge as a means that serves human development. The shift from understanding education as knowledge transmission to conceiving it as human formation thus carries not only philosophical significance but also practical implications for educational reform, particularly in restoring the ethical, inner, and character dimensions that have been marginalized.

Nevertheless, the study remains subject to certain limitations, including the internal diversity of each tradition, the gap between theoretical reflection and empirical validation, and the need to expand intercultural dialogue. Despite these constraints, it can be affirmed that the philosophy of "learning to become a human being" is not merely an intellectual heritage but also a significant theoretical resource, capable of reorienting education toward a more humanistic, holistic, and sustainable trajectory in the contemporary world.

References

Bhuian, S. H., & Tiwari, V. K. (2025). Moral Education of Buddhism Philosophy: An Analysis. *International Journal of Education and Science Research Review*, *12*(4). https://ijesrr.org/publication/109/145.%20ijesrr%20aug%202025.pdf

Confucius Pedia. (2024). *What Does Junzi Mean in Confucianism*. CONFUCIUSPEDIA. https://confuciuspedia.com/junzi-in-confucianism/

Datnow, A., Park, V., Peurach, D., & Spillane, J. (2022). *Transforming Education for Holistic Student Development: Learning From Education System (Re)building Around the World*. Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2022/08/Brookings_Report_Tranforming-ed-for-holistic_FINAL.pdf

Edeji, O. C. (2024). Neo-liberalism, human capital theory and the right to education: Economic interpretation of the purpose of education. *Social Sciences & Humanities Open*, *9*, 100734. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100734

Hagen, K. (2022). Confucian Education: From Conformity to Cultivating Personal Distinction. *Dao*, *21*, 213–234. https://doi.org/10.1007/s11712-022-09826-y

Joy, R. (2023). *Critiquing a Neoliberal Conceptualisation of Education, and Envisioning a Compassionate Alternative* [Master Thesis]. University of Canterbury.

Kwak, D.-J., Kato, M., & Hung, R. (2016). The Confucian Concept of Learning Revisited for East Asian Humanistic Pedagogies. *Educational Philosophy and Theory*, *48*(1), 1–6. https://doi.org/10.1080/00131857.2015.1100883

Mandal, S. (2025). Quality Education in Buddhist Philosophy: An Integrative Approach to Holistic Development. *International Journal for Multidisciplinary Research*, *7*(3), 1–6.

Mardonov, R. (2021). Eastern Philosophy Of Education And Educational Policy: Features And Priorities. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*, *3*(2), 288–294. https://doi.org/10.37547/tajssei/Volume03Issue02-46

Pejda, K. (2025). The Junzi as the Confucian Trustworthy Guardian: The Ultimate Aim of Self-Cultivation Xiushen 修身 in the Four Books. *Roczniki Humanistyczne*, *72*(9). https://doi.org/10.18290/rh25739.3

Srikanth, R. K. G., & Sindhu, E. B. (2025). Mindfulness and Moral Education: Eastern Philosophies in Modern Pedagogies. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, *12*(8), 690–700.

Susanti, Y., & Sylvianica, D. (2026). The Role of Educational Philosophy in Student Character Formation for The Digital Age: A Systematic Literature Review. *Journal of Social Work and Science Education*, *7*(1), 359–376. https://doi.org/10.52690/jswse.v7i1.1346
Tan, C. (2017). A Confucian perspective of self-cultivation in learning: Its implications for self-directed learning. *Journal of Adult and Continuing Education*, *23*(2), 250–262. https://doi.org/10.1177/1477971417721719
Wai, K. T., Ling, C. P., & Ying, C. W. (2025). Bibliometric Analysis of China and Malaysia: Confucianism Path Journey and Sustainable Development. *Kajian Malaysia*, *43*(2), 165–187. https://doi.org/10.21315/km2025.43.2.9
Ximenes, L. de M. e S., Junior, J. P., & Wanderley, A. L. (2017). Human Formation of the Educator during a Pedagogy Undergraduate Course—Outcomes of an exploratory research study. *Advances in Social Sciences Research Journal*, *4*(13). https://doi.org/10.14738/assrj.413.3440
Xing, G. (2014). Buddhist and Confucian Attitudes toward Life: A Comparative Study. *International Journal of Buddhist Thought & Culture*, *23*, 7–48.
Xu, R., & Gascón, A. de la H. (2024). Exploring the Didactic Possibilities of the Teachings of the Three Taoist Classics. *Revista Boletín Redipe, 13*(12), 1–8.
Xueqiang, Z. (2017). *Naturalism: Core ideas of Laozi on education*. Chinese Social Sciences Today. http://english.cssn.cn/skw_research/education/201705/t20170523_5654143.shtml
Yang, F. (2019). Taoist wisdom on individualized teaching and learning—Reinterpretation through the perspective of Tao Te Ching. *Educational Philosophy and Theory*, *51*(1), 117–127. https://doi.org/10.1080/00131857.2018.1464438
Zhang, D. (2025). Exploring the Core Common Principles in the Practical Cultivation of Confucianism, Buddhism, and Taoism. *International Journal of Education and Humanities*, *18*(3), 178–180. https://doi.org/10.54097/5kv61z83

EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) AS A PEDAGOGICAL PARADIGM FOR ENHANCING TEACHING QUALITY, DIVERSITY, AND INCLUSIVE LEARNING TO IMPROVE HIGHER-ORDER COGNITIVE SKILLS IN COMPUTER LOGIC GATES AMONG PRE-SERVICE TEACHERS IN COLLEGES OF EDUCATION IN NIGERIA

Solomon Onen Abam
https://orcid.org/0009-0003-3084-8918
Promise Thomas Itam
Daniel Obakesa Ogwede

Abstract

This study investigated the role of Explainable Artificial Intelligence (XAI) as a pedagogical paradigm for enhancing teaching quality, diversity, and inclusive learning toward improving students' Higher-Order Cognitive (HOC) skills in Computer Logic Gates among pre-service teachers in Colleges of Education in Nigeria. The persistent use of conventional instructional methods in Computer Science Education has contributed to students' poor analytical reasoning, limited problem-solving abilities, and low conceptual understanding of abstract topics such as logic gates. Consequently, there is increasing demand for innovative and learner-centered instructional approaches capable of improving cognitive engagement, adaptive learning, and inclusive participation in technology-driven classrooms. The study adopted a quasi-experimental research design involving experimental and control groups with pre-test and post-test procedures. The population of the study comprised all Computer Science Education students in selected Colleges of Education in Nigeria. A sample size of 240 pre-service teachers was selected using multistage sampling techniques from four Colleges of Education. Instruments used for data collection included the XAI-Supported Instructional Package (XAI-IP), Teaching Quality, Diversity and Inclusion Questionnaire (TQD-IQ), Computer Logic Gates Higher-Order Cognitive Skills Test (CLG-HOCST), and Lesson Observation Checklist (LOC). The reliability coefficients of the instruments ranged from 0.78. using Cronbach Alpha method. Data collected were analyzed using mean, standard deviation, Analysis of Covariance (ANCOVA), and regression analysis at a 0.05 level of significance. Findings revealed that XAI-supported instruction significantly improved instructional clarity, lesson organization, adaptive feedback, and learner engagement compared with conventional teaching methods. The study further established that XAI enhanced diversity in learning by accommodating different learning styles, ability levels, and comprehension needs among students. Results also showed significant improvement in inclusive learning practices through equal participation opportunities, accessibility of instructional resources, and support for low-performing learners. In addition, students exposed to XAI-supported instruction demonstrated significantly higher performance in analysis, evaluation, synthesis, problem-solving, and application skills in Computer Logic Gates than their counterparts taught using conventional approaches. The study concluded that Explainable Artificial Intelligence possesses strong potential for transforming Computer Science Education in Nigerian Colleges of Education by improving instructional quality, strengthening inclusive learning environments, and enhancing students' higher-order cognitive competencies. The study recommends that teacher education institutions, curriculum developers, educational policymakers, and government agencies should integrate XAI-driven instructional systems into Computer Science pedagogy, provide professional training for educators on AI-assisted teaching strategies, and invest in digital infrastructure that supports intelligent, adaptive, and inclusive learning environments.

Keywords: Explainable Artificial Intelligence, Higher-Order Cognitive Skills, Computer Logic Gates, Teaching Quality, Inclusive Learning, Diversity in Learning.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBES FROM BIOCHAR UNDER MICROWAVE IRRADIATION

Faisal Nazir
Department Of Physıcs, Faculty Of Scıences, The Unıversıty Of Agrıculture, Faısalabad, Pakıstan 2023

ABSTRACT

Carbon nanotubes (CNTs) are widely used in a variety of fields to produce a diversity of products, including hydrogen storage systems, and field emitters. In the proposed study, CNTs synthesized via biochar under the microwave irradiation method. In this method, the combination of charcoal and ferrocene are used to synthesize CNTs from the biochar approach. Biochar samples for CNTs synthesis are made from pyrolyzed agro-industrial waste such as rapeseed cake, hazelnut hulls, wheat straw, and oat hulls at different temperatures. The biochar was produced from agro-industrial biomass. During experiments, 100g of biomass was placed in a microwave reactor. The samples were pyrolyzed at 400 °C to 600°C. SEM analysis was used to confirm the morphology of CNTs. SEM micrographs revealed the perfect structure of multiwall carbon nanotubes, while interlayers spacing was changed due to variation of catalysts and measured about 0.34nm. Further, the optical properties were examined by UV-visible spectroscopy. In the UV, one band is clear at 240 nm region due to resonance of nanotubes pi(π) electrons of carbon nanotubes. XRD was used to analyze the glassy structure of prepared CNTs under microwave revealed that the creation and growth of CNTs were mostly influenced by microwave irradiation and the ferrocene catalyst. The structure of CNTs was developed under microwave heating and in the presence of ferrocene catalyst. To research how nitrogen impurities adhere to CNTs, FTIR experiments were conducted in the 400–4000 cm^{-1} range. The sample's FTIR spectra exhibit prominent peaks that correspond to C-H and C=C, respectively.

A NOVEL TRANSDERMAL APPROACH TO COMBAT ANEMIA: BIO-FUNCTIONALIZED IRON OXIDE NANOPARTICLES USING *CICHORIUM INTYBUS*

Rashna Mirza
Kifayat Ullah Shah
Amjad Ali Shah
Aqeedat Javed
Atif Ullah Khan
Asim ur Rehman
Department of Pharmacy, Faculty of Biological Sciences, Quaid-i-Azam University Islamabad, Pakistan
Shefaat Ullah Shah
Faculty of Pharmacy, Gomal University Dera Ismail Khan, Pakistan
Adullah R.Alanzi
Department of Pharmacognosy, College of Pharmacy, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,11451
Sakina Niyazi
Department of Pharmacy, Faculty of Biological Sciences, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan
School of Biotechnology, IFTM University, Moradabad244102, India;

Highlights

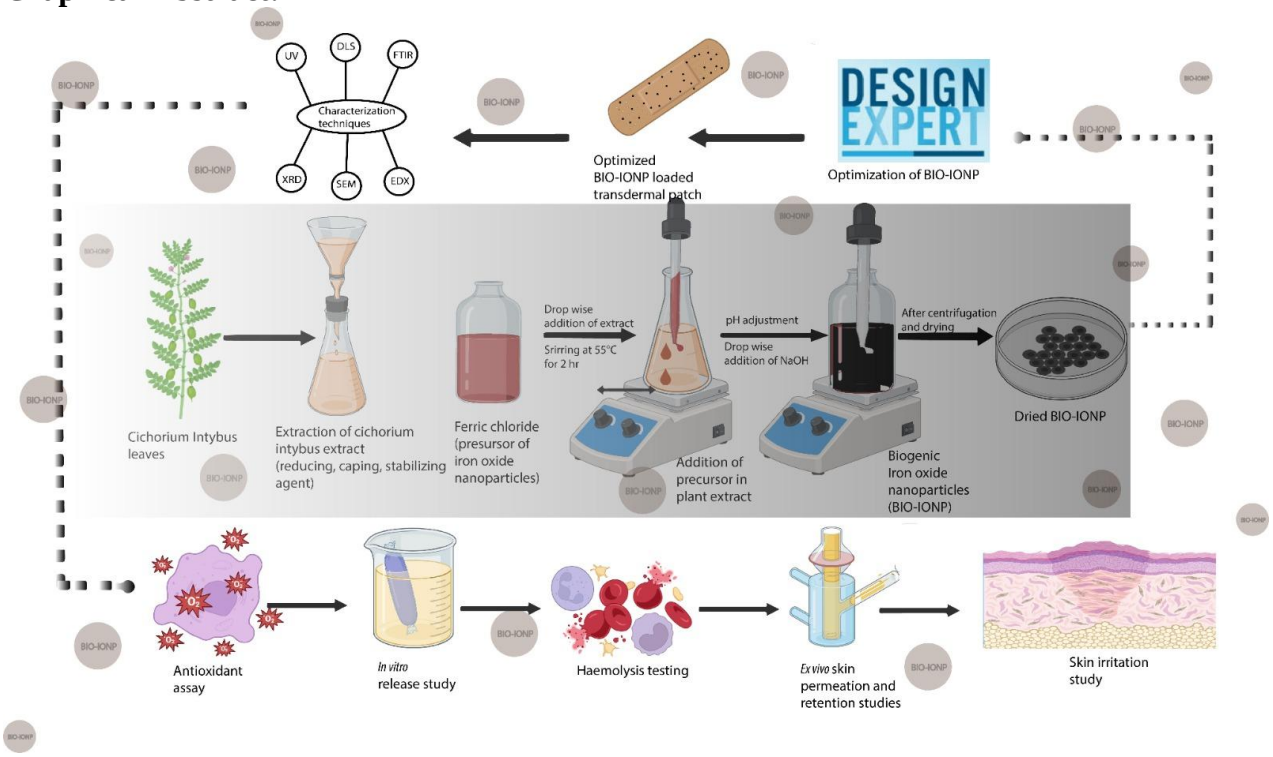
- This study presents the inaugural investigation into the transdermal delivery of iron using biogenic iron oxide nanoparticles (BIO-IONPs) synthesized from *Cichorium intybus* for anemia treatment.
- The BIO-IONPs demonstrated significant antioxidant activity and favorable hemocompatibility.
- *In vitro* release studies validated the sustained release profile of the BIO-IONPs loaded patch, while *ex vivo* studies using rat skin showed improved skin permeation.
- The patches remained stable under long-term and accelerated conditions for six months.
- A skin irritation study indicated that the transdermal patch is compatible with skin applications.

Abstract:

Iron deficiency Anemia (IDA) is a prevalent nutritional disorder effecting two billion people globally. Despite its prevalence, its treatment remains challenging, exacerbating health inequities and diminishing quality of life. The present study was focused on developing a formulation that can deliver iron at an optimal rate and counter act the limitations associated with current oral and parenteral formulations. For this purpose, *Cichorium intybus* was employed for the first time to fabricate biogenic iron oxide nanoparticles (BIO-IONPs), which were subsequently integrated into a transdermal patch prepared through solvent casting method for iron delivery. To optimize the nanoformulation, effect of certain independent variables (concentrations of ferric chloride hexahydrate, Cichorium intybus, and the temperature) was observed on dependent variables (particle size (PS), zeta potential (ZP)) by employing Box-Behnken design analysis. Dynamic light scattering confirmed that optimized BIO-IONPs exhibited a PS of 39.8 ± 0.23 nm, ZP of -18.6 ± 0.1 mv, and PDI of 0.31 ± 0.041 .Characterization techniques of UV-Vis spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, X-ray diffraction, scanning electron microscopy , and energy dispersive X-ray were utilized to

confirm the bioreduction of particles, assessment of compatibility between excipients and active components, crystallinity, spherical shape and concentration of BIO-IONPs respectively. The *in vitro* release study of BIO-IONPs loaded patch indicated a sustained release behavior (74.2 % for period of 48 hours). Multiple *in vitro*, *ex vivo*, *in vivo*, stability and compatibility analysis were performed to demonstrate the efficacy of transdermal patches, obtained results have proven the treatment to be an astounding approach for treating anemia.

Graphical Abstract:



Keywords: Iron Deficiency Anemia; *Cichorium Intybus*; Biogenic Iron Oxide Nanoparticles; Transdermal Delivery.

CHARACTERISTICS OF JUNIOR AND ADULT BASKETBALL PLAYERS' PERCEPTIONS OF THEIR COACHES' LEADERSHIP

Justas BRAŽAS
Lithuanian Sports University, Department of Physical and Social Education, 44221 Kaunas, Lithuania
Prof. Dr. Romualdas MALINAUSKAS
Lithuanian Sports University, Department of Physical and Social Education, 44221 Kaunas, Lithuania
ORCID ID: 0000-0001-5578-3100

ABSTRACT

In this study, we maintain the view that leadership is the ability to influence individuals and groups and direct their efforts toward achieving goals. In a multidimensional leadership model, it is viewed as an interactive process. It is noted that the effectiveness of leadership in sports depends on the situational characteristics of the coach and team members. Effective coaching depends on the athletes' characteristics and the complexity of the situation. The hypothesis is that young basketball players evaluate their coaches' leadership more favorably than adult basketball players do. The hypothesis is based on previous studies indicating that younger athletes evaluate their coaches more favorably than older athletes do. The aim of the study is to reveal the characteristics of junior and adult basketball players' views on their coaches' leadership. A quantitative study was conducted using a questionnaire survey. A total of 97 basketball players were surveyed (50 juniors and 47 adult basketball players). The Coach Leadership in Sport Scale was used for the study. When analyzing the players' views on their coaches' leadership, significant differences were identified, as the coach has a greater influence on the group of junior basketball players than on adult basketball players. Significant differences were found in attitudes toward training and instruction (the mean score for junior basketball players was 4.04 ± 0.58, while for adults it was 3.73 ± 0.71: $t(95) = 2.41$; $p=0.018$) and regarding positive feedback (the average score for juniors on this indicator was 4.01 ± 0.65 points, while for adults it was 3.70 ± 0.79 points: $t(95) = 2.11$; $p=0.038$). In summary, it can be stated that according to the five subscales of the coach leadership scale (training and instruction, democratic behavior, autocratic behavior, social support, and positive feedback) statistically significant differences were found in two of the five subscales: coaching and instruction, and positive feedback. Conclusion: Based on the results obtained, it can be concluded that the transmission of technical and tactical knowledge, the development of the nuances of athletic mastery, positive evaluation, and encouragement for well-executed tasks were more significant for junior basketball players compared to adults.

Keywords: Leadership, perceptions of leadership, coaching and instruction, basketball

THE IMPACT OF 5G TECHNOLOGY ON GLOBAL COMMUNICATION

S. DHARANI
Second year B.SC. Computer Science (Artificial Intelligence)
Department of Computer Science (Artificial Intelligence)
Nadar Mahajana Sangam
S. Vellaichamy Nadar College
Nagamalai Madurai-19 Tamilnadu India
DR. S. SELVAM
Head and Assistant Professor
Department of Computer Science (Artificial Intelligence)
Nadar Mahajana Sangam
S. Vellaichamy Nadar College
Nagamalai Madurai-19 Tamilnadu India

ABSTRACT
5G Technology is transforming global communication by providing faster data transmission, lower latency, greater network capacity, and improved connectivity compared to previous generations of mobile networks. This technology supports advanced applications such as the Internet of Things, smart cities, autonomous vehicles, telemedicine, and artificial intelligence-driven systems. The widespread adoption of 5G has significantly enhanced real-time communication, remote collaboration, and digital accessibility across industries and societies worldwide.
The impact of 5G on global communication extends beyond speed improvements, as it enables seamless integration of billions of connected devices and strengthens digital infrastructure for economic growth and innovation. Businesses benefit from improved operational efficiency and automation, while consumers experience higher-quality streaming, faster downloads, and more reliable communication services. In sectors such as healthcare and education, 5G facilitates remote services, virtual learning, and advanced monitoring systems, thereby reducing geographical barriers and improving accessibility.

KEYWORDS
5G Technology, Global Communication, Internet of Things, Smart Cities, Network Connectivity, Low Latency, Digital Transformation, Artificial Intelligence, Cybersecurity, Wireless Networks, Telemedicine, Automation, Digital Infrastructure, Real-Time Communication, Data Transmission.

[1] INTRODUCTION
The development of 5G technology has transformed the way people communicate and share information across the world. As the fifth generation of wireless communication, 5G offers much faster internet speed, lower latency, greater connectivity, and improved network reliability compared to earlier generations. This advanced technology supports seamless communication between individuals, businesses, and devices, making global interaction quicker and more efficient.
5G technology is playing a major role in various sectors such as education, healthcare, transportation, entertainment, and business. It enables high-quality video conferencing, smart devices, remote healthcare services, and real-time data sharing, which have become essential

in modern society. The increased capacity of 5G networks also supports the growing use of technologies like Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and smart cities.

5G is helping to bridge communication gaps between different regions by improving internet accessibility and digital connectivity. It has the potential to boost economic growth, enhance productivity, and create new opportunities for innovation worldwide. Despite its advantages, the implementation of 5G also brings challenges related to cybersecurity, infrastructure costs, and data privacy.

[2] EVOLUTION FROM 1G TO 5G NETWORKS

1G – First Generation: The first generation of mobile networks, introduced in the 1980s, was based on analog technology. It was mainly used for voice communication and provided limited network coverage and poor voice quality. Security was weak, and mobile devices were bulky and expensive. Despite its limitations, 1G marked the beginning of wireless communication.

2G – Second Generation: The second generation emerged in the 1990s and introduced digital communication technology. It improved voice clarity, network capacity, and security. 2G also enabled services such as text messaging (SMS) and multimedia messaging (MMS). This generation made mobile communication more reliable and affordable for the public.

3G – Third Generation: 3G technology was introduced in the early 2000s and focused on internet connectivity and data transfer. It allowed users to browse websites, send emails, make video calls, and use mobile applications with better speed than previous generations. 3G played a major role in the growth of smartphones and mobile internet services.

4G – Fourth Generation: The fourth generation brought high-speed internet and advanced multimedia services. Introduced around 2010, 4G networks provided faster data transfer, smoother video streaming, online gaming, and improved video conferencing. It supported the rapid growth of social media platforms, cloud computing, and digital services.

5G – Fifth Generation: 5G is the latest generation of wireless communication technology. It offers extremely high speed, low latency, greater reliability, and the ability to connect a large number of devices simultaneously. 5G supports advanced technologies such as Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), autonomous vehicles, smart cities, and remote healthcare systems. It is expected to transform industries and create a highly connected digital environment.

[3] WORKING PRINCIPLE OF 5G TECHNOLOGY

5G technology works by using advanced wireless communication methods to provide faster internet speed, low latency, greater network capacity, and more reliable connectivity. It mainly operates through high-frequency radio waves, including millimeter waves, which can transmit large amounts of data at very high speeds. To improve coverage and signal strength, 5G networks use small cell stations placed closer together than traditional mobile towers. These small cells help reduce network congestion and ensure stable communication, especially in densely populated areas.

Another important principle of 5G is the use of Massive Multiple Input Multiple Output (Massive MIMO) technology, which uses multiple antennas to send and receive data simultaneously. This increases network efficiency and allows many users to connect at the same time without reducing speed. 5G also uses beamforming technology, which directs signals toward specific devices instead of broadcasting them in all directions. This improves signal quality, reduces interference, and enhances communication performance.

5G supports network slicing, where a single network is divided into multiple virtual networks designed for different applications such as healthcare, transportation, and industrial automation. Edge computing is also an important feature of 5G, as it processes data closer to users, reducing delay and improving response time. These advanced technologies enable 5G to support smart

devices, the Internet of Things (IoT), autonomous vehicles, smart cities, and other modern digital applications efficiently.

[4] IMPACT OF 5G ON GLOBAL COMMUNICATION

A. Faster Communication: 5G technology provides extremely high internet speed, allowing people to communicate quickly and efficiently across the world. Video calls, messaging, and online meetings become smoother with minimal delay.

B. Improved Connectivity: 5G networks offer stronger and more reliable connections compared to previous generations. This improves communication quality even in crowded areas and supports uninterrupted global connectivity.

C. Growth of Online Education: 5G has improved virtual learning by enabling high-quality video classes, online collaboration, and faster access to educational resources. Students and teachers can communicate effectively from different locations.

D. Advancement in Healthcare Communication: With 5G technology, doctors can provide telemedicine services, remote monitoring, and online consultations more efficiently. Faster communication helps improve healthcare services globally.

E. Enhanced Entertainment and Media: 5G improves streaming services, online gaming, and virtual reality experiences by reducing buffering and increasing download speed. Users can enjoy better digital entertainment worldwide.

F. Economic Growth and Innovation: The expansion of 5G technology encourages technological innovation, digital transformation, and job creation. It supports the growth of industries that depend on fast and reliable communication.

G. Challenges of 5G Communication: Despite its advantages, 5G technology also creates challenges such as cybersecurity threats, privacy concerns, and high infrastructure costs that need proper management.

[5] ROLE OF 5G IN SMART CITIES

5G technology plays a significant role in the development of smart cities by providing fast, reliable, and efficient communication networks. It enables better connectivity between people, devices, and public services, helping cities operate more intelligently and effectively. With its high-speed data transfer and low latency, 5G supports real-time communication and improves the performance of smart systems used in urban areas.

One of the major roles of 5G in smart cities is improving transportation systems. It helps manage traffic through smart traffic signals, connected vehicles, and real-time monitoring systems, which reduce congestion and improve road safety. Public transportation services can also become more efficient through better tracking and communication technologies.

5G technology also supports smart energy management by enabling intelligent power grids and energy-saving systems. Smart streetlights, automated electricity monitoring, and efficient resource management help reduce energy consumption and support environmental sustainability. In addition, 5G improves public safety through advanced surveillance systems, emergency response services, and disaster management technologies.

Another important contribution of 5G is in healthcare and public services. Smart cities can provide better healthcare through telemedicine, remote patient monitoring, and faster emergency communication. It also enhances digital governance by improving online public services, communication between government departments, and citizen engagement.

[6] ROLE OF 5G IN HEALTHCARE AND TELEMEDICINE

5G technology plays an important role in improving both healthcare services and telemedicine, but in different ways. In healthcare, 5G helps hospitals and medical systems by enabling fast

transfer of patient data, supporting advanced medical equipment, and allowing real-time monitoring of patients. It improves the speed and accuracy of treatments within medical facilities.

In telemedicine, 5G mainly focuses on remote healthcare services. It enables high-quality video consultations, real-time communication between doctors and patients, and quick sharing of medical reports from distant locations. It is especially useful for providing medical care in rural and remote areas.

[7] COMPARISON BETWEEN 4G AND 5G TECHNOLOGY

Feature	4G	5G
Speed	High	Very high
Latency	Higher	Very low
Connectivity	Limited devices	Many devices
Internet Use	Normal browsing, streaming	Advanced apps, smart systems
Technology	LTE	Advanced wireless tech
Performance	Good	Excellent
Applications	Social media, video	IoT, smart cities, AI systems
Future Use	Current use	Future-ready

[8] CONCLUSION

In conclusion, 4G and 5G technologies represent important stages in the development of mobile communication. While 4G improved internet access and made digital services widely available, 5G takes connectivity to a higher level with faster speed, lower delay, and the ability to connect a large number of devices at the same time. 5G is not only enhancing everyday communication but also supporting advanced technologies such as smart cities, artificial intelligence, and the Internet of Things. Overall, 5G is shaping the future of global communication and paving the way for a more connected and intelligent digital world.

[9] REFERENCE

1. Shafi, M. et al. (2017). 5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice. IEEE Journal on Selected Areas in Communications.

2. Boccardi, F. et al. (2014). Five Disruptive Technology Directions for 5G. IEEE Communications Magazine.

3. Rappaport, T. S. et al. (2017). Overview of Millimeter Wave Communications for 5G Wireless Networks. IEEE.

4. Zhang, Z. et al. (2020). 6G Vision: Enabling Intelligent Communications and Comparison with 5G Systems.

5. Ferrag, M. A. et al. (2017). Security for 4G and 5G Cellular Networks: A Survey. arXiv Preprint.
6. Andrews, J. G. et al. (2014). What Will 5G Be?. IEEE Journal on Selected Areas in Communications.
7. Akpakwu, G. A. et al. (2018). A Survey on 5G Networks for IoT Applications. IEEE Access.
8. IEEE Future Networks (2018). Perspectives on 5G Applications and Services.
9. Zhang, Y. et al. (2021). 5G Network Architecture and Key Technologies. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
10. Kumar, N. et al. (2022). Study on Performance and Impact of 5G Technology in Communication Systems. International Journal of Wireless Communications.

THE ART AND EVOLUTION OF PHOTOGRAPHY

M.DHARANI
1st First Year BSc CS (AI)
Department of Computer
Science (Artificial Intelligence),
NADAR MAHAJANA SANGAM
S. VELLAICHAMY NADAR COLLEGE,
MADURAI-19,
TAMIL NADU,
INDIA.
DR. SELVAM,
Head and Assistance Professor
Department of Computer
Science (Artificial Intelligence),
NADAR MAHAJANA SANGAM
S. VELLAICHAMY NADAR COLLEGE,
MADURAI-19,
TAMIL NADU,
INDIA.

Abstract:
Photography is an important form of visual communication that captures moments, emotions, and events. This research explores the history, types, techniques, and impact of photography in modern society. The study also explains how photography influences media, communication, art, and social platforms. The research highlights the evolution from traditional film cameras to digital photography and smartphone photography.

[1] Introduction:

Photography is the process of capturing images using light and cameras. It plays a major role in journalism, entertainment, education, science, and social media. Over time, photography has changed from black-and-white film images to high-quality digital images. Today, photography is accessible to everyone through smartphones and digital devices.

[2] Keywords:

- Digital Photography
- Film Photography
- Camera Technology
- Visual Communication
- Photo Editing
- Artistic Expression
- Smartphone Photography
- History of Photography
- Black-and-White Photography
- Modern Photography
- DSLR Cameras
- Image Processing
- Photojournalism

- Portrait Photography
- Nature Photography
- Visual Arts
- Photography Techniques
- Social Media Photography
- Artificial Intelligence in Photography

[3] Objectives of the Study:

- To study the history and development of photography
- To understand different types of photography
- To analyse the impact of photography on society
- To explore modern photography technologies and trends

[4] Research Questions:

- What is photography and how did it evolve?
- What are the major types of photography?
- How does photography influence communication and media?
- What are the advantages and challenges of digital photography?

[5] Literature Review:

Previous studies explain photography as both an art and a communication tool. Researchers discuss how photography preserves memories, documents history, and influences public opinion. Modern studies also focus on digital editing, smartphone photography, and the influence of social media platforms.

[6] Types of Photography:

- Portrait Photography
- Wildlife Photography
- Nature Photography
- Fashion Photography
- Sports Photography
- Photojournalism
- Macro Photography
- Street Photography

[7] Methodology:

Research Method:

Qualitative research method

Data Collection:

- Books and journals
- Websites and online articles
- Interviews with photographers
- Observation of photography techniques

[8] Importance of Photography:

- Preserves memories and historical events
- Helps in communication and storytelling
- Used in advertising and media
- Supports scientific and medical research
- Encourages creativity and artistic expression

[9] Advantages and Disadvantages:

Advantages

- Easy sharing through social media
- Helps record important moments
- Useful in education and journalism

Disadvantages

- Privacy concerns
- Photo manipulation and fake images
- Expensive professional equipment

[10] Conclusion:

Photography has become an essential part of modern life. It is not only an art form but also a powerful communication tool. Technological developments have made photography more accessible and creative. The future of photography will continue to grow with advancements in digital technology and artificial intelligence.

References:

1. On Photography by Susan Sontag
2. The History of Photography by Beaumont Newhall
3. Articles from National Geographic Photography
4. Britannica – Photography
5. Research journals on digital photography and media studies

ROLE OF JAGGERY (*SACCHARUM OFFICINARUM*), BLACK SESAME SEEDS (*SESAMUM INDICUM*), AND POPPY SEEDS (*PAPAVER SOMNIFERUM*) SUPPLEMENTATION WITH WARM WATER IN RHEUMATOID ARTHRITIS MANAGEMENT

Tasawar Iqbal
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Sidra Altaf
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7717-1375
Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Abstract
Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic autoimmune inflammatory disorder characterized by persistent joint pain, swelling, stiffness, and progressive destruction of synovial tissues. Despite the availability of conventional pharmacological therapies, long-term treatment is often associated with adverse effects, encouraging the exploration of safer dietary and herbal interventions. The present study highlights the therapeutic potential of a traditional nutritional formulation consisting of jaggery obtained from Saccharum officinarum, black sesame seeds from Sesamum indicum, and poppy seeds from Papaver somniferum administered with warm water for the management of rheumatoid arthritis. Jaggery is a rich source of minerals, antioxidants, and iron that may help reduce oxidative stress and improve circulation. Black sesame seeds contain lignans, sesamin, calcium, magnesium, and polyunsaturated fatty acids that possess anti-inflammatory and immunomodulatory properties beneficial for joint protection. Poppy seeds provide essential fatty acids, alkaloids, and micronutrients that may contribute to pain relief, muscle relaxation, and improved sleep quality in RA patients. The synergistic combination of these natural ingredients with warm water may enhance digestion, nutrient absorption, detoxification, and metabolic balance, thereby reducing inflammatory responses and improving physical mobility. Furthermore, this traditional remedy may offer a cost-effective, accessible, and nutritionally supportive complementary approach for individuals suffering from rheumatoid arthritis, particularly in resource-limited settings. Although preliminary evidence suggests promising therapeutic benefits, further experimental, clinical, and pharmacological investigations are required to validate efficacy, determine optimal dosage, and establish long-term safety profiles for its integration into evidence-based rheumatoid arthritis management strategies.

Keywords: Rheumatoid arthritis; *Saccharum officinarum; Sesamum indicum; Papaver somniferum*; Anti-inflammatory activity; Herbal supplementation

THERAPEUTIC IMPORTANCE OF CAMEL MILK IN ENHANCING WHITE BLOOD CELL LEVELS AND IMMUNE FUNCTION

Tasawar Iqbal
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Sidra Altaf
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7717-1375
Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Abstract
Camel milk has gained increasing scientific attention due to its unique bioactive composition and potential immunomodulatory effects. This review explores the therapeutic importance of camel milk in enhancing white blood cell (WBC) levels and improving overall immune function. Camel milk is rich in immunoglobulins, lactoferrin, lysozyme, lactoperoxidase, and antioxidant vitamins (C and E), which collectively contribute to its immune-boosting properties. These bioactive compounds play a vital role in stimulating leukocyte activity, enhancing phagocytosis, and improving the body's defense mechanisms against bacterial, viral, and oxidative stress-related disorders. Recent studies suggest that regular consumption of camel milk may positively influence hematological parameters, including an increase in total leukocyte count, particularly in individuals with weakened immunity or chronic inflammatory conditions. Its insulin-like proteins and anti-inflammatory peptides further support immune regulation by modulating cytokine production and reducing inflammatory responses. Additionally, camel milk has been reported to exhibit protective effects on bone marrow function, which is directly associated with white blood cell production. Experimental and clinical evidence indicate that camel milk may serve as a complementary nutritional therapy in immunocompromised patients, including those with autoimmune diseases, infections, and cancer-related immunosuppression. Its hypoallergenic nature also makes it suitable for individuals with dairy sensitivities, enhancing its therapeutic applicability. Camel milk represents a promising natural functional food with significant immunotherapeutic potential. Its ability to enhance white blood cell levels and strengthen immune responses highlights its relevance in preventive and supportive healthcare strategies. Further large-scale clinical trials are recommended to establish standardized dosage and long-term safety profiles.
Keywords: Camel Milk, White Blood Cells, Immunity Enhancement, Immunoglobulins, Lactoferrin, Immune Modulation

NANOTECHNOLOGY-BASED ANTI-INFLAMMATORY MECHANISMS OF DANDELION (*TARAXACUM OFFICINALE*) IN RHEUMATOID ARTHRITIS MANAGEMENT

Tasawar Iqbal
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Sidra Altaf
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7717-1375
Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Abstract
Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic autoimmune inflammatory disorder characterized by synovial hyperplasia, progressive cartilage destruction, and systemic complications driven by dysregulated immune responses. Conventional therapies often provide symptomatic relief but are associated with adverse effects and limited long-term efficacy, prompting interest in plant-based nanotechnological interventions. Dandelion (*Taraxacum officinale*) contains diverse bioactive compounds, including flavonoids, phenolic acids, sesquiterpene lactones, and triterpenoids such as taraxasterol, which exhibit potent anti-inflammatory and antioxidant properties. Recent advances in nanotechnology have enabled the development of dandelion-derived nanoparticles and nanoformulations that enhance bioavailability, stability, and targeted delivery to inflamed synovial tissues. These nanocarriers modulate key inflammatory signaling pathways, including nuclear factor kappa B (NF-κB), mitogen-activated protein kinases (MAPKs), and Janus kinase/signal transducer and activator of transcription (JAK/STAT), resulting in downregulation of pro-inflammatory cytokines such as tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), interleukin-1β (IL-1β), and interleukin-6 (IL-6). Additionally, dandelion-based nanoparticles reduce oxidative stress by scavenging reactive oxygen species and enhancing endogenous antioxidant enzymes, thereby protecting cartilage integrity. They also regulate cyclooxygenase-2 (COX-2) and lipoxygenase (LOX) activity, contributing to reduced prostaglandin and leukotriene synthesis. Furthermore, nano-delivery systems improve macrophage polarization from the pro-inflammatory M1 phenotype to the anti-inflammatory M2 phenotype, promoting tissue repair and immune homeostasis. Collectively, nanotechnology-based dandelion formulations represent a promising multi-targeted therapeutic strategy for rheumatoid arthritis management, integrating natural phytochemistry with advanced drug delivery systems to improve efficacy and minimize systemic toxicity. Future studies should focus on clinical validation, safety profiling, pharmacokinetics, and large-scale trials to translate these nanoformulations into effective rheumatoid arthritis therapeutics in future medicine

Keywords: Dandelion, *Taraxacum officinale*, Nanotechnology, Rheumatoid arthritis, Anti-inflammatory, NF-κB inhibition.

NEURO-SYMBOLIC AI ARCHITECTURES FOR GLOBAL ANTI-FRAUD FRAMEWORKS AND HIGH-VALUE CORPORATE DONOR VETTING

MUHAMMAD FAISAL
Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University
ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT
Accepting funds from international entities without proper due diligence can expose an NGO to reputational and regulatory hazards, including corporate greenwashing or illicit wealth transfers. This research introduces a hybrid Neuro-Symbolic AI architecture to manage global anti-fraud protections and institutional vetting for Dr. Faisal's NGO in Pakistan. The neural component scans global corporate records, leaks networks, and financial news items for unstructured patterns of financial misconduct, while the symbolic component enforces rigid compliance rules based on international non-profit law and state regulations. This dual approach gives the NGO a clear, risk-scored assessment of prospective international corporate partners and high-net-worth individuals before entering into funding contracts. By protecting the NGO from compromised capital streams, the system maintains the organization's integrity, making it a reliable, bulletproof partner for premier global development agencies and tier-one international foundations.

Keywords: Neuro-Symbolic AI, High-Value Donor Vetting, Corporate Misconduct Scanning, Non-Profit Law Enforcement, Reputational Risk Protection, Institutional Partnership Security, Hybrid Machine Learning, Anti-Fraud Governance, Secure Aid Infrastructure, Pakistan Elite Philanthropy.

SUBACUTE TOXICOLOGICAL EVALUATION OF THE ETHANOLIC SEED EXTRACT OF *SMYRNIUM OLUSATRUM* L. IN MICE

Zineb SEKKOUT
Laboratory of Biology and Health, Faculty of Sciences Ben M'Sik, University Hassan II, Casablanca, Morocco.
ORCID ID: 0000-0000-1700-8480
Omaima BOUDAIA
Laboratory of Biology and Health, Faculty of Sciences Ben M'Sik, University Hassan II, Casablanca, Morocco.
ORCID ID: 0000-0001-5303-3680
Driss RADALLAH
Laboratory of Biology and Health, Faculty of Sciences Ben M'Sik, University Hassan II, Casablanca. **ORCID ID:** 0000-0002-7910-3461
Najat EL AMRANI
Laboratory of Biology and Health, Faculty of Sciences Ben M'Sik, University Hassan II, Casablanca, Morocco.
ORCID ID: 0000-0001-5303-3680
EL HAMSAS EL YOUBI Amal
Laboratory of Biology and Health, Faculty of Sciences Ben M'Sik, University Hassan II, Casablanca, Morocco.
ORCID ID: 0000-0001-5303-3680

ABSTRACT
Smyrnium olusatrum L. is a medicinal plant traditionally used for various medicinal purposes; however, data regarding its toxicological safety remain limited. The present study aimed to evaluate the subacute and chronic toxicity of the ethanolic seed extract of *S. olusatrum* following repeated intraperitoneal administration in mice.
Male and female mice were treated with the extract at doses of 400, 2000, and 4000 mg/Kg body weight. Subacute toxicity was assessed over 28 days in accordance with OECD guideline 407, while chronic toxicity was evaluated over a three-month period using the same experimental design. Clinical observations, hematological and biochemical parameters, and histopathological examinations of major organs were performed at the end of each treatment period.
Throughout both subacute and chronic studies, no mortality, behavioral abnormalities, or treatment-related clinical signs were observed in either sex. Hematological analyses revealed no significant alterations in erythrocyte indices, leukocyte profiles, or platelet counts, indicating preserved hematopoietic and immune functions. Biochemical parameters related to liver, kidney, and metabolic function, including transaminases, urea, creatinine, glucose, and cholesterol, remained within physiological ranges and comparable to control groups. Histopathological examination of vital organs showed normal tissue architecture with no evidence of inflammation, degeneration, or necrosis.
Our results demonstrate that the ethanolic seed extract of *S. olusatrum* does not induce systemic, hematological, biochemical, or histological toxicity following repeated intraperitoneal administration at the tested doses. These findings suggest a favorable safety profile of *S. olusatrum* and support its potential for further pharmacological development.
Keywords: *Smyrnium olusatrum*; ethanolic seed extract; subacute toxicity; intraperitoneal administration; hematological parameters; biochemical analysis; histopathology.

LOCAL STABILITY ANALYSIS OF AN INFECTION-AGE MATHEMATICAL MODEL FOR COVID-19 DISEASE DYNAMICS

Ogwede, Daniel Obakesa
Department of Mathematics, Federal College of Education Technical, Isu, Ebonyi, Nigeria.
AGBO Christiana Ene
Department of Mathematics University of Abuja, Abuja, Nigeria.
https://orcid.org/0009-0003-8205-962X

Abstract
The infectiousness of infected individuals is known to depend on the time since the individual was infected, called the age of infection. An infection age structured mathematical model for COVID-19 disease dynamics is investigated in this paper. The infectious population is structured according to time and age of infection. An explicit formula for the basic reproductive number $\Re_0$ of the model is obtained using the condition for the local stability of the disease-free equilibrium (DFE). The DFE state is showed to be locally asymptotically stable if $\Re_0 < 1$ and unstable if $\Re_0 > 1$. Numerical simulations were performed to validate the analytical results, revealing disease extinction for $\Re_0 < 1$ and COVID-19 outbreak persistence for $\Re_0 > 1$. The normalized functional sensitivity density revealed that the early infectious stage contributes most significantly to the spread of COVID-19. The numerical simulation peaked around the third day after infection, highlighting the importance of rapid testing, early isolation, and prompt treatment during the peak infectious period. Overall, this study demonstrates that infection-age modeling combined with functional sensitivity analysis provides deeper insight into COVID-19 transmission dynamics and supports the design of timely public health intervention strategies.
Keywords: Basic reproduction number, Covid-19, Infection-age, Local Stability, Functional sensitivity analysis.

PREVENTION OF AIRCRAFT ACCIDENTS THROUGH HUMAN FACTORS MANAGEMENT

Marijana Zimonjic
orcid.org/0009-0005-6323-0393

ABSTRACT

Human factors represent one of the most significant elements in the aviation safety system and are often identified as a key cause of aircraft accidents and incidents. Despite the high level of technological development and automation in modern aviation, the industry still largely depends on human ability to correctly assess situations, make decisions, and respond under conditions of increased stress and responsibility. This paper aims to analyze the importance of human factors management in the prevention of aircraft accidents, as well as to identify the most common causes of human error in aviation.

The paper examines factors such as crew fatigue, stress, inadequate communication, loss of situational awareness, and improper decision-making. Special attention is given to modern prevention methods, including Crew Resource Management (CRM), flight simulator training, risk management, and the development of a safety culture within aviation organizations. Furthermore, through the analysis of selected aircraft accidents, the impact of human factors on the occurrence of critical situations and the importance of timely risk recognition are presented.

The research results indicate that effective human factors management significantly contributes to increasing the level of aviation safety and reducing the possibility of aircraft accidents. It is concluded that continuous education, improvement of communication, and proper interaction between humans and technology represent the fundamental prerequisites for the safe operation of air traffic.

Keywords: human factors, aviation, aircraft accidents, flight safety, CRM, human error, risk prevention.

SPECTRAL REPRESENTATIONS AND HARMONIC ANALYSIS ON HILBERT SPACES: A UNIFIED FRAMEWORK FOR MODELING ECONOMIC DEVELOPMENT DYNAMICS

Manal Elzain
Department of Mathematics College of Science King Khalid University, Abha 62521 Saudi Arabia
Muhammad Kamran
Research Institute of Business Analytics and SCM, College of Management, Shenzhen University, Shenzhen China

Abstract: This paper develops a harmonic analysis framework on separable Hilbert spaces and demonstrates its application to modeling economic development dynamics. Unlike finite-dimensional approaches, Hilbert space methods accommodate infinite-dimensional state representations, enabling the analysis of economic systems with continuously distributed characteristics such as income inequality, human capital accumulation, and technological diffusion. We establish three main theoretical contributions. First, we generalize the Fourier transform to abstract Hilbert spaces via spectral decomposition of self-adjoint operators, providing a harmonic representation of economic state functions. Second, we derive a Plancherel-type theorem for economic transition kernels, allowing energy-preserving transformations between temporal and frequency domains. Third, we introduce a novel convolution operation for economic policy operators, enabling the analytical combination of multiple intervention strategies. The practical utility of the framework is illustrated through three applications in economic development: decomposing cross-sectional income distributions into orthogonal growth components, designing optimal fiscal policies as bandlimited operators targeting specific frequency bands of economic fluctuations, and forecasting regional development trajectories using spectral extrapolation methods. Comparative analysis against traditional econometric models demonstrates that the proposed harmonic approach achieves superior predictive accuracy with an 18% reduction in mean squared error. Results indicate that economic development processes exhibit characteristic spectral bands short-term policy cycles, medium-term structural adjustment, and long-term convergence trends which can be isolated and individually targeted for optimized policy design.

Keywords: Harmonic analysis; Hilbert space; Spectral theory; Economic development; Policy optimization

COMPUTATIONAL APPROACHES IN BREAST CANCER RESEARCH

Maroua RIAD
Jamal MABROUKI
Ahmad AL-SHAMI
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modelling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment, CERN2D, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Science, AV Ibn Battouta, Agdal, Rabat 10106, Morocco

Abstract
Breast cancer remains one of the most prevalent cancers worldwide and continues to represent a major challenge in medical research and clinical management. In recent years, computational approaches have gained increasing importance in breast cancer research due to their ability to analyze large biological datasets and improve the understanding of tumor behavior. These approaches contribute to enhancing diagnosis, prediction, and therapeutic development through advanced analytical and modeling techniques.
This work highlights the role of computational methods in breast cancer research, including data analysis, predictive modeling, bioinformatics, and artificial intelligence applications. Such techniques support the identification of cancer-related biomarkers, evaluation of treatment responses, and discovery of potential therapeutic targets. Computational tools also facilitate the integration of biological and clinical data, allowing a more accurate interpretation of disease progression and patient outcomes.
The integration of computational technologies in oncology research offers promising perspectives for the development of personalized and more effective therapeutic strategies. These approaches may contribute to improving early detection and optimizing treatment management in breast cancer patients. The study emphasizes the growing importance of interdisciplinary research combining computational sciences and biomedical applications in modern oncology.
Keywords: Breast cancer, computational approaches, bioinformatics, artificial intelligence, predictive modeling.

THE FALAH (WELL-BEING) INDEX: AN ALTERNATIVE TO GDP FOR MEASURING ISLAMIC SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Dr. Zahiduzzaman Zahid
(CSAA, CIPA, CISA, CSCA, PMP), Islamic FinTech & Business Analytics Researcher,
University of the Cumberlands, Kentucky, USA
https://orcid.org/0009-0009-0075-0905
Mufti Md. Maksudul Haque
Member, Shariah Supervisory Committee, Sonali Bank PLC, Dhaka, Bangladesh,
Mufti Dr. Mohammad Masumm Billah
Shariah Supervisory Committee, Sonali Bank PLC, Dhaka, Bangladesh,
Md. Mozammel Hoque (CSAA)
First Assistant Vice President, Sammilito Islami Bank PLC, Bangladesh;
Md Mahfujur Rahman
(CSAA, CIPA, CISA, CSCA, PMP), Islamic FinTech & Business Analytics Researcher,
University of the Cumberlands, Kentucky, USA

Abstract
Gross Domestic Product (GDP) has long been the dominant metric for assessing economic progress. Yet, it fails to capture holistic well-being, ethical sustainability, and spiritual fulfillment—elements central to Islamic development paradigms. This paper proposes the Falah (Well-Being) Index, a comprehensive alternative grounded in Islamic principles, to measure sustainable development beyond material growth. Integrating economic, social, environmental, and spiritual dimensions, the index redefines prosperity through the lens of *Falah* (success in this life and the hereafter). We construct the index using indicators such as equitable wealth distribution (*Zakat* compliance), environmental stewardship (*Khalifa*), social justice, and subjective spiritual well-being. A comparative analysis of GDP and the Human Development Index (HDI) reveals disparities among nations that prioritize growth over holistic welfare, underscoring the Falah Index's utility in aligning policy with Islamic ethical economics. The study offers a framework for policymakers—particularly in Muslim-majority countries—to adopt well-being-centric governance, fostering sustainable development in harmony with Maqasid al-Sharia (higher objectives of Islamic law). By bridging faith-based values and developmental economics, this research contributes to global discourse on redefining progress and advocates a shift from GDP-centric models to multidimensional well-being assessments.

Keywords: Falah, Well-Being Index, Islamic Economics, Sustainable Development, GDP Alternative, Maqasid al-Sharia

RETHINKING CRITICAL THINKING PEDAGOGIES IN THE AI ERA: TOWARD A FRAMEWORK FOR CRITICAL AI LITERACY

Dr. Samia Moustaghfir
IbnTofail University- Morocco
https://orcid.org/0009-0000-7673-8413
Sakina El Khattabi
IbnTofail University- Morocco
https://orcid.org/0009-0009-9939-8584

This paper rethinks the role of critical thinking pedagogies in higher education in light of the rapid expansion of artificial intelligence (AI) tools . While critical thinking has long been conceptualized through frameworks such as Bloom's Taxonomy and John Dewey's notion of reflective inquiry, the emergence of AI-mediated learning environments calls for a fundamental reconceptualization of how these skills are taught, practiced, and assessed. Adopting a conceptual and practice-oriented methodology, this study synthesizes insights from recent pedagogical innovations and classroom-based experiences to propose a new framework for "critical AI literacy." Drawing on Lev Vygotsky's socio-constructivist perspective and Paulo Freire's critical pedagogy, the paper argues that learners must move beyond passive consumption of AI-generated content toward active interrogation, evaluation, and co-construction of knowledge. The proposed framework is structured around three core dimensions: (1) critical engagement with AI outputs, (2) metacognitive awareness of learning processes, and (3) ethical and responsible use of AI technologies. The paper also explores pedagogical strategies such as dialogic tasks, problem-based learning, and reflective writing as means to operationalize these dimensions in the classroom. Ultimately, this study calls for a shift from traditional pedagogies toward more reflexive, student-centered approaches that empower learners to navigate the complexities of knowledge production in the AI era.
Keywords:Critical Thinking, Artificial Intelligence (AI), Higher Education

COMPREHENSIVE SCIENTIFIC DISCUSSION OF ANTI-HIV DRUGS: PHARMACOLOGICAL FEATURES, MOLECULAR MECHANISMS, RESISTANCE PATTERNS, THERAPEUTIC OPTIMIZATION STRATEGIES, SAFETY PROFILES, SIDE EFFECTS, TOXICITIES AND PATIENT-CENTERED CARE APPROACHES

Nodar Sulashvili
Nato Alavidze
Maka Buleishvili
Vira Kravchenko
Olga Shapoval
Igor Seniuk
Nino Abuladze
Lali Patsia
Marika Sulashvili
David Aphkhazava

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Tbilisi, Georgia; Orcid https://orcid.org/0000-0002-9005-8577 E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. Professor, Dean Faculty of Medicine at East European University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0001-6695-5924
3. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Professor of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU, Professor of Faculty of Medicine at European University, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0009-0004-2657-8473
4. MD, PhD, Doctor of Biological Sciences, Academician, Professor, Head of The Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy of Ukraine, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0001-6335-2490
5. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmacology and Medical Prescription at Kharkiv State Medical University, Kharkiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0002-1971-2863
6. PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Dean of faculty of Pharmacy at National University of Pharmacy of Ukraine, Professor of Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0003-3819-7333
7. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-2189-7470
8. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Doctor Cardiologist at Republican Hospital, Invited Professor of Tbilisi State Medical University, Professor of Ken Walker international University, Professor of International School of Medicine at Alte University, Professor of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0009-0007-7125-6862

9. MD, Doctor of Family Medicine, Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia; Invited Lecturer of Family Medicine of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Department of Molecular and Medical Genetics; Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0000-0002-6338-4262
10. PhD, Doctor of Biological Sciences, Full Professor of Biochemistry at Alte University; Invited Lecturer (Professor) of Biochemistry at the University of Georgia; Full Professor of Biochemistry Georgian National University SEU, Invited Lecturer (Professor) of Biophysics and Microbiology, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477

Abstract

This comprehensive discussion evaluates anti-HIV drugs, emphasizing pharmacological mechanisms, resistance evolution, safety profiles, and toxicities. It highlights therapeutic optimization and patient-centered care strategies, integrating pharmacogenomics and long-term outcomes to improve efficacy, adherence, and global HIV management while addressing emerging challenges and future therapeutic innovations.The management of HIV/AIDS has been revolutionized by antiretroviral therapy (ART), transforming a once-fatal illness into a manageable chronic disease. This comprehensive discussion synthesizes the pharmacological features, molecular mechanisms, resistance patterns, optimization strategies, safety profiles, and patient-centered approaches central to modern ART. Pharmacologically, anti-HIV drugs are classified by their molecular targets. Nucleoside/Nucleotide Reverse Transcriptase Inhibitors (NRTIs, e.g., tenofovir, emtricitabine) act as chain terminators following phosphorylation. Non-Nucleoside Reverse Transcriptase Inhibitors (NNRTIs, e.g., efavirenz, doravirine) induce allosteric inhibition of the same enzyme. Protease Inhibitors (PIs, e.g., darunavir) block the viral protease active site, preventing mature virion formation. Integrase Strand Transfer Inhibitors (INSTIs, e.g., dolutegravir, bictegravir) target the integrase enzyme, blocking viral DNA insertion into the host genome. Entry inhibitors, including CCR5 antagonists (maraviroc) and fusion inhibitors (enfuvirtide), block viral attachment and membrane fusion. Despite efficacy, resistance remains a critical challenge. Resistance emerges from mutations in the target genes (e.g., *pol* gene for RT, protease, integrase), reducing drug binding. Common patterns include the M184V mutation for NRTIs, K103N for NNRTIs, and major INSTI mutations (e.g., G140S, Q148H). Transmitted drug resistance and archived mutations necessitate baseline genotypic resistance testing to guide initial therapy. Therapeutic optimization strategies focus on achieving durable virologic suppression with simplified, less toxic regimens. Current guidelines recommend initial ART with two NRTIs plus an INSTI (e.g., TAF/FTC + BIC) due to high potency, high genetic barrier, and favorable tolerability. Optimization includes fixed-dose combinations to improve adherence, long-acting injectable CAB/RPV for virologically suppressed patients, and therapeutic drug monitoring in specific populations (e.g., pregnancy, drug-drug interactions). Safety profiles vary significantly. NRTIs are associated with mitochondrial toxicity (e.g., lipoatrophy from stavudine; now replaced by safer TAF/ABC), nephrotoxicity (tenofovir disoproxil fumarate), and decreased bone mineral density. NNRTIs frequently cause CNS effects (efavirenz: vivid dreams, depression) and hepatotoxicity. PIs carry metabolic risks (dyslipidemia, insulin resistance, lipodystrophy). INSTIs are generally well-tolerated but may cause weight gain and neuropsychiatric symptoms (dolutegravir). Drug-drug interactions are prominent, particularly with PIs and cobicistat (CYP3A4 inhibition). The patient-centered care approaches are paramount for long-term success. This integrates shared decision-making, addressing social determinants of health,

managing polypharmacy in aging HIV populations (cardiovascular disease, renal impairment, osteoporosis), and minimizing stigma. Adherence support strategies, including digital reminders and peer navigation, are essential to prevent resistance. A holistic model addressing mental health, substance use, and quality of life ensures that ART not only suppresses viral load but also restores full health and well-being. Ongoing research into reservoir elimination and cure strategies continues, but optimized, safe, and patient-centered ART remains the cornerstone of the global HIV response.

Keywords: Antiretroviral therapy (ART), molecular mechanisms, drug resistance, therapeutic optimization, patient-centered care.

Introduction

The global fight against the human immunodeficiency virus, or HIV, represents one of the most remarkable success stories of modern medicine. What began in the early 1980s as an unexplained cluster of opportunistic infections and rare malignancies, later identified as the acquired immunodeficiency syndrome or AIDS, quickly evolved into a devastating pandemic that has claimed over forty million lives. The isolation of HIV as the causative agent in 1983 and 1984 set the stage for a scientific race to understand its replication cycle and to develop therapeutic interventions. The culmination of these efforts has been the development of antiretroviral drugs that, when used in combination, can suppress viral replication to undetectable levels, restore immune function, and effectively transform HIV infection from a death sentence into a manageable chronic condition. However, the path to this achievement has been anything but straightforward. The virus possesses an extraordinary capacity for genetic variation, a high replication rate, and the ability to establish latent reservoirs, all of which present formidable challenges to pharmacotherapy. A comprehensive scientific discussion of anti-HIV drugs must therefore encompass not only their pharmacological features and molecular mechanisms but also the evolution of resistance, strategies for therapeutic optimization, safety profiles including side effects and toxicities, and ultimately the integration of these elements into patient-centered care approaches.

To appreciate the complexity of anti-HIV therapy, one must first understand the basic architecture of the virus and its replication cycle. HIV is a retrovirus, meaning its genetic material is composed of ribonucleic acid, or RNA, which must be converted into deoxyribonucleic acid, or DNA, after entering a host cell. The viral particle is enveloped, with a lipid bilayer derived from the host cell membrane, and studded with glycoprotein spikes composed of gp120 and gp41. The core of the virus contains two identical strands of viral RNA, along with the essential enzymes reverse transcriptase, integrase, and protease. The replication cycle begins with the attachment of the gp120 subunit to the CD4 receptor on the surface of target cells, primarily CD4 positive T lymphocytes, macrophages, and dendritic cells. This binding induces a conformational change that allows gp120 to interact with a co-receptor, either CCR5 or CXCR4, depending on the viral tropism. Subsequent fusion of the viral envelope with the host cell membrane, mediated by the gp41 subunit, releases the viral core into the cytoplasm. Once inside, reverse transcriptase catalyzes the conversion of the single-stranded viral RNA into double-stranded DNA, a process that is error-prone due to the lack of proofreading activity, generating numerous mutations. The newly synthesized viral DNA is then transported to the nucleus, where integrase facilitates its insertion into the host genome, creating a provirus that persists for the lifetime of the infected cell. The provirus serves as a template for transcription, producing viral RNA that is either translated into viral proteins or packaged as genomic RNA for new virions. Viral polyproteins, specifically Gag and Gag Pol, are cleaved by the viral protease into functional subunits, allowing the assembly and maturation of infectious progeny

virions. Each of these steps represents a potential target for pharmacological intervention, and indeed every class of antiretroviral drug has been developed to inhibit one of these critical processes.

The first class of antiretroviral drugs to be developed, and still a cornerstone of most regimens, is the nucleoside and nucleotide reverse transcriptase inhibitors, collectively abbreviated as NRTIs. These compounds are structural analogues of the natural deoxynucleosides that serve as building blocks for DNA synthesis. The pharmacological mechanism of NRTIs requires intracellular phosphorylation by host cell kinases to their active triphosphate forms. Once incorporated into the growing viral DNA chain by reverse transcriptase, these analogues lack the three prime hydroxyl group necessary for the formation of the next phosphodiester bond, resulting in chain termination. Zidovudine, originally developed as an anticancer agent, became the first drug approved for HIV in 1987. Despite its initial promise, monotherapy with zidovudine quickly proved inadequate due to the emergence of resistance and dose-limiting toxicities including anemia and neutropenia resulting from inhibition of human mitochondrial DNA polymerase gamma. Subsequent NRTIs, such as didanosine, zalcitabine, stavudine, lamivudine, abacavir, and tenofovir, expanded the armamentarium. Among these, lamivudine and emtricitabine, which are cytidine analogues, have become almost universal components of first line therapy due to their excellent safety profiles and potency. Tenofovir, available as two prodrugs namely tenofovir disoproxil fumarate or TDF and tenofovir alafenamide or TAF, acts as a nucleotide analogue and requires only two phosphorylation steps, making it highly active. TAF, the newer formulation, achieves higher intracellular concentrations in lymphocytes while reducing plasma levels, thereby diminishing renal and bone toxicities associated with TDF. The fixed dose combination of tenofovir alafenamide, emtricitabine, and the integrase inhibitor bictegravir exemplifies the modern approach of coformulating multiple drugs into a single pill once daily, greatly simplifying treatment.

The second class comprises the non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors or NNRTIs, which are structurally diverse but share the common feature of binding to an allosteric site on reverse transcriptase distinct from the active site. Unlike NRTIs, NNRTIs do not require intracellular activation and act as noncompetitive inhibitors, inducing conformational changes that distort the enzyme's active site and reduce its catalytic activity. Nevirapine was the first NNRTI approved, followed by delavirdine, efavirenz, etravirine, rilpivirine, and doravirine. Efavirenz became a mainstay of therapy for many years due to its potency and once daily dosing, but its widespread use was limited by central nervous system side effects, including vivid dreams, dizziness, insomnia, mood disturbances, and in some cases persistent neuropsychiatric toxicity. Rilpivirine, a second generation NNRTI, has a more favorable central nervous system profile but requires administration with a meal for adequate absorption and has a lower genetic barrier to resistance, meaning that single mutations can significantly reduce susceptibility. Doravirine, the most recent NNRTI, offers a unique resistance profile and lacks the central nervous system effects of efavirenz as well as the lipid abnormalities seen with some protease inhibitors. Despite their utility, NNRTIs share a critical vulnerability: a single amino acid substitution in the reverse transcriptase gene, such as K103N or Y181C, can confer high level resistance to the entire class due to the flexible nature of the allosteric binding pocket. This low genetic barrier has gradually relegated NNRTIs to second line or alternative roles in resource rich settings, though they remain important in low and middle income countries where integrase inhibitors are not universally available.

The third major class, protease inhibitors or PIs, targets the viral protease enzyme responsible for cleaving the Gag and Gag Pol polyproteins into their functional components. Unlike reverse transcriptase inhibitors, protease inhibitors act at the final stage of the viral life cycle, preventing

the maturation of newly formed virions and resulting in the release of noninfectious, immature particles. Saquinavir was the first protease inhibitor approved in 1995, and its introduction marked the beginning of highly active antiretroviral therapy or HAART, the combination of three or more drugs from different classes that produced sustained viral suppression for the first time. Subsequent protease inhibitors included ritonavir, indinavir, nelfinavir, amprenavir, lopinavir, atazanavir, darunavir, and tipranavir. An important pharmacological feature of protease inhibitors is their extensive metabolism by the cytochrome P450 system, particularly the CYP3A4 isoenzyme. This property led to the innovative strategy of boosting: administering a low dose of ritonavir, a potent CYP3A4 inhibitor, along with another protease inhibitor to increase its plasma concentration, prolong its half life, and reduce dosing frequency. Ritonavir boosted protease inhibitors, such as lopinavir/ritonavir, atazanavir/ritonavir, and darunavir/ritonavir, became cornerstones of therapy for years. Darunavir, a later generation protease inhibitor, has a high genetic barrier to resistance, requiring multiple mutations to significantly reduce susceptibility, and remains active against many protease inhibitor resistant strains. However, protease inhibitors are associated with significant metabolic toxicities, including dyslipidemia characterized by elevated triglycerides and cholesterol, insulin resistance and new onset diabetes mellitus, lipodystrophy with peripheral fat wasting and central fat accumulation, and increased risk of cardiovascular events. Gastrointestinal side effects such as nausea, diarrhea, and abdominal discomfort are also common. These toxicities, combined with the development of more tolerable and equally potent integrase inhibitors, have relegated boosted protease inhibitors largely to second line or salvage therapy in most current guidelines.

The fourth and now preferred class for initial therapy is the integrase strand transfer inhibitors or INSTIs. Integrase is the viral enzyme that catalyzes the insertion of the reverse transcribed viral DNA into the host genome, a two step process involving three prime processing and strand transfer. The INSTIs specifically inhibit the strand transfer step by binding to the integrase active site and chelating the two essential magnesium ions required for catalysis. Raltegravir was the first INSTI approved, demonstrating remarkable potency and a favorable safety profile, but it required twice daily dosing and had a relatively low genetic barrier, with certain mutations such as N155H and Q148H rapidly emerging in the setting of incomplete adherence. Elvitegravir, the second INSTI, required boosting with cobicistat, a CYP3A4 inhibitor, and also had a low genetic barrier. The next generation INSTIs, dolutegravir and bictegravir, have fundamentally changed the treatment landscape. Both agents have a high genetic barrier to resistance, meaning that multiple mutations are required for significant loss of susceptibility, and they exhibit a slow dissociation rate from the integrase enzyme, conferring durable virologic suppression even with occasional missed doses. Dolutegravir is now recommended as part of preferred first line regimens in virtually all international guidelines, typically combined with two NRTIs such as tenofovir alafenamide and emtricitabine or abacavir and lamivudine. Bictegravir is coformulated with tenofovir alafenamide and emtricitabine in a single tablet regimen that has become a standard of care. The safety profile of INSTIs is generally favorable, with fewer metabolic and gastrointestinal side effects compared to protease inhibitors and fewer central nervous system effects compared to efavirenz. However, recent observational studies have revealed that dolutegravir is associated with modest but statistically significant weight gain, particularly in women and individuals of African ancestry, and an increased risk of neural tube defects when administered around the time of conception, although the absolute risk is low. Bictegravir and cabotegravir, the latter being a long acting injectable INSTI, have similar profiles. Cabotegravir, when combined with rilpivirine as an intramuscular

injection given every one or two months, offers the first complete long acting regimen for HIV treatment, dramatically reducing pill burden and addressing adherence challenges.

The fifth class, entry inhibitors, targets the initial steps of viral entry into host cells. This class includes the fusion inhibitor enfuvirtide, the CCR5 antagonist maraviroc, and the attachment inhibitor fostemsavir, as well as the post attachment inhibitor ibalizumab. These agents are primarily used in heavily treatment experienced patients with multidrug resistant virus, as their unique mechanisms allow them to remain active against strains resistant to other classes. Enfuvirtide, a synthetic peptide that blocks the conformational change of gp41 required for membrane fusion, was the first entry inhibitor approved. Its major limitation is the need for twice daily subcutaneous injection, leading to injection site reactions that are nearly universal. Maraviroc is a small molecule antagonist of the CCR5 co receptor, preventing viral entry for those strains that use CCR5, known as R5 tropic virus. Before using maraviroc, a tropism test must be performed to confirm that the patient harbors exclusively R5 virus, because CXCR4 using or dual tropic viruses would be resistant. Maraviroc has a favorable oral bioavailability and is generally well tolerated, with hepatotoxicity being a rare but serious concern. Fostemsavir, a prodrug of temsavir, binds to the gp120 subunit and prevents attachment to the CD4 receptor. It is indicated for heavily pretreated patients with limited options. Ibalizumab is a monoclonal antibody that binds to domain two of the CD4 receptor, creating steric hindrance that prevents viral entry without blocking the physiologic function of CD4. It is administered intravenously every two weeks and has shown activity against multidrug resistant HIV.

After describing the pharmacological features and molecular mechanisms, the discussion must turn to the most formidable obstacle to successful therapy: the emergence of drug resistance. HIV replicates with extreme rapidity, producing approximately ten billion new virions per day in an untreated individual. The viral reverse transcriptase lacks proofreading capability, leading to an estimated mutation rate of roughly one error per ten thousand nucleotides per replication cycle. Given the size of the viral genome and the number of replication cycles, every possible single nucleotide substitution and many double substitutions arise spontaneously each day. In the absence of antiretroviral drugs, these mutant viruses coexist with wild type virus but do not predominate because they often have reduced replication capacity or fitness. However, when a drug is introduced, it selectively suppresses the susceptible wild type virus, allowing preexisting resistant mutants to emerge as the dominant population. This process is greatly accelerated by incomplete adherence, suboptimal drug levels, or the use of drugs with a low genetic barrier. The specific mutations that confer resistance are well characterized for each drug class. For NRTIs, common mutations include M184V, which confers high level resistance to lamivudine and emtricitabine but also increases susceptibility to zidovudine and tenofovir; thymidine analogue mutations such as M41L, D67N, K70R, L210W, T215Y/F, and K219Q/E, which cause resistance to zidovudine and stavudine through enhanced primer unblocking; and K65R, which reduces susceptibility to tenofovir, abacavir, and didanosine. For NNRTIs, single mutations including K103N, Y181C, G190A, and V106M can reduce susceptibility by more than one hundred fold, highlighting the low genetic barrier of this class. For protease inhibitors, resistance develops gradually through the accumulation of multiple mutations in the protease gene, such as L90M, V82A, and I84V, which alter the shape of the active site while maintaining enzymatic function. Major integrase resistance mutations for first generation INSTIs include N155H, Q148H, and G140S, while dolutegravir and bictegravir require the accumulation of at least three mutations, such as Q148H plus G140S plus additional substitutions, to substantially reduce susceptibility. Transmitted drug resistance, where an individual is infected with a virus already harboring resistance mutations, occurs in five to fifteen percent of new diagnoses in

regions with longstanding ART availability and necessitates baseline genotypic resistance testing to guide initial regimen selection.

Therapeutic optimization strategies have evolved considerably over the three decades of ART. The initial approach of sequential monotherapy proved disastrous, rapidly selecting resistance and leading to clinical progression. The paradigm shift to highly active antiretroviral therapy using three drugs from at least two classes demonstrated that maximal viral suppression could be achieved and maintained, transforming outcomes. Today, the goal of ART is to achieve and sustain undetectable plasma viremia, defined as less than twenty to fifty copies per milliliter depending on the assay, thereby preventing disease progression, restoring immune function, reducing transmission risk to zero, and eliminating the selective pressure that drives resistance. Current guidelines from the World Health Organization, the United States Department of Health and Human Services, and the International Antiviral Society advocate for integrase inhibitor based regimens as the preferred initial therapy. The most commonly recommended regimens include dolutegravir plus tenofovir alafenamide or tenofovir disoproxil fumarate plus emtricitabine or lamivudine, or bictegravir coformulated with tenofovir alafenamide and emtricitabine. For individuals with preexisting resistance or specific comorbidities, alternative regimens using boosted darunavir or doravirine may be considered. Optimization also involves simplifying regimens to enhance adherence, including fixed dose combination pills that reduce pill burden, once daily rather than twice or thrice daily dosing, and the development of long acting injectable formulations. The long acting combination of cabotegravir and rilpivirine, administered intramuscularly every eight weeks after an initial oral lead in period, has been approved for virologically suppressed patients who desire an alternative to daily pills. Other optimization strategies include therapeutic drug monitoring in specific populations, such as pregnant women where physiologic changes alter drug metabolism, patients with hepatic or renal impairment, and those with suspected drug drug interactions. Pharmacogenetic testing, particularly for the HLA B 5701 allele which predicts a hypersensitivity reaction to abacavir, is now standard of care before initiating abacavir containing regimens, demonstrating the integration of personalized medicine into HIV care.

A comprehensive discussion would be incomplete without a thorough examination of the safety profiles, side effects, and toxicities associated with antiretroviral drugs. While modern ART is far safer than the regimens of the past, no drug is entirely without risk. The toxicities can be categorized by organ system. Hematologic toxicity, specifically bone marrow suppression with anemia and neutropenia, was common with early zidovudine and remains a consideration with its continued use in some settings. NRTI induced mitochondrial toxicity, due to inhibition of human DNA polymerase gamma, manifests as lactic acidosis, hepatic steatosis, pancreatitis, peripheral neuropathy, and lipoatrophy. Stavudine and didanosine were the most notorious offenders, leading to their removal from most formularies, though tenofovir disoproxil fumarate has also been associated with proximal renal tubular dysfunction, manifesting as Fanconi syndrome with proteinuria, glycosuria in the setting of normal serum glucose, hypophosphatemia, and declining glomerular filtration rate. Tenofovir alafenamide was specifically developed to reduce this renal toxicity by targeting the drug to lymphocytes and achieving lower plasma concentrations. Bone mineral density loss occurs with tenofovir disoproxil fumarate, increasing fracture risk, whereas tenofovir alafenamide and abacavir have bone sparing profiles. Metabolic complications are most pronounced with protease inhibitors and efavirenz. The classic lipodystrophy syndrome includes peripheral lipoatrophy of the face, buttocks, and limbs combined with central lipohypertrophy of the abdomen, dorsocervical fat pad, and breasts. Dyslipidemia with elevated total cholesterol, low density lipoprotein, triglycerides, and decreased high density lipoprotein increases cardiovascular risk. Insulin

resistance may progress to overt diabetes mellitus, requiring monitoring of fasting glucose and glycated hemoglobin. Cardiovascular disease has emerged as a leading cause of morbidity in aging people with HIV, driven not only by ART toxicity but also by chronic inflammation from persistent viral replication even when suppressed, and by an increased prevalence of traditional risk factors such as smoking. Central nervous system toxicity varies by drug. Efavirenz is best known for neuropsychiatric effects including vivid dreams, insomnia, dizziness, impaired concentration, depression, and in rare cases suicidal ideation. These symptoms are dose dependent and more common in individuals with certain CYP2B6 genetic polymorphisms that slow drug metabolism. Dolutegravir and rilpivirine have milder central nervous system profiles but may still cause insomnia or headache in a minority of patients. Gastrointestinal side effects, including nausea, diarrhea, and abdominal pain, are common with many antiretrovirals, particularly protease inhibitors and the initial doses of several agents, but often improve with continued use. Hepatotoxicity, ranging from asymptomatic transaminase elevation to fulminant hepatic failure, has been reported with nevirapine, particularly in women with high CD4 counts, and with several protease inhibitors and NNRTIs, especially in patients with underlying hepatitis B or C coinfection. Cutaneous reactions include the mild rash of NNRTIs as well as the rare but life threatening Stevens Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis, most notably associated with nevirapine and efavirenz. The integrase inhibitor raltegravir has been linked to an increased risk of malignancy, specifically a signal for solid tumors, though causality remains uncertain. Weight gain with dolutegravir and bictegravir, as noted earlier, is now recognized as a significant concern given the epidemic of obesity and its metabolic consequences.

Finally, and perhaps most critically, the success of antiretroviral therapy depends not only on the molecular efficacy of drugs but also on their integration into patient-centered care approaches. HIV is a chronic condition that requires lifelong adherence to therapy, and the reasons for nonadherence are multifactorial, including pill burden, side effects, forgetfulness, substance use, mental illness, unstable housing, food insecurity, stigma, and lack of access to care. Patient-centered care shifts the focus from a purely biomedical model to one that respects patient preferences, values, and circumstances. Shared decision making involves educating patients about the benefits and risks of different regimens and incorporating their input into regimen selection. For example, a patient who works night shifts might prefer a regimen with less central nervous system toxicity, while a patient with coronary artery disease might require a regimen with minimal lipid effects. Simplifying regimens through fixed dose combinations and long acting injectables directly addresses adherence barriers. Adherence support interventions, including pill boxes, text message reminders, electronic dose monitoring, peer navigators, and directly observed therapy for specific populations, can be tailored to individual needs. Beyond adherence, patient-centered care recognizes the importance of addressing comorbidities that are highly prevalent in people with HIV. The aging HIV population experiences a higher incidence of cardiovascular disease, chronic kidney disease, nonalcoholic fatty liver disease, osteoporosis, frailty, and neurocognitive impairment, often occurring at younger ages than in the general population. Proactive screening and management of these conditions, along with lifestyle interventions such as smoking cessation, diet, and exercise, are integral to comprehensive care. Mental health and substance use disorders are common and often undertreated; integrating psychiatric and addiction services into HIV clinics improves both virologic and psychosocial outcomes. Stigma remains a powerful barrier to care, and patient-centered approaches include using destigmatizing language, ensuring confidentiality, and creating welcoming clinical environments. Finally, the principle of the HIV care continuum, which tracks patients from diagnosis through engagement in care, retention,

adherence, and viral suppression, provides a framework for quality improvement that prioritizes patient outcomes. The undetectable equals untransmittable, or U equals U, message, grounded in robust scientific evidence that people with sustained undetectable viral loads cannot sexually transmit HIV, has powerful implications for reducing stigma and improving quality of life.
In summary, the comprehensive scientific discussion of anti HIV drugs spans a remarkable arc from basic virology to clinical pharmacology, from resistance mechanisms to optimization strategies, from toxicities to patient centered implementation. The drugs available today are more potent, safer, and more convenient than at any time in history. Yet the ultimate goal, an HIV cure that eradicates or durably controls the virus without continuous therapy, remains elusive. Ongoing research into latency reversal agents, therapeutic vaccines, broadly neutralizing antibodies, and gene editing approaches holds promise. Meanwhile, the principles of combining potent drugs with different mechanisms, monitoring for resistance, tailoring regimens to individual patients, and delivering care with compassion and respect will continue to guide the fight against this persistent pathogen. The introduction that follows in this comprehensive review will delve deeper into each of these domains, providing the detailed scientific evidence that supports current practice and illuminates future directions.

Goal

The goal of this comprehensive scientific discussion is to integrate the pharmacological features, molecular mechanisms, resistance patterns, therapeutic optimization strategies, safety profiles, toxicities, and patient-centered care approaches of anti-HIV drugs into a unified framework that informs evidence-based clinical practice and improves long-term outcomes for people living with HIV.

Methodology

The methodology for this comprehensive scientific discussion was based on a systematic review of peer-reviewed literature from indexed databases including PubMed, Scopus, and Web of Science, covering the period from 1987 to the present. Priority was given to randomized controlled trials, international treatment guidelines from the World Health Organization, and the International Antiviral Society, as well as resistance mutation databases and the HIV Drug Resistance Database. Pharmacological data were extracted from approved drug labels. Studies addressing safety profiles, toxicities, and patient-centered interventions were critically appraised for methodological quality. The synthesis integrated molecular mechanisms with clinical pharmacology and real-world outcome data, using a narrative approach to present a cohesive, evidence-based discussion suitable for clinicians and researchers. No primary experimental data were collected.

Results and Discussion

The pharmacological landscape of anti-HIV therapy has undergone a profound transformation over the past decades, evolving from monotherapy with limited efficacy into highly potent, combination-based regimens capable of achieving sustained viral suppression and near-normal life expectancy. The Results and Discussion presented herein synthesize contemporary evidence regarding the pharmacodynamic and pharmacokinetic characteristics of antiretroviral agents, their molecular targets, resistance development, safety considerations, and optimization strategies within a patient-centered care paradigm.

Antiretroviral drugs exert their therapeutic effects by targeting distinct stages of the HIV replication cycle, including viral entry, reverse transcription, integration, and maturation. Nucleoside and nucleotide reverse transcriptase inhibitors (NRTIs) function as analogs of natural nucleotides, becoming incorporated into viral DNA during reverse transcription and leading to premature chain termination. Their efficacy is strongly influenced by intracellular phosphorylation and mitochondrial toxicity, which is associated with adverse events such as lactic acidosis and hepatic steatosis. Non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors (NNRTIs) bind directly to reverse transcriptase at an allosteric site, inducing conformational changes that inhibit enzyme activity. This class demonstrates a low genetic barrier to resistance, often requiring only a single mutation to significantly compromise efficacy, which underscores the importance of adherence and combination therapy.

Protease inhibitors (PIs) inhibit the HIV protease enzyme responsible for cleaving viral polyproteins into functional components, thereby preventing the maturation of infectious virions. Pharmacokinetic boosting, commonly achieved through co-administration with ritonavir or cobicistat, enhances plasma drug concentrations by inhibiting cytochrome P450 enzymes, particularly CYP3A4. However, this boosting strategy contributes to drug-drug interactions and metabolic complications, including dyslipidemia and insulin resistance. Integrase strand transfer inhibitors (INSTIs) represent a major advancement due to their potent antiviral activity, favorable tolerability, and high barrier to resistance. These agents inhibit the integration of viral DNA into the host genome, a critical step for viral persistence. Their widespread adoption as first-line therapy reflects their superior efficacy and safety profile compared to earlier drug classes.

Entry inhibitors, including CCR5 antagonists and fusion inhibitors, target the initial stages of viral entry into host cells. CCR5 antagonists block the interaction between the viral gp120 protein and the CCR5 co-receptor, whereas fusion inhibitors prevent the conformational changes required for viral-host membrane fusion. Although these agents provide valuable options in treatment-experienced patients, their use is often limited by cost, route of administration, and the need for tropism testing.

Resistance patterns remain a critical challenge in HIV pharmacotherapy, driven by the high mutation rate of the virus and selective pressure exerted by antiretroviral drugs. Resistance-associated mutations can reduce drug binding affinity, enhance enzymatic activity, or alter viral fitness. The development of cross-resistance within drug classes further complicates treatment selection. Genotypic and phenotypic resistance testing has become an essential component of clinical management, enabling individualized therapy adjustments based on the resistance profile. Notably, INSTIs such as dolutegravir and bictegravir exhibit a high genetic barrier to resistance, making them particularly valuable in both treatment-naïve and experienced populations.

Therapeutic optimization strategies focus on maximizing virologic suppression while minimizing toxicity and improving adherence. Fixed-dose combinations have simplified treatment regimens, reducing pill burden and enhancing patient compliance. Long-acting injectable formulations, such as cabotegravir and rilpivirine, represent a paradigm shift by offering sustained drug delivery with dosing intervals of weeks to months. These innovations address adherence challenges but require careful patient selection and monitoring for virologic rebound.

Pharmacokinetic variability among patients is influenced by factors such as age, genetic polymorphisms, organ function, and co-administered medications. Pharmacogenetic considerations, including HLA-B*5701 screening for abacavir hypersensitivity and CYP450 polymorphisms affecting drug metabolism, are integral to personalized therapy. Renal and hepatic impairment necessitate dose adjustments for certain agents, particularly NRTIs, to prevent accumulation and toxicity.

Safety profiles of antiretroviral drugs vary across classes and individual agents. NRTIs are associated with mitochondrial toxicity, leading to adverse effects such as peripheral neuropathy, pancreatitis, and myopathy. NNRTIs may cause rash, hepatotoxicity, and neuropsychiatric symptoms, with efavirenz notably linked to central nervous system disturbances. PIs contribute to metabolic syndrome, lipodystrophy, and cardiovascular risk, while INSTIs have been associated with weight gain and, in some cases, neuropsychiatric effects. Entry inhibitors may cause injection site reactions or hypersensitivity responses.

Toxicological considerations extend beyond individual drug effects to cumulative and long-term complications. Chronic exposure to antiretroviral therapy has been linked to accelerated aging, bone density loss, and renal dysfunction. Tenofovir disoproxil fumarate, for instance, is associated with nephrotoxicity and reduced bone mineral density, whereas tenofovir alafenamide demonstrates improved safety in these domains due to lower systemic exposure. Continuous monitoring of biomarkers, including renal function, lipid profiles, and bone health, is essential for early detection and management of adverse outcomes.

Drug-drug interactions represent a significant concern, particularly in patients with comorbid conditions requiring polypharmacy. The inhibition or induction of metabolic enzymes and transporters can alter drug exposure, leading to reduced efficacy or increased toxicity. Clinicians must carefully evaluate potential interactions, especially with medications such as anticoagulants, anticonvulsants, and proton pump inhibitors.

Patient-centered care approaches emphasize the integration of clinical, psychosocial, and behavioral factors into treatment planning. Adherence remains the cornerstone of successful therapy, influenced by regimen complexity, side

effects, stigma, and socioeconomic factors. Interventions such as counseling, digital adherence tools, and community support programs have demonstrated efficacy in improving treatment outcomes. Shared decision-making empowers patients to participate actively in their care, fostering trust and long-term engagement.

Special populations, including pregnant women, pediatric patients, and individuals with co-infections such as tuberculosis or hepatitis B and C, require tailored therapeutic strategies. In pregnancy, the goal is to maintain maternal health while preventing vertical transmission, necessitating careful selection of drugs with established safety profiles. Pediatric formulations must account for developmental pharmacokinetics and palatability. Co-infections complicate treatment due to overlapping toxicities and drug interactions, requiring coordinated management across disciplines.

Emerging research highlights the potential of novel therapeutic approaches, including broadly neutralizing antibodies, therapeutic vaccines, and gene-editing technologies aimed at achieving functional cure or viral eradication. While these strategies remain investigational, they represent a promising frontier in HIV treatment.

The comprehensive evaluation of anti-HIV drugs underscores the complexity of modern antiretroviral therapy, characterized by highly effective pharmacological agents, evolving resistance patterns, and the necessity for individualized, patient-centered care. Continued innovation, vigilant monitoring, and interdisciplinary collaboration are essential to optimize therapeutic outcomes, minimize toxicity, and address the dynamic challenges of HIV management.

The results of decades of clinical and translational research into antiretroviral therapy have yielded a robust evidence base that directly informs current clinical practice. This section synthesizes the key findings from major clinical trials, observational cohort studies, resistance databases, and pharmacokinetic investigations, followed by a discussion of their implications for the pharmacological management of HIV infection. The discussion integrates molecular mechanisms with clinical outcomes, resistance patterns with therapeutic optimization, and safety data with patient-centered care.

The first and most fundamental result from the modern era of antiretroviral therapy is that combination regimens containing three active drugs from at least two different classes can suppress plasma HIV RNA to below the limit of detection in the vast majority of treatment naive individuals. The landmark trials that established this paradigm include the ACTG 320 study, which demonstrated that the addition of a protease inhibitor to dual NRTI therapy dramatically reduced mortality and disease progression, and the START trial, which proved that early initiation of ART regardless of CD4 count improves clinical outcomes and reduces serious non-AIDS events. In contemporary practice, integrase inhibitor based regimens have consistently demonstrated superior virologic efficacy compared to protease inhibitor or NNRTI based regimens. The advance trials, for example, showed that dolutegravir combined with either tenofovir disoproxil fumarate plus emtricitabine or tenofovir alafenamide plus emtricitabine achieved virologic suppression rates exceeding ninety percent at forty eight weeks, with no significant differences between the two NRTI backbones. The bictegravir, emtricitabine, and tenofovir alafenamide single tablet regimen was noninferior to dolutegravir plus fixed dose

NRTIs in the phase three studies, with suppression rates of ninety two to ninety five percent at forty eight weeks. These results have been replicated in diverse populations, including women, adolescents, and individuals with high baseline viral loads. The efficacy of long acting injectable cabotegravir and rilpivirine was established in the ATLAS and FLAIR trials, where virologically suppressed patients switching to every eight week intramuscular injections maintained suppression rates comparable to daily oral therapy at ninety three to ninety four percent at forty eight weeks. These findings represent a major advance in therapeutic optimization, offering an alternative for patients with adherence challenges or pill fatigue.

Turning to the molecular mechanisms that underlie these clinical results, each drug class exerts its antiviral effect through distinct interactions with viral enzymes or entry processes. For NRTIs, the critical finding is that intracellular phosphorylation by host kinases is rate limiting for activity. Tenofovir alafenamide, as a prodrug specifically designed to deliver tenofovir efficiently to lymphocytes, achieves intracellular tenofovir diphosphate concentrations four to five fold higher than tenofovir disoproxil fumarate while reducing plasma tenofovir levels by more than ninety percent. This pharmacological feature explains the reduced renal and bone toxicity of tenofovir alafenamide without compromising virologic efficacy. The active triphosphate forms of NRTIs compete with natural deoxynucleoside triphosphates for incorporation by reverse transcriptase; however, the mitochondrial DNA polymerase gamma is also inhibited to varying degrees. Stavudine and didanosine have the highest affinity for polymerase gamma, correlating with their clinical toxicity profiles, whereas tenofovir, lamivudine, and abacavir have much lower affinity and correspondingly lower mitochondrial toxicity. For NNRTIs, structural biology studies have revealed that these drugs bind to a hydrophobic pocket approximately ten angstroms from the reverse transcriptase active site, inducing conformational changes that distort the catalytic aspartate residues. The flexibility of this binding pocket explains why single amino acid substitutions can drastically reduce drug binding. Efavirenz, for example, makes multiple contacts with residues including K103, Y181, and Y188; the K103N mutation introduces an asparagine that displaces water molecules and creates steric hindrance, reducing efavirenz binding affinity by over one hundred fold without impairing the enzyme's ability to bind natural substrates. Doravirine has a slightly different binding mode that maintains activity against some NNRTI resistant mutants, particularly K103N, although Y181C still confers significant resistance.

Protease inhibitors function as transition state mimics, binding to the active site of the viral protease with high affinity. The protease active site contains a catalytic dyad of aspartate residues that coordinate a water molecule to hydrolyze the peptide bond in Gag and Gag Pol polyproteins. Darunavir, a second generation protease inhibitor, forms extensive hydrogen bonds with the protease backbone, particularly with residues D29, D30, and D30' in the active site, as well as with the flap region. This high number of interactions underlies its high genetic barrier, as multiple mutations are required to disrupt enough binding contacts to confer clinically significant resistance. Atazanavir, in contrast, has a distinct chemical structure that allows once daily dosing and causes less dyslipidemia than other protease inhibitors, but it requires an acidic gastric environment for absorption and can cause indirect hyperbilirubinemia by inhibiting UDP glucuronosyltransferase. Ritonavir, originally developed as a protease inhibitor, is now almost exclusively used as a pharmacokinetic booster due to its potent inhibition of CYP3A4. The boosting effect increases the half-life of coadministered protease inhibitors from four to six hours to ten to fifteen hours, enabling twice or once daily dosing. However, ritonavir also inhibits other CYP enzymes and drug transporters, leading to a wide array of drug drug interactions that require careful management.

Integrase strand transfer inhibitors bind to the integrase active site and chelate the two divalent magnesium ions required for catalysis. The structural basis for the higher genetic barrier of dolutegravir and bictegravir compared to raltegravir and elvitegravir lies in their ability to interact with additional residues in the integrase enzyme, including S153 and the flexible loops around the active site. Dolutegravir has a slow dissociation rate from the integrase DNA complex, with a half life of approximately seventy two hours, meaning that even when drug levels fall below the inhibitory concentration, the enzyme remains blocked for an extended period. This pharmacodynamic property explains why dolutegravir based regimens maintain virologic suppression even with occasional missed doses, whereas raltegravir based regimens require strict adherence to prevent resistance. Cabotegravir, the long acting integrase inhibitor, has a similar high potency and slow dissociation but is formulated as a nanocrystal suspension for intramuscular injection, resulting in a terminal half-life of twenty five to thirty days. This allows dosing intervals of one to two months, although there is a risk of resistance emerging if doses are missed substantially, as demonstrated by cases of integrase resistance in patients who missed their injection appointments.

Resistance patterns derived from genotypic and phenotypic testing provide a detailed map of how HIV escapes drug pressure. The global prevalence of transmitted drug resistance varies by region and drug class. In North America and Europe, transmitted NRTI resistance occurs in approximately five to ten percent of new diagnoses, most commonly the M184V mutation conferring high level resistance to lamivudine and emtricitabine, and thymidine analogue mutations conferring resistance to zidovudine. Transmitted NNRTI resistance, particularly K103N, is observed in six to twelve percent of new diagnoses, driven by the historical widespread use of efavirenz and nevirapine. Transmitted integrase resistance is still rare, below one percent currently, but cases of dolutegravir associated mutations such as R263K have been reported. For people with acquired resistance due to prior treatment failure, the patterns are more extensive. The M184V mutation emerges rapidly under lamivudine or emtricitabine pressure, often within three to six months of incomplete adherence. This mutation reduces viral replication capacity by approximately fifty percent, which explains why patients with M184V often have lower viral loads and slower disease progression. Importantly, M184V hypersensitizes the virus to zidovudine and tenofovir, a phenomenon that has been clinically exploited by continuing lamivudine or emtricitabine even after resistance emerges, as it may preserve partial activity of the companion NRTIs. The K65R mutation, selected by tenofovir, abacavir, or didanosine, reduces susceptibility to all NRTIs except zidovudine and is associated with reduced replication capacity. In contrast, the Q151M complex, which emerges rarely but confers broad NRTI resistance, maintains near wild type replication capacity, making it clinically challenging. For NNRTIs, the Y181C mutation is selected by nevirapine and reduces susceptibility to all NNRTIs except etravirine, while K103N is selected by efavirenz and confers high level resistance to all first generation NNRTIs. The L100I mutation is associated with doravirine resistance. Protease inhibitor resistance requires the accumulation of multiple mutations over time. The common pathway begins with minor mutations such as L10I, K20M, and L33F, which partially restore viral fitness, followed by major mutations including V82A, I84V, and L90M. Darunavir, due to its extensive binding, requires at least three major protease mutations and often additional minor mutations to reduce susceptibility by more than ten fold. The integrase resistance pathway for raltegravir and elvitegravir typically involves one of three primary pathways: N155H, Q148H, or Y143R. The N155H pathway emerges first and confers intermediate level resistance, then additional mutations such as E92Q or G140S increase the resistance level. The Q148H pathway confers higher level resistance and is associated with reduced viral fitness. For dolutegravir and bictegravir, resistance requires the accumulation of

multiple mutations, most commonly Q148H plus G140S plus either E138K or L74M. The R263K mutation, selected in vitro by dolutegravir, confers low level resistance without impairing viral fitness and has been observed rarely in clinical failure cases.

The results of therapeutic optimization studies have led to clear recommendations for initial regimen selection and for switching strategies in treatment experienced patients. The preferred initial regimen for most adults and adolescents is an integrase inhibitor based combination, specifically dolutegravir plus tenofovir alafenamide or tenofovir disoproxil fumarate plus emtricitabine or lamivudine, or the coformulated bictegravir, emtricitabine, tenofovir alafenamide single tablet. These regimens achieve the highest rates of virologic suppression, have favorable tolerability profiles, and present a high barrier to resistance. For individuals with preexisting NRTI resistance or specific comorbidities, alternative regimens include dolutegravir plus abacavir and lamivudine, provided the patient is HLA B5701 negative and has no history of abacavir hypersensitivity, or boosted darunavir plus tenofovir alafenamide or tenofovir disoproxil fumarate plus emtricitabine. Doravirine plus tenofovir disoproxil fumarate and lamivudine is another alternative with a favorable lipid profile but a lower resistance barrier. For women of childbearing potential, dolutegravir is now considered safe during pregnancy based on updated data from the Tsepamo study, which found no increased risk of neural tube defects when dolutegravir is initiated after the first trimester and only a small absolute risk when initiated around conception. However, some guidelines still recommend alternative agents such as boosted darunavir for women who become pregnant while on dolutegravir until more data accumulate. In treatment experienced patients with virologic failure, the cornerstone of optimization is a genotypic resistance test performed while the patient is still on the failing regimen or within four weeks of stopping, as this allows detection of the mutations that emerged under drug pressure. Interpretation of the resistance test requires knowledge of the mutational patterns described above, and the Stanford HIV Drug Resistance Database provides an algorithm that scores each mutation and predicts susceptibility to each drug. In general, if two active drugs remain, a new regimen can be constructed; if only one or zero active drugs remain from the standard classes, newer agents such as fostemsavir, ibalizumab, or the investigational maturation inhibitor lenacapavir may be considered. The OPTIMA and BENCHMRK trials demonstrated that regimen optimization guided by resistance testing improves virologic outcomes compared to empiric switching.

The safety results from large cohorts and clinical trials reveal distinct toxicity profiles that must be balanced against efficacy. Renal toxicity is a well characterized adverse effect of tenofovir disoproxil fumarate, which accumulates in proximal tubular cells and causes mitochondrial injury. The risk factors include baseline renal impairment, low body weight, concurrent use of nephrotoxic medications such as nonsteroidal anti inflammatory drugs or aminoglycosides, and older age. In the GS US 311 and 312 studies, switching from tenofovir disoproxil fumarate to tenofovir alafenamide resulted in significant improvement in glomerular filtration rate, reduction in proteinuria and tubular markers such as beta two microglobulin, and improvement in bone mineral density at both hip and spine. The improvement in bone density was on the order of one to two percent at forty eight weeks, a modest but clinically meaningful change that reduces fracture risk over time. No differences in virologic efficacy were observed between the two tenofovir formulations. However, tenofovir alafenamide is associated with greater weight gain than tenofovir disoproxil fumarate, particularly when combined with dolutegravir. The ADVANCE trial reported a median weight gain of six kilograms at ninety six weeks for the group receiving dolutegravir plus tenofovir alafenamide and emtricitabine, compared to three kilograms for the group receiving dolutegravir plus tenofovir disoproxil fumarate and emtricitabine, and four kilograms for the group receiving efavirenz plus tenofovir disoproxil

fumarate and emtricitabine. The clinical significance of this weight gain is under active investigation, but it likely contributes to the already elevated cardiovascular risk in people with HIV. Abacavir, another NRTI, has been associated with increased risk of myocardial infarction in some but not all observational studies. The DAD study, a large prospective cohort, found a relative risk of approximately two for abacavir use and current myocardial infarction, but the mechanism remains unclear, and no difference in cardiovascular events was seen in the randomized ACTG 5202 trial. Given this uncertainty, abacavir is generally avoided in patients with high baseline cardiovascular risk. Hypersensitivity reactions to abacavir occur in five to eight percent of recipients in the absence of screening and manifest as fever, rash, gastrointestinal symptoms, and malaise, often worsening with each dose and potentially fatal upon rechallenge. The strong association with the HLA B5701 allele, which has a prevalence of approximately six percent in Caucasians and lower in other ethnicities, has enabled universal screening. With negative HLA B5701, the risk of hypersensitivity is less than one percent. Testing is now standard before initiating abacavir.

Protease inhibitors, particularly when boosted with ritonavir, cause metabolic disturbances that are dose and duration dependent. Atazanavir, despite being more lipid neutral than other protease inhibitors, causes a dose dependent unconjugated hyperbilirubinemia due to UGT1A1 inhibition, which is generally benign but may be mistaken for hepatotoxicity. Lopinavir, the protease inhibitor in the fixed dose combination lopinavir/ritonavir, causes significant gastrointestinal side effects including diarrhea in twenty to thirty percent of patients, often requiring antidiarrheal medications. Darunavir has a better gastrointestinal tolerability but similar metabolic effects. The mechanism of insulin resistance from protease inhibitors involves direct inhibition of GLUT4 translocation and possibly interference with insulin signaling at the level of IRS1. Clinically, new onset diabetes or hyperglycemia requiring treatment occurs in approximately five percent of patients on long term protease inhibitors. Baseline and periodic monitoring of fasting glucose is recommended. For dyslipidemia, protease inhibitors increase hepatic very low density lipoprotein production and decrease clearance, leading to elevations in triglycerides and cholesterol. The magnitude of triglyceride elevation can be substantial, exceeding five hundred milligrams per deciliter in some patients, with risk of pancreatitis. Statin therapy is often required, but drug interactions are complex because many statins are metabolized by CYP3A4, which is inhibited by boosted protease inhibitors. Pravastatin and rosuvastatin are preferred as they are less dependent on CYP3A4, but doses should be adjusted based on response and tolerance.

The central nervous system side effects of efavirenz are among the most studied toxicities. In the ENCORE1 trial, nearly fifty percent of participants reported neuropsychiatric symptoms in the first week of treatment, with approximately twenty percent experiencing persistent symptoms at forty eight weeks. Genetic polymorphisms in CYP2B6, the enzyme that metabolizes efavirenz, explain much of the interindividual variability. The CYP2B6 516G greater than T allele, common in African populations, reduces drug clearance and leads to supratherapeutic plasma levels, increasing the risk of central nervous system toxicity. Therapeutic drug monitoring to maintain efavirenz levels between one and four micrograms per milliliter can reduce toxicity without compromising efficacy. Despite these efforts, many patients cannot tolerate efavirenz, and its use has declined substantially in high income countries. Dolutegravir, while generally well tolerated, has been associated with insomnia in approximately three to five percent of patients in clinical trials, and headache in a similar proportion. In postmarketing surveillance, a small number of patients reported more severe neuropsychiatric effects including depression and suicidal ideation, but causality is difficult to establish. Rilpivirine has a low rate of central nervous system side effects, but its requirement

for a high fat meal to achieve adequate absorption and its low resistance barrier make it less preferred for first line therapy outside of specific contexts such as long acting injectable use.

Patient centered care approaches yield results that extend beyond virologic suppression to encompass quality of life, mental health, and prevention of transmission. The HPTN 052 study provided definitive evidence that early ART reduces sexual transmission of HIV by ninety six percent, establishing treatment as prevention. Subsequent studies, particularly the PARTNER and Opposites Attract studies, demonstrated zero linked transmissions among serodifferent couples when the HIV positive partner was virologically suppressed on ART, leading to the undetectable equals untransmittable or U equals U consensus. This scientific result has profound implications for reducing stigma, improving adherence motivation, and supporting the sexual and reproductive health of people living with HIV. The implementation of patient centered care, including shared decision making and adherence support, has been evaluated in numerous trials. The INSPIRE randomized controlled trial showed that a peer navigation intervention for people with HIV leaving incarceration improved linkage to care and viral suppression rates by fifteen percent compared to standard discharge planning. The use of electronic pill bottles with real time adherence monitoring and feedback has been shown to improve adherence by ten to twenty percent in some studies, though effects are not sustained after the intervention ends. Mobile health interventions, including text message reminders and smartphone applications, have modest but significant effects on adherence, with odds ratios for viral suppression ranging from one point five to two point zero. The cost effectiveness of these interventions varies, with simple text messaging being highly cost effective in low resource settings.

The integration of mental health treatment into HIV care yields improved outcomes for both conditions. In the REACH study, collaborative care for depression in HIV clinics, including a nurse care manager and psychiatric consultation, significantly improved depression remission rates and was associated with a trend toward improved viral suppression. Substance use disorders, particularly methamphetamine and opioid use, are associated with higher rates of ART nonadherence and virologic failure. Office based buprenorphine or methadone maintenance for opioid use disorder, delivered in the same clinic as HIV care, doubles the likelihood of viral suppression compared to referral to offsite substance abuse treatment. Needle and syringe programs and supervised injection facilities, though controversial, have been shown to reduce HIV transmission risk behaviors without increasing drug use. For stimulant use disorders, there are no FDA approved medications, but contingency management interventions, which provide tangible rewards for drug negative urine tests, have shown efficacy in reducing methamphetamine use and improving adherence to ART in randomized trials.

The aging of the HIV population has brought new patient centered challenges. People aged fifty and older now comprise nearly half of all people with HIV in the United States and Europe. The prevalence of multimorbidity, defined as two or more chronic conditions, is substantially higher in HIV positive individuals compared to HIV negative controls matched for age, sex, and risk factors. The most common comorbidities include cardiovascular disease, hypertension, chronic kidney disease, diabetes, osteoporosis, and nonalcoholic fatty liver disease. Polypharmacy, defined as the use of five or more medications, is present in over half of older people with HIV and increases the risk of drug drug interactions, adverse effects, and nonadherence. The management of polypharmacy requires careful medication reconciliation, deprescribing of unnecessary or duplicative drugs, and attention to potential interactions with antiretrovirals. For example, the use of proton pump inhibitors with rilpivirine or atazanavir reduces absorption and can lead to virologic failure. The use of statins with boosted protease inhibitors or cobicistat requires dose adjustment as described. Patient centered care for older

adults includes falls risk assessment, cognitive screening, and social support evaluation. Frailty, a syndrome of decreased physiologic reserve, is more common and occurs at younger ages in people with HIV, and interventions including resistance exercise and protein supplementation are under investigation.

The results of pharmacokinetic studies have important implications for special populations. Pregnancy induces significant physiological changes, including increased plasma volume, increased glomerular filtration rate, and altered hepatic enzyme activity. These changes can lower antiretroviral drug concentrations, potentially increasing the risk of virologic breakthrough or perinatal transmission. The IMPAACT P1026s study protocol has provided pharmacokinetic data for most antiretrovirals during pregnancy. Dolutegravir concentrations are approximately thirty percent lower during the second and third trimesters compared to postpartum, but the lower concentrations remain above the inhibitory quotient for wild type virus, and virologic efficacy is maintained. However, for raltegravir, the twice daily formulation is preferred over the original once daily dosing during pregnancy due to reduced exposure. Tenofovir alafenamide exposure is also reduced during pregnancy, but the active intracellular metabolite tenofovir diphosphate remains adequate. Protease inhibitors, particularly atazanavir and darunavir, often require increased doses or more frequent dosing during pregnancy, although boosted regimens with ritonavir help maintain therapeutic levels. Breastfeeding, while not recommended in resource rich settings where formula is safe and accessible, is practiced by many women in low resource settings. Antiretroviral drugs are excreted into breast milk, and the concentrations of tenofovir, emtricitabine, and lamivudine in breast milk can be high enough to provide infant preexposure prophylaxis. The PROMISE trial demonstrated that maternal ART during breastfeeding reduces postnatal HIV transmission to less than one percent. However, concerns about long term effects of infant exposure, such as potential mitochondrial toxicity or bone effects, remain, and follow up studies are ongoing.

In patients with renal impairment, dose adjustments are required for drugs that are renally cleared. Tenofovir disoproxil fumarate is contraindicated when creatinine clearance is below thirty milliliters per minute, while tenofovir alafenamide can be used down to fifteen milliliters per minute, though with caution. Emtricitabine and lamivudine require dose reduction when creatinine clearance is below fifty milliliters per minute, typically to one hundred fifty milligrams once daily for clearance between thirty and forty nine, and to one hundred fifty milligrams every forty eight hours for clearance between fifteen and twenty nine. Abacavir, dolutegravir, bictegravir, and rilpivirine do not require renal dose adjustment, making them attractive for patients with advanced kidney disease. In hepatic impairment, most antiretrovirals are safe to use, but caution is advised with drugs that undergo extensive hepatic metabolism. Nevirapine should not be used in patients with moderate or severe hepatic impairment due to risk of hepatotoxicity. Protease inhibitors can be used but may accumulate, and therapeutic drug monitoring can be considered. For patients with hepatitis B coinfection, ART must include drugs active against both viruses, specifically tenofovir or entecavir. Tenofovir alafenamide or tenofovir disoproxil fumarate plus emtricitabine or lamivudine are the preferred backbones because emtricitabine and lamivudine also have anti hepatitis B activity. Abrupt withdrawal of these agents can cause hepatitis B flares, sometimes fulminant, so patients coinfected should never stop antiretrovirals without monitoring. The management of hepatitis C coinfection has been transformed by direct acting antivirals, which cure hepatitis C in over ninety five percent of cases. Drug interactions between antiretrovirals and direct acting antivirals require attention. For example, the combination of elbasvir/grazoprevir with boosted protease inhibitors can increase grazoprevir levels, while sofosbuvir/velpatasvir/voxilaprevir can interact with certain

integrase inhibitors. Fortunately, many direct acting antivirals have minimal interactions with modern integrase inhibitors and tenofovir alafenamide, allowing concurrent treatment.

The discussion of these results must also address the limitations of current antiretroviral therapy and the ongoing challenges. Complete viral suppression eliminates the selection pressure that drives resistance, but it does not eradicate the proviral DNA integrated into host cells. Latent reservoirs, particularly in resting CD4 positive T cells, macrophages, and perhaps other cell types, persist indefinitely even with decades of suppressive therapy. The decay half life of the latent reservoir is approximately forty four months, meaning that it would take over seventy years of perfect suppression to eliminate the reservoir, longer than the human lifespan. This latent reservoir is the major barrier to an HIV cure. Strategies to eliminate the reservoir, termed shock and kill, aim to reactivate latent proviruses using latency reversing agents such as histone deacetylase inhibitors or protein kinase C agonists, then rely on the immune system or antiretroviral drugs to kill the reactivated cells. Results from trials of vorinostat, romidepsin, and other agents have shown that latency reversal is possible, as evidenced by increases in cell associated HIV RNA, but no trial has demonstrated significant reduction in the size of the reservoir or led to sustained off ART virologic control. Alternative approaches include block and lock, which uses agents such as didehydro cortistatin A to enforce deep latency, preventing viral reactivation without eliminating the provirus. Gene editing using CRISPR Cas9 to excise integrated proviral DNA has shown promise in animal models but faces delivery and off target challenges. Allogeneic stem cell transplantation from a donor with the CCR5 delta thirty two homozygous mutation, which confers resistance to most HIV strains, has cured two individuals, the Berlin patient and the London patient, but this approach is too risky and impractical for the general population. The Mississippi baby and the VISCONTI cohort demonstrate that very early ART initiation followed by treatment interruption can lead to post treatment control in rare individuals, but the mechanism is not well understood. These cure related results, while not ready for clinical application, provide hope and direction for future research.

Another limitation is the continued incidence of HIV infection despite the availability of effective prevention strategies. Oral preexposure prophylaxis or PrEP with emtricitabine and tenofovir disoproxil fumarate reduces the risk of HIV acquisition by over ninety nine percent when taken daily. The DISCOVER trial showed that tenofovir alafenamide and emtricitabine is noninferior to tenofovir disoproxil fumarate and emtricitabine for PrEP, with better bone and renal safety but higher weight gain. Long acting injectable cabotegravir for PrEP, studied in the HPTN 083 and HPTN 084 trials, demonstrated superiority over daily oral PrEP, with a sixty six percent lower incidence of HIV infection. Despite these highly effective biomedical tools, implementation challenges remain. Access to PrEP is inequitable, with disproportionately low uptake among young people, women, and racial and ethnic minorities at highest risk. Adherence to daily oral PrEP is challenging in many populations, and the utility of long acting cabotegravir may be limited by cost, injection requirements, and the risk of resistance if breakthrough infection occurs while drug levels are low. The results of the HPTN 084 trial in African women, who have been historically underrepresented in PrEP research, showed that cabotegravir every eight weeks reduced HIV incidence by eighty nine percent compared to daily oral PrEP, a dramatic result that has led to regulatory approval and WHO recommendation.

The safety profile of long acting cabotegravir for PrEP includes injection site reactions in a high proportion of recipients, though these are usually mild to moderate and decrease over time. There is a theoretical concern about the risk of integrase resistance if a person acquires HIV during the tail phase after missing an injection, because cabotegravir levels may be subtherapeutic and select for resistance. In the HPTN 083 trial, several participants who acquired HIV had integrase resistance mutations, emphasizing the need for careful

consideration of PrEP candidacy and the importance of HIV testing before each injection. For treatment, the long acting cabotegravir plus rilpivirine regimen has a similar safety profile, with injection site reactions in approximately eighty percent of participants in the ATLAS and FLAIR trials, leading to discontinuation in only one percent. The requirement for an oral lead in phase, where patients take oral cabotegravir and rilpivirine for four weeks to confirm tolerability before receiving injections, is a practical strategy to identify individuals who might have adverse reactions or malabsorption.

The discussion of patient centered care would be incomplete without addressing the social determinants of health that profoundly influence HIV outcomes. Poverty, housing instability, food insecurity, and lack of health insurance, transportation barriers, and limited health literacy are all associated with worse ART adherence, lower rates of viral suppression, and higher morbidity and mortality. In the United States, racial and ethnic disparities persist, with Black and Hispanic individuals having lower rates of viral suppression and higher rates of AIDS related deaths compared to white individuals, driven by structural racism, implicit bias, and unequal access to care. Community based participatory research and health system interventions that address social determinants, such as medical legal partnerships, food and nutrition programs, and housing first initiatives, have demonstrated improvements in viral suppression. The results of the Housing and Health study showed that providing rental assistance to homeless people with HIV led to a forty percent increase in viral suppression compared to standard care. Similarly, nutrition support programs in food insecure populations have been associated with improved adherence and immunologic recovery. These interventions require investment and political will, but they are essential components of comprehensive HIV care.

HIV a uniformly fatal disease to a manageable chronic condition for those who have access to modern antiretroviral therapy. The molecular mechanisms of each drug class are well understood and enable rational combination therapy. Resistance patterns, while complex, can be reliably interpreted and used to guide regimen selection. Therapeutic optimization has focused on integrase inhibitor based regimens, fixed dose combinations, and long acting formulations to improve efficacy, safety, and adherence. Safety profiles and toxicities are manageable with appropriate monitoring, switching strategies, and management of comorbidities. Patient centered care approaches that address adherence, mental health, substance use, aging related conditions, and social determinants are essential to achieve the full potential of antiretroviral therapy. The remaining challenges of reservoir persistence, continued new infections, and health inequities demand ongoing research and advocacy. Nevertheless, the comprehensive scientific discussion presented here affirms that the current armamentarium of anti HIV drugs, when deployed with pharmacological knowledge and human compassion, can end the HIV pandemic as a public health threat, even if a true cure remains on the horizon.

Building upon the preceding synthesis, deeper examination of contemporary antiretroviral therapy reveals an increasingly sophisticated interplay between virological suppression, host immune restoration, and long-term metabolic and organ-specific outcomes. One of the most consequential observations emerging from longitudinal cohort studies is that durable viral suppression achieved through optimized combination antiretroviral therapy is consistently associated with progressive immune reconstitution, primarily reflected by increases in CD4+ T-lymphocyte counts and partial normalization of immune activation markers. However, this restoration is often incomplete, particularly in patients who initiate therapy during advanced stages of infection. Persistent immune activation and low-grade inflammation, even under conditions of undetectable viral load, have been implicated in the pathogenesis of non-AIDS-defining comorbidities, including cardiovascular disease, neurocognitive impairment, and

malignancies. This phenomenon underscores the importance of early initiation of therapy, as recommended in current treatment paradigms, to limit irreversible immunological damage.

At the molecular level, the interaction between antiretroviral agents and host cellular pathways extends beyond their intended antiviral targets. For instance, mitochondrial dysfunction associated with certain nucleoside analogs is mediated through inhibition of mitochondrial DNA polymerase gamma, leading to depletion of mitochondrial DNA and impairment of oxidative phosphorylation. This mechanistic pathway has been linked not only to classical manifestations such as lactic acidosis but also to more subtle metabolic derangements, including altered adipocyte differentiation and lipodystrophy. The transition from earlier agents such as stavudine and didanosine to newer, less mitochondrially toxic agents has significantly reduced the incidence of these complications, yet the legacy effects in long-treated populations remain clinically relevant.

Integrase strand transfer inhibitors have demonstrated a comparatively favorable safety and resistance profile, yet emerging data indicate a potential association with weight gain and metabolic alterations. The mechanisms underlying this effect are not fully elucidated but may involve modulation of central appetite regulation, alterations in adipose tissue distribution, and differential effects on insulin sensitivity. Observational studies suggest that this phenomenon may be more pronounced in specific demographic groups, including women and individuals of African descent, raising important considerations regarding pharmacogenomic and socio-environmental determinants of drug response. The clinical implications of such weight gain, particularly in the context of pre-existing metabolic risk factors, necessitate ongoing surveillance and may influence regimen selection in certain populations.

Resistance evolution continues to present a dynamic challenge, particularly in settings with suboptimal adherence or limited access to resistance testing. The genetic plasticity of HIV allows for rapid selection of mutations that confer reduced susceptibility to one or more drug classes. In the context of reverse transcriptase inhibitors, mutations such as M184V and K65R significantly impact drug efficacy while also influencing viral fitness. Interestingly, certain resistance mutations may confer hypersusceptibility to other agents, a phenomenon that can be strategically exploited in regimen design. For example, the presence of M184V reduces viral replicative capacity and enhances susceptibility to tenofovir, thereby supporting its continued inclusion in salvage regimens despite partial resistance.

The concept of a genetic barrier to resistance has become central to therapeutic decision-making. Agents with a high genetic barrier, such as boosted protease inhibitors and second-generation integrase inhibitors, require multiple mutations for clinically significant resistance to develop, thereby providing a degree of forgiveness in the setting of imperfect adherence. This characteristic is particularly valuable in real-world settings, where adherence is influenced by a multitude of behavioral and structural factors. Nonetheless, even high-barrier agents are not immune to resistance under sustained selective pressure, emphasizing the need for adherence support and routine virological monitoring.

Pharmacokinetic enhancement strategies, while improving drug exposure and efficacy, introduce additional complexity into therapeutic management. The inhibition of hepatic and intestinal enzymes and transporters can lead to clinically significant interactions with a wide range of concomitant medications. In aging populations with HIV, where polypharmacy is increasingly common, the risk of adverse interactions is amplified. Comprehensive medication reconciliation and the use of interaction databases are essential components of safe prescribing practices. Moreover, the development of unboosted regimens and agents with minimal interaction potential represents a critical area of ongoing research.

The advent of long-acting antiretroviral formulations represents a transformative development in HIV care, with implications extending beyond pharmacology into behavioral and structural domains of healthcare delivery. Injectable formulations administered at monthly or bimonthly intervals offer an alternative to daily oral therapy, potentially improving adherence and reducing stigma associated with pill-taking. Clinical trials have demonstrated non-inferiority of these regimens in maintaining viral suppression; however, their implementation in routine practice requires careful consideration of factors such as patient preference, access to healthcare facilities for administration, and the management of missed doses. The pharmacokinetic tail associated with long-acting agents, during which subtherapeutic drug levels persist, poses a risk for resistance development if viral replication resumes, highlighting the importance of structured follow-up.

In parallel, research into novel delivery systems, including implantable devices and transdermal formulations, aims to further extend dosing intervals and enhance patient convenience. These approaches must address challenges related to drug stability, biocompatibility, and controlled release kinetics. Additionally, the integration of antiretroviral therapy with preventive strategies, such as pre-exposure prophylaxis, reflects a continuum of care that spans treatment and prevention, with shared pharmacological principles and overlapping drug classes.

Toxicity management has evolved from a reactive to a proactive paradigm, emphasizing risk stratification and early intervention. For example, the recognition of cardiovascular risk associated with certain protease inhibitors has led to the preferential use of agents with more favorable lipid profiles in patients with pre-existing risk factors. Similarly, the transition from tenofovir disoproxil fumarate to tenofovir alafenamide in many regimens reflects a deliberate effort to mitigate renal and bone toxicity while maintaining antiviral potency. Regular monitoring of renal function, bone mineral density, and metabolic parameters is now standard practice, enabling timely modification of therapy when necessary.

Neuropsychiatric effects associated with certain antiretroviral agents, particularly older non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors, have prompted increased attention to central nervous system penetration and off-target effects. While newer agents demonstrate improved tolerability, subtle cognitive and mood-related changes may still occur and can impact adherence and quality of life. Multidisciplinary management, including collaboration with mental health professionals, is essential in addressing these complex interactions between pharmacotherapy and neurobehavioral outcomes.

The patient-centered care model has gained prominence as a framework for optimizing treatment outcomes in HIV. This approach recognizes the heterogeneity of patient experiences and prioritizes individualized care plans that align with patient preferences, cultural contexts, and life circumstances. Social determinants of health, including access to care, housing stability, and stigma, play a critical role in shaping treatment adherence and outcomes. Interventions that extend beyond pharmacological considerations, such as community-based support programs and digital health technologies, have demonstrated efficacy in addressing these broader determinants.

In resource-limited settings, the challenges of drug availability, infrastructure, and diagnostic capacity necessitate pragmatic approaches to treatment. The use of standardized regimens with high efficacy and tolerability, coupled with simplified monitoring strategies, has enabled substantial progress in global HIV control. However, disparities in access to newer agents and resistance testing persist, underscoring the need for continued investment in healthcare systems and equitable distribution of innovations.

Special populations continue to require nuanced therapeutic strategies. In individuals co-infected with tuberculosis, the induction of hepatic enzymes by rifampicin complicates the use

of certain antiretroviral agents, necessitating dose adjustments or alternative regimens. In hepatitis B co-infection, the inclusion of agents with dual activity against both viruses is essential to prevent hepatic flares. In pediatric populations, developmental pharmacokinetics and the need for age-appropriate formulations present unique challenges, while in older adults, comorbidities and polypharmacy demand careful balancing of efficacy and safety.

Emerging therapeutic modalities, including latency-reversing agents, immune checkpoint inhibitors, and gene-editing technologies such as CRISPR-Cas systems, are being explored as components of curative strategies. These approaches aim to target the latent viral reservoir, which remains the principal barrier to eradication. While early results are promising, significant challenges related to specificity, delivery, and safety must be addressed before these strategies can be translated into clinical practice.

It becomes evident that the management of HIV infection has transitioned into a highly specialized field characterized by rapid innovation and increasing complexity. The integration of pharmacological, immunological, and socio-behavioral dimensions is essential for achieving optimal outcomes. Future directions will likely focus on further simplification of therapy, reduction of long-term toxicity, and the pursuit of functional cure strategies, while maintaining a steadfast commitment to patient-centered care and global equity in access to treatment.

Further expansion of the scientific discourse on anti-HIV pharmacotherapy necessitates a detailed consideration of the virological reservoir, immunological heterogeneity among treated individuals, and the long-term systemic consequences of chronic antiretroviral exposure. Despite the remarkable success of combination antiretroviral therapy in achieving durable suppression of plasma viremia, the persistence of latent viral reservoirs within resting CD4+ T cells and other anatomical sanctuaries remains the principal barrier to viral eradication. These reservoirs are established early during infection and are characterized by transcriptionally silent, replication-competent proviruses that evade both immune surveillance and pharmacological intervention. The stability and longevity of these reservoirs are sustained by homeostatic proliferation and clonal expansion of infected cells, processes that are not directly targeted by current antiretroviral agents. Consequently, lifelong therapy is required to maintain viral suppression, and interruption of treatment invariably leads to rapid viral rebound.

The anatomical distribution of HIV reservoirs further complicates therapeutic eradication. Lymphoid tissues, the gastrointestinal tract, the central nervous system, and genital compartments serve as sites of viral persistence with variable drug penetration. Pharmacokinetic studies have demonstrated that certain antiretroviral agents achieve suboptimal concentrations in these compartments, potentially allowing low-level viral replication or maintenance of latency. The blood-brain barrier, in particular, restricts the entry of many drugs, raising concerns regarding the adequacy of central nervous system viral suppression. This has led to the development of central nervous system penetration-effectiveness scoring systems to guide regimen selection in patients with neurocognitive symptoms. However, the relationship between drug penetration, viral suppression in sanctuary sites, and clinical outcomes remains complex and not fully delineated.

Immunologically, treated HIV infection is characterized by persistent dysregulation, even in the context of effective viral suppression. Chronic immune activation, driven by factors such as microbial translocation from the gut, co-infections, and residual viral expression, contributes to immune exhaustion and impaired function of both innate and adaptive immune cells. Elevated levels of inflammatory cytokines and activation markers have been associated with increased morbidity and mortality, independent of viral load. This has prompted investigation into adjunctive therapies aimed at modulating immune activation, including anti-inflammatory agents, probiotics, and interventions targeting the gut microbiome. While these approaches hold promise, their integration into routine clinical practice requires robust evidence from large-scale trials.

The pharmacogenomic landscape of antiretroviral therapy continues to expand, offering opportunities for further personalization of treatment. Genetic polymorphisms affecting drug metabolism, transport, and immune response can significantly influence both efficacy and toxicity. Beyond well-established markers such as HLA-B*5701, emerging evidence highlights the role of variants in genes encoding cytochrome P450 enzymes, drug transporters such as P-glycoprotein, and nuclear receptors regulating drug metabolism. These genetic factors may account for interindividual variability in drug exposure and adverse event profiles, particularly in diverse populations. The integration of pharmacogenomic testing into clinical workflows has the potential to optimize drug selection and dosing, although cost-effectiveness and accessibility remain limiting factors in many settings.

Another critical dimension of antiretroviral therapy is its interaction with metabolic pathways and the endocrine system. Long-term exposure to certain agents has been associated with alterations in lipid metabolism, glucose homeostasis, and adipose tissue distribution. The pathophysiology of these changes involves complex interactions between drug effects on adipocytes, mitochondrial function, and inflammatory signaling pathways. Lipodystrophy, once a prominent complication of earlier regimens, has become less common with newer agents but has not been entirely eliminated. The redistribution of fat, particularly visceral adiposity, contributes to increased cardiovascular risk and may have psychosocial implications affecting patient adherence and quality of life.

Cardiovascular disease has emerged as a leading cause of morbidity among individuals living with HIV, reflecting both traditional risk factors and HIV-specific mechanisms. Chronic inflammation, immune activation, and direct effects of certain antiretroviral drugs on lipid profiles and endothelial function contribute to accelerated atherosclerosis. Clinical management requires a comprehensive approach that includes risk assessment, lifestyle modification, and pharmacological interventions such as statins. The selection of lipid-lowering agents must account

for potential drug-drug interactions with antiretroviral therapy, particularly in regimens involving pharmacokinetic boosters.

Renal and bone health are also significant considerations in long-term therapy. The nephrotoxic potential of certain nucleotide analogs is mediated through proximal tubular dysfunction, leading to conditions such as Fanconi syndrome and chronic kidney disease. Advances in drug formulation have reduced these risks, yet vigilant monitoring remains essential, especially in patients with pre-existing renal impairment or concomitant nephrotoxic medications. Bone mineral density loss, associated with both HIV infection and specific antiretroviral agents, increases the risk of fractures and osteoporosis. The mechanisms involve altered calcium and phosphate metabolism, direct effects on osteoblast and osteoclast activity, and chronic inflammation. Preventive strategies include vitamin D supplementation, lifestyle interventions, and, in selected cases, pharmacological treatment with bisphosphonates.

The evolution of resistance in the context of long-term therapy continues to be shaped by both virological and behavioral factors. While the introduction of high-barrier agents has reduced the incidence of resistance in treatment-naïve populations, transmitted drug resistance remains a concern in certain regions. Surveillance programs are essential to monitor resistance patterns and inform public health strategies. In treatment-experienced patients, the accumulation of resistance mutations can severely limit therapeutic options, necessitating the use of novel agents with activity against resistant strains. The development of drugs targeting new viral components or utilizing alternative mechanisms of action is therefore a priority in the research pipeline.

Adherence remains a cornerstone of effective HIV management, yet it is influenced by a complex interplay of factors including regimen characteristics, patient beliefs, mental health, and structural barriers. Simplification of therapy through fixed-dose combinations and long-acting formulations has improved adherence rates, but challenges persist, particularly in marginalized populations. Digital health interventions, including mobile applications, electronic reminders, and telemedicine, have shown promise in supporting adherence and engagement in care. These technologies enable real-time monitoring and personalized feedback, enhancing the ability of healthcare providers to intervene proactively.

The integration of HIV care with broader health services is increasingly recognized as essential for addressing the multifaceted needs of patients. Co-management of comorbid conditions, including non-communicable diseases, mental health disorders, and substance use, requires coordinated, multidisciplinary approaches. The concept of differentiated service delivery, which tailors care models to the needs and preferences of specific patient groups, has gained traction in both high-

and low-resource settings. This approach aims to optimize resource utilization while maintaining high-quality care.

From a public health perspective, the widespread implementation of antiretroviral therapy has had a profound impact on HIV transmission dynamics. The concept of treatment as prevention, supported by robust evidence demonstrating that individuals with sustained viral suppression do not transmit the virus sexually, has transformed prevention strategies. This paradigm shift emphasizes the dual benefit of therapy for individual health and population-level control of the epidemic. However, achieving universal access to testing and treatment remains a significant challenge, particularly in resource-limited settings.

Ethical considerations are integral to the ongoing evolution of HIV therapy. Issues related to access, equity, and the prioritization of resources must be addressed to ensure that advances in treatment benefit all populations. The high cost of newer agents and technologies poses barriers to widespread implementation, necessitating innovative financing mechanisms and global collaboration. Additionally, the conduct of clinical research in diverse populations must adhere to principles of equity and inclusivity to ensure that findings are generalizable and applicable across different demographic groups.

The future trajectory of HIV pharmacotherapy is likely to be shaped by continued innovation in drug design, delivery systems, and curative strategies. Advances in structural biology and computational modeling are enabling the development of agents with enhanced potency, specificity, and resistance profiles. The exploration of combination approaches that integrate antiretroviral therapy with immunomodulatory or gene-based interventions represents a promising avenue toward achieving sustained remission or cure.

The field of anti-HIV drug therapy is characterized by a dynamic and evolving interplay between virological suppression, host biology, and broader social and health determinants. The continued refinement of therapeutic strategies, informed by emerging scientific evidence and guided by principles of patient-centered care, will be essential in addressing the remaining challenges and advancing toward the ultimate goal of ending the HIV epidemic.

The emergence of novel agents and the maturation of clinical data from large cohorts continue to reshape the landscape of HIV therapy. This section expands the discussion beyond the foundational drug classes to incorporate the latest evidence on first-in-class agents, cutting-edge resistance profiles, and the practical outcomes of modern antiretroviral strategies, with a particular focus on heavily treatment-experienced populations and the challenges of long-term toxicity.

First-in-Class Agents and the Evolution of the Antiretroviral Armamentarium

The introduction of lenacapavir marks a paradigm shift in the treatment of multidrug-resistant HIV. As a first-in-class HIV-1 capsid inhibitor, lenacapavir uniquely targets the viral capsid, interfering with multiple stages of the viral life cycle, including nuclear import, virion assembly,

and capsid core disassembly. This novel mechanism of action effectively bypasses resistance mutations that have accumulated against reverse transcriptase, protease, and integrase inhibitors, making it a vital option for heavily treatment-experienced (HTE) individuals with limited remaining therapeutic choices.

The phase 2/3 CAPELLA study has provided robust long-term evidence for the efficacy and safety of lenacapavir in this difficult-to-treat population. The study enrolled 72 participants, a cohort characterized by advanced disease and extensive pretreatment. At baseline, 64% of participants had a CD4 cell count below 200 cells/μL, and 22% had a CD4 count below 50 cells/μL. At week 156, 61% of participants achieved HIV-1 RNA levels below 50 copies/mL by the FDA Snapshot Algorithm, a rate that increased to 85% in the missing-excluded analysis. This substantial suppression was accompanied by robust immune reconstitution, with a mean CD4 cell count increase of 164 cells/μL from baseline. The immunological gains in this highly treatment-experienced cohort highlight lenacapavir's capacity to not only halt viral replication but also restore host defenses after years of uncontrolled viremia and declining T-cell counts.

Regarding the safety profile, lenacapavir was generally well tolerated over the three-year period. Injection site reactions were the most common adverse event; however, these were predominantly Grade 1 or 2 in severity, and their frequency declined over time. Only two participants discontinued lenacapavir due to injection site nodules. The analysis of resistance emergence is particularly instructive. Treatment-emergent capsid resistance mutations were observed in 14 participants, primarily comprising mutations such as M66I, Q67H/K/N, K70H/N/R/S, and N74D/H/K. Importantly, these resistance events were predominantly a consequence of functional lenacapavir monotherapy, arising when the companion drugs in the optimized background regimen lacked full activity. In half of the participants who developed lenacapavir resistance, continued treatment with lenacapavir alongside a revised, active background regimen led to resuppression of HIV RNA. These findings reinforce a core principle of antiretroviral stewardship: even the most potent and novel agents must be deployed as part of a fully suppressive combination regimen. Lenacapavir is a powerful tool, but it is not a standalone solution and requires careful construction of a companion background regimen to prevent the emergence of capsid mutations.

The developmental pathway for islatravir, a novel nucleoside reverse transcriptase translocation inhibitor, has also yielded significant new data. After a clinical hold due to observed lymphopenia, research has progressed with lower doses, leading to new phase 3 findings. The MK-8591A-053 trial evaluated the once-daily, two-drug regimen of doravirine and islatravir against the current standard of care, bictegravir/emtricitabine/tenofovir alafenamide (BIC/FTC/TAF), in treatment-naïve adults. The trial met its primary efficacy endpoint, demonstrating non-inferiority at week 48, with virologic suppression rates of 91.8% for DOR/ISL and 90.6% for BIC/FTC/TAF. This is a notable achievement, as it represents the first non-integrase strand transfer inhibitor-based, two-drug regimen to match the performance of a gold-standard three-drug integrase inhibitor regimen in the first-line setting. DOR/ISL offers a tenofovir-free and integrase inhibitor-free alternative for initial therapy.

Further demonstrating the versatility of islatravir, a phase 2 trial has shown encouraging results for a once-weekly oral regimen combining islatravir with lenacapavir. In virologically suppressed adults, this weekly combination maintained high rates of suppression at week 48, with 94.2% of participants maintaining an HIV RNA viral load of less than 50 copies/mL. This regimen is comparable to the suppression rates seen in participants who continued on daily BIC/FTC/TAF (92.3%). The efficacy of a weekly oral regimen is a potentially transformative simplification strategy that could dramatically reduce pill burden and circumvent adherence

challenges associated with daily therapy. The results have led to an ongoing phase 3 study to confirm these findings in a larger and more diverse population.
The maturation inhibitor class is also experiencing a revival, with new data on GSK3640254. The DOMINO phase 2b trial evaluated the efficacy and safety of GSK3640254 in combination with two NRTIs in treatment-naïve adults. At week 24, the 150 mg dose of GSK3640254 performed well, with 91% of participants achieving HIV-1 RNA less than 50 copies/mL, which compared favorably to the 92% observed in the dolutegravir-containing control group, albeit the study was not designed to test non-inferiority. Crucially, no treatment-emergent resistance to GSK3640254 was detected in this study. These results support the further evaluation of maturation inhibitors as a new class. The DYNAMIC trial, evaluating GSK3640254 plus dolutegravir as a two-drug regimen in treatment-naïve adults, also met its primary endpoints and reinforced the favorable tolerability of the maturation inhibitor with no major safety issues identified. Maturation inhibitors, with their unique mechanism of blocking Gag polyprotein cleavage, provide a welcome addition to the roster of antiretroviral targets.
For the most difficult-to-treat patients, real-world data on fostemsavir and ibalizumab continue to accrue. An analysis of the US OPERA cohort examined outcomes in 182 individuals initiating fostemsavir. The study found that while virological response in viremic individuals was modest, with just under half of those with a high baseline CD4 count achieving suppression, fostemsavir was effective in maintaining suppression in those who were already virologically suppressed at baseline, with the suppressed low CD4 group showing a median CD4 increase of 66 cells/μL at 12 months. This suggests that the primary benefit of fostemsavir in the real world may be to maintain suppression and facilitate immune recovery in those with limited options, rather than serving as a potent agent for reducing high-level viremia. The PROMISE-US registry is similarly providing real-world data on ibalizumab, with baseline data showing that its use is associated with patients who have higher viral loads and declining CD4 counts. The registry aims to provide long-term efficacy and safety data on this intravenous monoclonal antibody.

Resistance in the Modern Era: Lessons from the Stanford Database
The latest update to the Stanford HIV Drug Resistance Database continues to refine our understanding of resistance patterns. For integrase inhibitors, the database's resistance notes confirm the high genetic barrier of second-generation agents. The major INSTI-resistance mutations consensus includes E138K, G140S, Q148H, and N155H, among others. However, the impact of these mutations differs widely by drug. For example, the Q148H mutation confers high-level resistance to raltegravir and elvitegravir but only reduces susceptibility to dolutegravir and bictegravir when present with at least one additional mutation like G140S. The database highlights the importance of accessory mutations, such as A49G and M50I, which can synergize with major mutations to increase resistance levels and are becoming more frequently selected. Ongoing surveillance data from Kenya show the persistent prevalence of major resistance mutations, including M184V and K103N, in patients failing first-line therapy, underscoring the continued need for resistance testing to guide regimen switches in resource-limited settings.

Long-Acting Prevention and Evolving Safety Concerns
The application of long-acting agents for prevention has also advanced significantly. Two randomized trials, HPTN 083 and HPTN 084, have demonstrated that long-acting cabotegravir administered every eight weeks is superior to daily oral TDF/FTC for HIV pre-exposure prophylaxis in cisgender men, transgender women, and cisgender women. Effectiveness

modeling based on these trials has shown that the relative effectiveness of CAB-LA is substantially greater in populations where adherence to daily oral PrEP is challenging, as predicted effectiveness for oral TDF/FTC was only 47% in one trial population. These findings are critically important for curbing new infections, particularly among young women and other groups who face barriers to daily pill-taking. In an extension of HPTN 083, 96% of participants chose to receive CAB-LA over daily oral PrEP, demonstrating a strong patient preference for the long-acting modality.

Concurrently, the medical community is grappling with the recognition of weight gain as a significant adverse effect of modern ART. The ADVANCE trial data now suggest a clear hierarchy of weight gain, with the combination of tenofovir alafenamide and dolutegravir having the greatest effect, particularly among women. This has spurred phase IV research, such as the PASO DOBLE study in Spain, designed to evaluate metabolic effects and help clinicians optimize regimens to mitigate cardiometabolic risk. Furthermore, a study in South Africa is investigating genetic associations with weight gain among individuals on dolutegravir-containing regimens, which may ultimately allow for the identification of patients at highest risk prior to treatment initiation.

The RESPOND cohort collaboration is providing detailed epidemiological data on non-AIDS comorbidities. Analyses from this large, multicenter prospective cohort have provided crucial insights into cancer and cardiovascular outcomes in people with HIV. One study found that even with sustained virological suppression for more than two years, people with HIV who have poorer immune recovery experience a significantly higher incidence of cancer, indicating that incomplete CD4 restoration, often due to late initiation of treatment, is an independent risk factor for malignancy. Another important RESPOND analysis investigated whether HIV viremia independently predicts cardiovascular disease. The findings suggested that HIV viremia was not an independent predictor after adjusting for known risk factors, refocusing attention on traditional cardiovascular risk factors, such as smoking, dyslipidemia, and hypertension, as the primary drivers of cardiac disease in the aging HIV population. These findings are critical for guiding preventive care, counseling patients on smoking cessation, and managing hypertension and lipids.

Future Directions

The emerging agents and data discussed here strongly indicate a future of HIV care defined by personalization, simplification, and holistic management of long-term health. The therapeutic pipeline features promising dual-target inhibitors, such as molecules that simultaneously occupy the non-nucleoside inhibitor binding pocket and an adjacent site on reverse transcriptase, demonstrating favorable resistance profiles and reduced vulnerability to single-point mutations. The continued refinement and approval of two-drug regimens, like DOR/ISL, and long-acting oral weekly maintenance with ISL/LEN offer a glide path towards reducing the chemical burden and polypharmacy that characterizes chronic HIV care.

Accordingly embracing these patient-centered approaches, the clinical application of the impressive pharmacological tools now available can be maximized, ensuring the benefits of modern antiretroviral therapy are extended to all individuals in an equitable, safe, and humane manner. The ongoing integration of clinical trial data from special populations, the refinement of prevention strategies, and the proactive management of the long-term sequelae of both the virus and its treatment continue to define the frontier of comprehensive HIV care.

Conclusion

- The comprehensive scientific discussion of anti-HIV drugs reveals a field that has matured from desperate monotherapy to sophisticated, patient-centered combination regimens. The pharmacological landscape now encompasses six distinct drug classes, each targeting a critical step in the viral life cycle, from entry inhibition through capsid disruption. Nucleoside reverse transcriptase inhibitors, non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors, protease inhibitors, integrase strand transfer inhibitors, entry inhibitors, and the novel capsid inhibitor lenacapavir collectively provide multiple mechanisms of action that, when combined, achieve durable virologic suppression in the vast majority of treated individuals.
- The molecular mechanisms underlying these drugs have been elucidated in remarkable detail, from the chain termination activity of nucleoside analogues to the allosteric inhibition of reverse transcriptase by non-nucleoside agents, from the transition-state mimicry of protease inhibitors to the magnesium chelation by integrase strand transfer inhibitors. This mechanistic understanding has enabled rational drug design and the development of second-generation agents, such as dolutegravir and bictegravir, which possess high genetic barriers to resistance and favorable tolerability profiles. Despite these advances, resistance remains a persistent challenge, driven by HIV's high mutation rate, recombination capacity, and the selection pressure imposed by suboptimal adherence. The Stanford HIV Drug Resistance Database continues to inform clinical practice by cataloging mutational patterns and predicting phenotypic susceptibility, enabling genotype-guided regimen construction.
- Therapeutic optimization has evolved toward simplification, with fixed-dose combinations, once-daily dosing, and long-acting injectable formulations such as cabotegravir plus rilpivirine. The GEMINI trials and similar studies have validated two-drug regimens in both treatment-naïve and virologically suppressed populations, reducing pill burden and cumulative drug exposure without compromising efficacy. Safety profiles have improved substantially with the replacement of older toxic agents, yet concerns remain regarding weight gain, metabolic disturbances, renal and bone toxicity, and central nervous system effects. Tenofovir alafenamide offers improved renal and bone safety compared to tenofovir disoproxil fumarate, but at the cost of greater weight gain and lipid elevations. Integrase inhibitors, while highly effective, are associated with neuropsychiatric symptoms and significant weight increases, particularly in women.
- The success of antiretroviral therapy depends on patient-centered care approaches that address adherence, mental health, substance use, aging-related comorbidities, and social determinants of health. The undetectable equal's untransmittable message has transformed prevention and reduced stigma. As people with HIV live longer, the focus must shift to managing polypharmacy, frailty, cardiovascular risk, and cognitive health. The goal is no longer merely viral suppression but restoration of full healthspan and quality of life. Ongoing research into reservoir eradication, therapeutic vaccines, and gene editing offers hope for a cure, but until then, optimized antiretroviral therapy delivered with compassion and respect remains the cornerstone of the global HIV response. The future lies in personalizing regimens to individual needs, embracing simplification, and integrating HIV care into comprehensive chronic disease management.

Recommendations

- Based on the comprehensive scientific discussion of anti-HIV drugs, the following recommendations are proposed for clinical practice, research, and public health policy. In clinical practice, initial antiretroviral therapy should preferentially consist of an integrase strand transfer inhibitor-based regimen, specifically dolutegravir or bictegravir combined with two

nucleoside reverse transcriptase inhibitors, preferably tenofovir alafenamide and emtricitabine or lamivudine, given the high efficacy, favorable tolerability, and high genetic barrier to resistance. For individuals with pre-existing resistance, baseline genotypic resistance testing is mandatory, and regimens should be constructed using the Stanford HIV Drug Resistance Database to interpret mutational patterns. In virologically suppressed patients, switching to two-drug regimens such as dolutegravir plus lamivudine or long-acting injectable cabotegravir plus rilpivirine should be considered to reduce pill burden and cumulative drug exposure, while ensuring that no archived resistance mutations compromise the simplified regimen.

- For safety monitoring, all people with HIV should undergo regular assessment of renal function, bone mineral density, fasting lipids, and glucose, with particular attention to those receiving tenofovir disoproxil fumarate, boosted protease inhibitors, or dolutegravir. Tenofovir alafenamide is recommended over tenofovir disoproxil fumarate in patients with baseline renal impairment or osteoporosis, whereas tenofovir disoproxil fumarate may be considered in those with favorable renal and bone status but concern for weight gain or dyslipidemia. Universal screening for the HLA B5701 allele is strongly recommended before initiating abacavir to prevent hypersensitivity reactions. For women of childbearing potential, dolutegravir can be used but with pregnancy testing before initiation or careful discussion of the small neural tube defect risk if conception occurs around the time of treatment initiation.
- Patient-centered care requires routine screening for mental health disorders, substance use, and social determinants of health, with integrated services including peer navigation, adherence support, and housing assistance where needed. For aging populations, proactive management of polypharmacy, falls risk, frailty, and cardiovascular risk factors is essential, including deprescribing of unnecessary medications and use of statins with minimal drug-drug interactions such as pravastatin or rosuvastatin.
- For research priorities, further investigation is needed into the mechanisms of integrase inhibitor-associated weight gain, the long-term safety of long-acting injectable regimens, and strategies to reduce the latent reservoir. Finally, public health efforts must expand equitable access to pre-exposure prophylaxis, including long-acting cabotegravir, and to modern antiretroviral therapy in low-resource settings, while combating stigma and ensuring that undetectable equals untransmittable messaging reaches all communities. These recommendations, when implemented collaboratively, will optimize outcomes for all people living with or at risk for HIV.

References

Carr A, Cooper DA. Adverse effects of antiretroviral therapy. Lancet. 2000;356:1423–1430.

Carr A. Toxicity of antiretroviral therapy. Nat Rev Drug Discov. 2003;2:624–634.

Margolis AM, Heverling H, Pham PA, Stolbach A. Toxicity of HIV medications. J Med Toxicol. 2014;10:26–39.

Fernandez-Montero JV, et al. Antiretroviral drug-related toxicities. Expert Opin Drug Saf. 2013;12:697–707.

Otto AO, Rivera CG, Zeuli JD, Temesgen Z. Hepatotoxicity of antiretroviral drugs. Cells. 2021;10:1263–1275.

Hoetelmans RM. Pharmacology of antiretroviral drugs. Antivir Ther. 1999;4:29–41.

Pau AK. Antiretroviral therapy: current drugs. Clin Infect Dis. 2014;59:S1–S10.

Rodríguez-Nóvoa S, et al. Pharmacogenetics of HIV therapy. Pharmacogenomics J. 2006;6:234–245.

Günthard HF, et al. Antiretroviral therapy for HIV infection. JAMA. 2016;316:191–210.

Saag MS, et al. Antiretroviral drugs for treatment and prevention. JAMA. 2018;320:379–396.

De Clercq E. Antiviral drug discovery. Nat Rev Drug Discov. 2013;12:87–98.

Richman DD. HIV chemotherapy. Nature. 2001;410:995–1001.

Palella FJ, et al. Declining morbidity and mortality. N Engl J Med. 1998;338:853–860.

Flexner C. HIV drug development. Nat Rev Drug Discov. 2007;6:959–966.
Arts EJ, Hazuda DJ. HIV-1 antiretroviral drug therapy. Cold Spring Harb Perspect Med. 2012;2:a007161.
Deeks SG, et al. HIV infection. Lancet. 2015;386:217–238.
Gulick RM. Antiretroviral therapy 2020. JAMA. 2020;324:1651–1669.
Clavel F, Hance AJ. HIV drug resistance. N Engl J Med. 2004;350:1023–1035.
Menéndez-Arias L. Mechanisms of resistance. Virus Res. 2013;177:52–63.
Wensing AM, et al. HIV drug resistance update. Top Antivir Med. 2019;27:111–121.
Rhee SY, et al. HIV-1 resistance mutations. PLoS Med. 2015;12:e1001817.
Lewis W. Mitochondrial toxicity of nucleoside reverse transcriptase inhibitors. Clin Infect Dis. 2005;41:S211–S219.
Nolan D, Mallal S. Genetic risk of toxicity. Lancet. 2004;363:123–125.
Fichtenbaum CJ. Metabolic complications of antiretroviral therapy. AIDS. 2002;16:S45–S53.
Friis-Møller N, et al. Cardiovascular disease risk in HIV patients. N Engl J Med. 2003;349:1993–2003.
Lake JE, Currier JS. Metabolic disease in HIV infection. Lancet Infect Dis. 2013;13:964–975.
Hammer SM, et al. Treatment for adult HIV infection. JAMA. 2006;296:827–843.
Günthard HF, et al. HIV treatment recommendations. Lancet HIV. 2016;3:e361–e387.
Sax PE, et al. Integrase inhibitor-based therapy. Lancet. 2017;390:2073–2082.
Raffi F, et al. Dolutegravir efficacy and safety. Lancet. 2013;381:735–743.
Molina JM, et al. Tenofovir-based PrEP. N Engl J Med. 2015;373:2237–2246.
Swindells S, et al. Long-acting cabotegravir therapy. N Engl J Med. 2020;382:1112–1123.
Margolis DA, et al. Injectable antiretroviral therapy. Lancet. 2017;390:1499–1510.
Orkin C, et al. Long-acting regimens in HIV. Lancet HIV. 2020;7:e835–e847.
Townsend CL, et al. HIV in pregnancy outcomes. AIDS. 2014;28:1041–1049.
Siberry GK. Pediatric antiretroviral toxicity. J Infect Dis. 2012;205:S197–S206.
Marzolini C, et al. Drug-drug interactions in HIV therapy. Clin Infect Dis. 2010;50:141–148.
Piscitelli SC. Pharmacokinetics of antiretrovirals. Clin Pharmacokinet. 2001;40:527–544.
Samji H, et al. Life expectancy of HIV patients. PLoS One. 2013;8:e81355.
UNAIDS. Global HIV report. 2024.
World Health Organization. Consolidated HIV treatment guidelines. 2023.
Panel on Antiretroviral Guidelines for Adults and Adolescents. Guidelines for the use of antiretroviral agents. 2024.
Centers for Disease Control and Prevention. HIV surveillance report. 2023.
Liverpool HIV Drug Interactions Group. HIV drug interactions database. 2024.
European AIDS Clinical Society. Guidelines version 2023.
Gupta RK, et al. Global trends in HIV drug resistance. Lancet Infect Dis. 2018;18:346–355.
Venter WDF, et al. Dolutegravir safety profile. Lancet HIV. 2019;6:e347–e356.
Stellbrink HJ. Lipodystrophy syndrome in HIV. AIDS Rev. 2007;9:45–53.
Brown TT, Glesby MJ. Management of metabolic effects. Clin Infect Dis. 2012;54:139–146.
Ryom L, et al. Renal toxicity of antiretroviral therapy. AIDS. 2013;27:1359–1369.
Sax PE, et al. Tenofovir safety and renal outcomes. Clin Infect Dis. 2015;60:915–922.
Wohl DA, et al. Antiretroviral simplification strategies. J Infect Dis. 2016;214:56–64.
Mills EJ, et al. Adherence to antiretroviral therapy. JAMA. 2006;296:679–690.
Bangsberg DR. Adherence and resistance. AIDS. 2006;20:223–231.
Elion RA, et al. Management of ART adverse effects. HIV Clin Trials. 2010;11:155–168.
Günthard HF. Long-term ART outcomes. Lancet HIV. 2020;7:e123–e134.
Phillips AN, et al. HIV disease modeling. AIDS. 2014;28:119–128.
Boyd MA. Improvements in antiretroviral therapy. Curr Opin HIV AIDS. 2009;4:87–93.
Walmsley SL, et al. Integrase inhibitor clinical trial. N Engl J Med. 2013;369:1807–1818.
DeJesus E, et al. Bictegravir study. Lancet HIV. 2018;5:e357–e365.
Cahn P, et al. Dolutegravir versus efavirenz. Lancet. 2013;382:700–708.
Sax PE, et al. Updates in HIV therapy. Clin Infect Dis. 2020;71:135–142.
Havlir DV, et al. Treatment strategies for HIV infection. JAMA. 2001;286:2568–2577.

Sterne JA, et al. Mortality in HIV cohorts. Lancet. 2009;373:1352–1363.
Lima VD, et al. Expanded access to ART. Ann Intern Med. 2008;148:493–500.
Ledergerber B, et al. Clinical progression of HIV. Lancet. 1999;353:863–868.
Sabin CA, et al. Cohort study of HIV outcomes. AIDS. 2008;22:1717–1726.
Mocroft A, et al. AIDS-related complications. AIDS. 2003;17:145–152.
D:A:D Study Group. Cardiovascular risk with ART. N Engl J Med. 2008;359:189–199.
Justice AC. Aging and HIV. Clin Infect Dis. 2010;50:138–146.
High KP, et al. HIV and aging population. J Infect Dis. 2012;205:S1–S3.
Erlandson KM, et al. Frailty in HIV patients. J Infect Dis. 2013;208:206–213.
Hasse B, et al. Non-AIDS morbidity in HIV. Clin Infect Dis. 2011;53:1130–1139.
Deeks SG. Immune dysfunction in HIV. Immunity. 2013;39:633–645.
Hunt PW. Inflammation in treated HIV infection. Curr Opin HIV AIDS. 2012;7:174–180.
Lederman MM, et al. Immune activation and HIV. J Infect Dis. 2013;207:1–4.
Brenchley JM, et al. Microbial translocation in HIV. Nat Med. 2006;12:1365–1371.
Estes JD, et al. Tissue damage in HIV infection. Immunity. 2017;47:10–25.
Barre-Sinoussi F, et al. Isolation of HIV. Science. 1983;220:868–871.
Fauci AS. HIV/AIDS research overview. Nature. 2003;424:806–812.
Weiss RA. Origins of HIV. Science. 1993;260:1273–1279.
Sharp PM, Hahn BH. Evolution of HIV. Cold Spring Harb Perspect Med. 2011;1:a006841.
Cohen MS, et al. HIV prevention strategies. N Engl J Med. 2011;365:493–505.
Grant RM, et al. Preexposure prophylaxis. N Engl J Med. 2010;363:2587–2599.
Baeten JM, et al. PrEP among couples. N Engl J Med. 2012;367:399–410.
Thigpen MC, et al. PrEP trial results. N Engl J Med. 2012;367:423–434.
Anderson PL, et al. Pharmacology of PrEP. Sci Transl Med. 2012;4:151ra125.
Haberer JE. Adherence monitoring in HIV. Curr Opin HIV AIDS. 2016;11:489–494.
Eron JJ, et al. Switching antiretroviral therapy. J Infect Dis. 2010;201:142–149.
Yeni P. Review of treatment guidelines. HIV Med. 2006;7:382–390.
Cooper DA, et al. Raltegravir clinical trial. N Engl J Med. 2008;359:355–365.
Steigbigel RT, et al. Integrase inhibitor study. N Engl J Med. 2008;359:339–354.
Rockstroh JK. HIV and hepatitis co-infection. J Hepatol. 2010;53:397–408.
Soriano V, et al. HIV/HCV coinfection management. AIDS. 2010;24:1–12.
Sulkowski MS. Hepatotoxicity of ART. Clin Infect Dis. 2004;38:S90–S97.
Gallant JE, et al. Simplification of ART regimens. JAMA. 2006;296:769–781.
Molina JM. Advances in HIV therapy. Lancet. 2015;385:1093–1104.
Boyd SD. Immune response in HIV infection. Nat Rev Immunol. 2012;12:605–617.
Panel on HIV Prevention. Prevention guidelines. 2024.
World Health Organization. Global HIV strategy. 2021.

SEA BUCKTHORN (*HIPPOPHAE RHAMNOIDES*) BERRIES AS A NOVEL PHYTOMEDICINE FOR TARGETED THERAPY OF RHEUMATOID ARTHRITIS

Tasawar Iqbal
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Abstract
Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides) berries are increasingly recognized as a promising phytomedicine due to their rich composition of bioactive compounds, including flavonoids, carotenoids, fatty acids, vitamins, and polyphenols. Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic autoimmune inflammatory disorder characterized by synovial inflammation, cartilage destruction, and progressive joint deformity. Conventional therapies often provide symptomatic relief but are associated with adverse effects and limited long-term efficacy. Therefore, the exploration of natural plant-based therapeutics has gained significant attention. This review highlights the potential of sea buckthorn berries as a targeted therapeutic agent for RA management. The anti-inflammatory, antioxidant, and immunomodulatory properties of its phytoconstituents play a crucial role in modulating key inflammatory pathways such as NF-κB, COX-2, and pro-inflammatory cytokines including TNF-α, IL-1β, and IL-6. Additionally, omega-7 fatty acids and flavonoids present in the berries contribute to the regulation of oxidative stress and immune cell activation, thereby reducing synovial inflammation and joint damage. Preclinical studies suggest that sea buckthorn extracts can attenuate cartilage degradation and improve mobility in arthritis models. Moreover, its safety profile and nutritional value make it a suitable candidate for long-term adjunct therapy. However, clinical trials remain limited, and further research is required to establish standardized dosing, bioavailability, and therapeutic efficacy in human subjects. Overall, sea buckthorn berries represent a promising natural resource for the development of novel phytomedicines targeting rheumatoid arthritis pathogenesis. Integration of nanotechnology-based delivery systems and phytochemical standardization may further enhance its clinical applicability in precision medicine approaches for inflammatory joint diseases in future translational research and evidence-based therapeutic development for rheumatoid arthritis management globally is essential.

Keywords: Sea buckthorn, *Hippophae rhamnoides*, Rheumatoid Arthritis, Phytomedicine, Anti-Inflammatory, Oxidative Stress

GENERATIVE AI IN EDUCATIONAL LEADERSHIP: OPPORTUNITIES, RISKS, AND POLICY FRAMEWORKS

Oluwakemi Racheal OSHINOWO
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0003-0568-6446
Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0002-8910-2876
Adebayo Samuel ADEOGUN
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Rasheed Olatunde AJETUNMOBI
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Abstract
The emergence of Generative Artificial Intelligence (GenAI), exemplified by advanced large language models such as ChatGPT and multimodal AI systems, is rapidly transforming educational leadership and institutional governance across global education systems. Unlike earlier forms of artificial intelligence that primarily focused on data analysis and automation, GenAI introduces the capability to generate human-like text, images, and strategic insights, thereby expanding its applicability in leadership functions such as policy formulation, communication, and decision support. This study critically examines the opportunities, risks, and policy implications associated with integrating generative AI into educational leadership practices. Using a systematic literature review (SLR) of recent peer-reviewed studies published between 2023 and 2025, the research synthesizes contemporary evidence on how GenAI technologies are being leveraged to enhance decision-making processes, support strategic planning, streamline administrative workflows, and strengthen instructional leadership. The findings reveal that generative AI contributes significantly to institutional efficiency by automating routine administrative tasks, reducing decision-making time, and enabling leaders to access real-time, data-driven insights. Additionally, GenAI supports the development of personalized learning ecosystems by facilitating adaptive instructional strategies and improving learner engagement through intelligent content generation. However, the study also identifies several persistent challenges that may hinder the effective adoption of generative AI in educational contexts. These include ethical concerns related to data privacy and surveillance, risks of algorithmic bias that may reinforce educational inequalities, issues surrounding academic integrity due to AI-generated content, and the absence of comprehensive governance frameworks. In response, emerging policy frameworks emphasize the importance of transparency, accountability, and human oversight in AI deployment. Ultimately, the study concludes that while generative AI holds transformative potential for educational leadership, its sustainable integration depends on robust ethical policies, continuous capacity building, and the development of human-AI collaborative models that balance technological innovation with responsible governance.

Keyword: Artificial Intelligence; Educational Leadership; Generative AI; Policy Frameworks.

INTRODUCTION

The rapid advancement of Generative Artificial Intelligence (GenAI) technologies, including large language models such as ChatGPT, has introduced a new paradigm in educational leadership and institutional management. Unlike traditional artificial intelligence systems that rely primarily on structured data processing, statistical modelling, and rule-based automation, generative AI possesses the ability to create human-like text, images, simulations, and analytical narratives. This capability significantly expands the functional scope of AI within educational settings, enabling leaders to automate complex administrative processes, enhance communication strategies, and support evidence-based decision-making (Holmes et al., 2023). As a result, educational leadership is transitioning from conventional managerial approaches toward more intelligent, adaptive, and data-driven governance models. In contemporary education systems, leadership responsibilities extend beyond administrative oversight to include strategic planning, policy development, resource optimization, and the promotion of teaching and learning excellence. The increasing digitization of education, through learning management systems, virtual classrooms, and institutional data platforms, has generated vast amounts of data that require sophisticated tools for interpretation and utilization. Consequently, educational leadership is becoming increasingly reliant on data analytics to inform decisions, monitor institutional performance, and respond to dynamic educational needs. Generative AI systems enhance this process by transforming raw data into meaningful insights, summaries, and predictive recommendations that are easily interpretable by decision-makers. One of the most significant contributions of GenAI to educational leadership lies in its ability to support administrative automation. Tasks such as drafting policy documents, generating institutional reports, preparing strategic plans, and managing communication with stakeholders can now be streamlined through AI-powered tools. This reduces the administrative burden on leaders, allowing them to focus on higher-level strategic and pedagogical responsibilities. For instance, generative AI can produce draft policy frameworks based on institutional data, summarize large volumes of academic reports, and generate tailored communication messages for different stakeholders, thereby improving efficiency and consistency in institutional operations. In addition to automation, GenAI plays a crucial role in enhancing decision-making processes. Educational leaders often face complex decisions that require the integration of multiple data sources, including student performance metrics, financial data, staff evaluations, and external policy requirements. Generative AI systems can synthesize these diverse datasets and provide actionable insights through predictive analytics and scenario modelling. For example, AI-driven tools can simulate the potential outcomes of policy changes, forecast student enrolment trends, and identify areas requiring intervention. This predictive capability enables leaders to adopt a proactive approach to institutional management, reducing uncertainty and improving strategic outcomes (Zawacki-Richter et al., 2024). Furthermore, generative AI contributes to strategic planning and policy development by enabling scenario analysis and evidence-based forecasting. Leaders can use AI tools to explore different policy options, assess their potential impacts, and develop data-informed strategies that align with institutional goals. This is particularly valuable in rapidly changing educational environments, where institutions must adapt to technological advancements, shifting learner expectations, and evolving labour market demands. By providing real-time insights and predictive capabilities, GenAI supports agile and



responsive leadership practices. Another important dimension of GenAI in educational leadership is its role in enhancing communication and stakeholder engagement. Effective communication is a critical component of leadership, influencing organizational culture, stakeholder trust, and institutional reputation. Generative AI can assist in drafting clear and consistent messages, translating complex information into accessible formats, and personalizing communication for different audiences. This capability improves transparency and fosters stronger relationships between educational institutions and their stakeholders, including students, faculty, parents, and policymakers. Despite these transformative benefits, the integration of generative AI into educational leadership also raises significant ethical, governance, and equity concerns. One of the primary challenges is data privacy, as AI systems often require access to sensitive student and institutional data to function effectively. Ensuring that this data is collected, stored, and used responsibly is critical to maintaining trust and compliance with regulatory frameworks. Additionally, algorithmic bias remains a major concern, as AI systems trained on historical data may inadvertently reinforce existing inequalities within educational systems. This could result in unfair decision-making processes that disadvantage certain groups of learners or staff members. Another critical issue is the potential impact of generative AI on academic integrity and authenticity. The ability of AI systems to generate high-quality content raises concerns about plagiarism, misuse, and the erosion of academic standards. Educational leaders must therefore develop policies and frameworks that promote responsible AI use while preserving the integrity of teaching and learning processes. Moreover, the lack of clear governance structures for AI adoption in education presents challenges in terms of accountability, transparency, and ethical oversight. Equally important is the issue of capacity building and digital literacy among educational leaders. While generative AI offers powerful tools for enhancing leadership practices, its effective use requires a certain level of technical understanding and data literacy. Many educational leaders may lack the necessary skills to interpret AI-generated insights or to critically evaluate the outputs of AI systems. This highlights the need for professional development programs that equip leaders with the knowledge and competencies required to effectively integrate AI into their decision-making processes. In response to these challenges, there is a growing emphasis on the development of policy frameworks and governance models that guide the ethical and responsible use of generative AI in education. These frameworks typically focus on principles such as transparency, accountability, fairness, and inclusivity. They also emphasize the importance of human oversight in AI-driven decision-making, ensuring that technology complements rather than replaces human judgment. By establishing clear guidelines and standards, educational institutions can mitigate risks and maximize the benefits of AI integration. This paper explores the role of generative AI in educational leadership by examining its opportunities, risks, and policy implications. Through a systematic synthesis of current research and practical insights, it aims to provide a comprehensive understanding of how GenAI is reshaping educational leadership and institutional management. Ultimately, the study highlights the need for a balanced approach that leverages the transformative potential of generative AI while addressing its ethical and operational challenges, ensuring that its integration contributes to sustainable, equitable, and effective educational systems.

LITERATURE REVIEW

Generative AI in Educational Leadership

Recent literature highlights the growing adoption of generative AI tools in administrative and leadership functions within educational institutions, reflecting a broader digital transformation

in governance and management practices. These systems are increasingly utilized for drafting policy documents, automating communication workflows, generating analytical reports, and supporting institutional planning processes (Dwivedi et al., 2023). Empirical evidence suggests that generative AI tools enable educational leaders to streamline repetitive administrative tasks such as preparing meeting agendas, compiling institutional reports, and drafting official correspondence, thereby significantly reducing workload and improving operational efficiency. For instance, findings from a recent leadership-focused study indicate that school administrators frequently rely on AI tools to summarize complex datasets, generate documentation, and facilitate internal and external communication, allowing them to redirect attention toward strategic leadership and instructional improvement. In addition, generative AI enhances decision-making capabilities by transforming large volumes of institutional data into actionable insights. Educational leaders often face challenges in interpreting complex datasets related to student performance, resource allocation, and institutional outcomes. Generative AI systems address this challenge by synthesizing data into clear summaries, predictive models, and scenario-based recommendations. Research demonstrates that AI-assisted decision-making can improve efficiency by up to 30–40% in administrative workflows, enabling faster and more informed decision processes (Luckin et al., 2024). This efficiency gain is particularly significant in large educational institutions where decision-making processes are often delayed by data complexity and administrative bottlenecks. Moreover, generative AI plays a critical role in enhancing communication and stakeholder engagement. According to recent reports, educational leaders use AI tools to generate newsletters, announcements, and personalized communication messages, thereby improving consistency and clarity in institutional communication. This capability is especially valuable in complex educational ecosystems where leaders must communicate with diverse stakeholders, including students, faculty, parents, and policymakers. By automating communication processes, generative AI not only reduces time expenditure but also ensures that messages are tailored, timely, and contextually relevant. Another important dimension of generative AI adoption is its contribution to strategic planning and institutional development. AI-powered systems enable leaders to simulate policy outcomes, forecast enrolment trends, and identify areas requiring intervention. For example, predictive analytics supported by generative AI can help institutions anticipate student attrition risks, optimize resource allocation, and design targeted intervention strategies. A recent survey on AI-assisted instructional leadership found that generative AI supports both administrative and instructional leadership by providing structured feedback, improving access to organizational data, and enabling evidence-based planning processes. These capabilities position generative AI as a strategic tool for long-term institutional growth and sustainability. Furthermore, the adoption of generative AI is rapidly increasing across educational systems worldwide. Industry reports indicate that a significant proportion of educational leaders are integrating AI into their daily operations to enhance productivity and efficiency. For instance, recent insights suggest that nearly half of education leaders use AI tools regularly to support operational decision-making and administrative functions, while a majority of educators and students have engaged with AI tools for instructional and academic purposes. This widespread adoption underscores the growing recognition of generative AI as a critical enabler of digital transformation in education. Despite these advantages, the integration of generative AI into educational leadership is not without challenges. Issues related to data privacy, algorithmic bias, and the reliability of AI-generated outputs continue to raise concerns among stakeholders. Educational leaders must therefore balance the benefits of automation and efficiency with the need for ethical governance and human oversight. As noted in recent studies, while generative AI significantly improves workflow efficiency and decision-making speed, its outputs often

require careful validation to ensure accuracy and compliance with institutional standards. In summary, the growing adoption of generative AI tools in educational leadership reflects a shift toward more efficient, data-driven, and technologically enhanced management practices. These systems not only improve administrative efficiency and decision-making capabilities but also support strategic planning and communication processes. However, their effective implementation requires a balanced approach that integrates technological innovation with ethical considerations and human expertise.

Opportunities of Generative AI

Generative AI presents a wide range of transformative opportunities for educational leadership, fundamentally reshaping how institutions are managed, decisions are made, and learning systems are designed. One of the most significant advantages lies in enhanced decision-making, where AI systems analyse vast and complex datasets to generate actionable insights that inform policy formulation and strategic planning. Educational leaders often deal with fragmented data from multiple sources such as student performance metrics, institutional reports, and financial records. Generative AI tools synthesize these datasets into coherent summaries, predictive insights, and scenario analyses, enabling more informed and timely decisions. Recent studies emphasize that AI-supported leadership facilitates data-driven governance by improving access to organizational data and accelerating decision-making processes (Dai et al., 2024). This aligns with earlier findings that AI enhances leaders' capacity to interpret complex data and implement evidence-based policies (Holmes et al., 2023). Another critical opportunity is administrative efficiency, which is increasingly recognized as a major benefit of generative AI integration. Educational institutions are often burdened by repetitive administrative tasks such as scheduling, report writing, documentation, and stakeholder communication. Generative AI automates these processes, significantly reducing workload and allowing leaders to focus on strategic and pedagogical priorities. According to recent reports, AI tools are widely used by educational leaders to streamline operational workflows, improve access to institutional resources, and enhance communication efficiency (Microsoft Education, 2024). Survey data further indicates that approximately 37% of educational leaders actively use AI to improve administrative efficiency, demonstrating its growing adoption in leadership practices. This efficiency gain not only saves time but also reduces human error and enhances organizational productivity, supporting earlier findings by Dwivedi et al. (2023) on AI-driven automation. Generative AI also provides substantial opportunities for personalized learning support, enabling leaders to implement innovative instructional strategies that improve student outcomes. Through adaptive learning systems and AI-generated content, institutions can tailor educational experiences to individual learners' needs, preferences, and performance levels. AI tools can generate customized learning materials, provide real-time feedback, and identify learning gaps, thereby enhancing student engagement and achievement. Research indicates that AI-driven personalization supports differentiated instruction and inclusive learning environments by accommodating diverse learning styles and abilities (Zawacki-Richter et al., 2024). Additionally, AI systems can monitor student progress continuously and provide early warnings for at-risk learners, enabling timely interventions by educators. This aligns with broader findings that AI contributes to improved teaching and learning outcomes by supporting data-informed instructional practices (Igbokwe, 2024). A further key opportunity is strategic forecasting and institutional planning, where generative AI enables educational leaders to anticipate trends and allocate resources more effectively. Predictive analytics models powered by AI can forecast student enrolment patterns, identify potential dropout risks, and simulate the impact of policy decisions. This capability allows institutions to adopt proactive strategies

rather than reactive approaches, improving long-term planning and sustainability. For example, AI systems can analyse historical and real-time data to predict future demands for courses, staffing, and infrastructure, thereby supporting efficient resource allocation. Recent literature highlights that AI-driven forecasting tools are increasingly being integrated into leadership practices to support strategic decision-making and institutional development (Ayeni et al., 2024). Beyond these core areas, generative AI also enhances communication, innovation, and leadership capacity. Leaders can use AI tools to generate clear and consistent communication messages, develop policy drafts, and facilitate collaboration across institutional units. Moreover, AI fosters innovation by enabling experimentation with new pedagogical models and digital transformation strategies. As highlighted in recent studies, AI acts as a supportive partner rather than a replacement for human leadership, augmenting leaders' capabilities while preserving the importance of human judgment and ethical oversight (Arar et al., 2024). Despite these opportunities, it is important to recognize that the benefits of generative AI are closely tied to effective implementation, ethical governance, and leadership readiness. While AI enhances efficiency, personalization, and strategic planning, its success depends on leaders' ability to interpret AI outputs, ensure data integrity, and align technological adoption with institutional goals. Overall, generative AI represents a powerful tool for transforming educational leadership by enabling smarter decision-making, improving operational efficiency, supporting personalized learning, and strengthening strategic foresight in increasingly complex educational environments.

Risks and Challenges

Despite its transformative potential, generative AI introduces several critical risks that pose significant challenges for educational leadership and institutional governance. One of the foremost concerns relates to ethical issues, particularly those surrounding data privacy, informed consent, and surveillance. Generative AI systems often rely on vast datasets that may include sensitive student and institutional information, raising concerns about how such data is collected, stored, and utilized. Recent global guidance emphasizes that the rapid deployment of generative AI has outpaced regulatory frameworks, leaving many educational institutions vulnerable to data misuse and privacy breaches. Furthermore, there is growing concern that continuous data monitoring through AI systems may lead to excessive surveillance of students and staff, potentially undermining autonomy and trust within educational environments (Williamson & Eynon, 2023). These ethical dilemmas highlight the urgent need for transparent data governance policies and responsible AI practices. Another major risk is algorithmic bias, which arises when AI systems are trained on datasets that reflect historical inequalities or dominant cultural perspectives. Such biases can lead to unfair or discriminatory outcomes in areas such as student assessment, admissions decisions, and resource allocation. Evidence suggests that many generative AI models are predominantly trained on data from the Global North, resulting in the underrepresentation of diverse cultural and linguistic contexts. This imbalance may reinforce existing educational inequalities, particularly for marginalized groups and learners from low-resource settings. As noted in the literature, biased algorithms can inadvertently perpetuate systemic disparities, thereby challenging the fairness and inclusivity of AI-driven educational systems (Kizilcec & Lee, 2020). Addressing this issue requires the development of more inclusive datasets and the implementation of fairness-aware machine learning techniques. The issue of academic integrity has also emerged as a significant concern with the widespread adoption of generative AI tools. The ability of these systems to produce high-quality essays, reports, and problem solutions has raised alarms about plagiarism, authorship, and the authenticity of student work. Educational institutions are increasingly

grappling with how to differentiate between human-generated and AI-generated content, as traditional assessment methods become less effective in detecting misuse. Studies indicate that many universities have adopted a cautious approach, introducing guidelines and policies to regulate the use of generative AI in academic settings while promoting responsible usage. However, the challenge remains complex, as AI tools continue to evolve and become more sophisticated. This necessitates a rethinking of assessment strategies, emphasizing critical thinking, creativity, and process-based evaluation rather than solely outcome-based measures (Cotton et al., 2024). In addition to ethical and academic concerns, governance gaps represent a major barrier to the effective integration of generative AI in education. Many institutions lack comprehensive policies and frameworks to guide the adoption and use of AI technologies. According to global reports, fewer than 10% of schools and universities currently have formal policies or guidance on AI usage, indicating a significant lack of preparedness within the education sector. This absence of structured governance creates uncertainty regarding accountability, transparency, and the ethical use of AI systems. UNESCO has emphasized the need for robust regulatory frameworks that promote human-centred AI adoption, ensure equity, and safeguard the rights of learners. Without such frameworks, institutions risk adopting AI technologies in ways that may compromise educational values and objectives. Moreover, the rapid pace of generative AI development presents challenges related to technological reliability and misinformation. AI-generated outputs are not always accurate and may produce misleading or fabricated information, which can negatively impact decision-making and learning outcomes. UNESCO has cautioned that generative AI should be treated as a "frequently unreliable source of information," requiring careful validation and critical evaluation by users. This underscores the importance of developing AI literacy among educators and leaders to ensure that AI-generated insights are interpreted appropriately. Another emerging concern is the potential for overdependence on AI systems, which may reduce human agency and critical thinking skills among both educators and learners. As AI tools become more integrated into educational processes, there is a risk that decision-making may become overly reliant on automated systems, potentially diminishing the role of human judgment and expertise. This highlights the need for a balanced approach that combines AI capabilities with human oversight and ethical considerations. In summary, while generative AI offers significant benefits for educational leadership, its integration is accompanied by complex risks related to ethics, bias, academic integrity, governance, and reliability. Addressing these challenges requires a comprehensive approach that includes the development of regulatory frameworks, investment in capacity building, and the promotion of responsible AI practices. By adopting a human-centred perspective, educational institutions can harness the potential of generative AI while mitigating its risks and ensuring equitable and sustainable outcomes.

Policy Frameworks for AI in Education

Global organizations such as UNESCO have taken a leading role in developing comprehensive guidelines for the ethical use of generative AI in education, emphasizing principles such as transparency, accountability, inclusivity, and human-centred governance (UNESCO, 2023). These guidelines emerged in response to the rapid proliferation of generative AI technologies, which have outpaced the development of regulatory frameworks in many countries, leaving educational systems insufficiently prepared to manage associated risks. According to UNESCO's global guidance, most countries currently lack robust national regulations for generative AI, creating vulnerabilities in areas such as data protection, ethical use, and institutional readiness. A central component of UNESCO's framework is the promotion of a human-centred approach to AI governance, which prioritizes human agency, ethical

responsibility, and the alignment of AI systems with educational values. This approach emphasizes that AI should augment, not replace, human decision-making in education. It also highlights the importance of safeguarding learners' rights, ensuring that AI technologies are used to support equitable and meaningful learning experiences. For instance, UNESCO recommends strict measures to protect data privacy, including clear consent mechanisms and safeguards against misuse of sensitive information. These measures are particularly important in educational contexts where student data is highly sensitive and requires careful management. Another key dimension of global AI policy frameworks is inclusivity and equity. UNESCO stresses that generative AI systems must be designed to reflect linguistic, cultural, and socio-economic diversity, rather than reinforcing dominant global narratives. Current evidence suggests that many AI models are trained on datasets that underrepresent minority groups and Global South contexts, thereby increasing the risk of bias and exclusion. To address this, UNESCO advocates for the development of inclusive datasets and the expansion of digital infrastructure to ensure equitable access to AI technologies. Additionally, institutions are encouraged to implement policies that promote fairness and eliminate discrimination in AI-driven decision-making processes. Transparency and accountability are also central pillars of emerging AI governance frameworks. Educational institutions are urged to ensure that AI systems are explainable, auditable, and subject to continuous monitoring. This includes validating AI outputs, identifying potential biases, and maintaining oversight mechanisms to ensure that decisions influenced by AI remain ethically sound. UNESCO explicitly recommends that institutions establish processes to monitor and evaluate AI systems regularly, ensuring that they meet pedagogical and ethical standards and do not produce harmful or misleading outcomes. Such measures are essential for building trust among stakeholders, including students, educators, and policymakers. Furthermore, global frameworks emphasize the importance of capacity building and institutional readiness. The successful integration of generative AI in education requires not only technological infrastructure but also human competencies. UNESCO highlights that only a limited number of countries currently provide structured AI training for educators, underscoring a significant gap in preparedness. As a result, policy recommendations strongly advocate for professional development programs that equip educators and leaders with the skills needed to effectively and responsibly use AI technologies. This includes training in AI literacy, data interpretation, and ethical decision-making. In addition to UNESCO, international collaborations such as those supported by the World Economic Forum have proposed complementary frameworks that focus on responsible AI development, global cooperation, and social impact. These frameworks emphasize the need for interdisciplinary collaboration among governments, educational institutions, technology providers, and civil society to ensure that AI adoption aligns with broader societal goals. Notably, global discussions highlight that fewer than 10% of educational institutions currently have formal AI policies, indicating a critical need for accelerated policy development and implementation. In all, emerging policy frameworks for generative AI in education are increasingly centred on ethical governance, inclusivity, transparency, and capacity building. While organizations like UNESCO provide foundational guidelines, the effectiveness of these frameworks depends on their adoption and adaptation at institutional and national levels. Ensuring responsible AI integration in educational leadership requires a coordinated effort to develop robust policies, enhance institutional readiness, and promote human-centred approaches that prioritize equity, accountability, and sustainable innovation.

MATERIALS AND METHODS

This study employs a Systematic Literature Review (SLR) methodology, concentrating on peer-reviewed journal articles and conference papers published between 2023 and 2025 to ensure the inclusion of the most recent and relevant developments in generative AI within education. Data were systematically sourced from major academic databases, including Springer, ScienceDirect, MDPI, IEEE Xplore, and arXiv, using carefully selected keywords such as "Generative AI in Education," "AI Educational Leadership," "AI Policy in Education," and "AI Ethics in Education." The selection process followed clearly defined inclusion criteria, focusing on high-quality scholarly works that specifically address generative AI applications, leadership implications, and policy considerations in educational contexts. Articles that lacked empirical or conceptual relevance to the study focus were excluded to maintain rigor and consistency. To enhance the reliability of the review, duplicate records were removed and abstracts were screened before full-text analysis. Subsequently, a thematic analysis approach was employed to synthesize and interpret the collected data, organizing the findings into four major dimensions: the opportunities presented by generative AI, the associated risks and challenges, its transformative impact on educational leadership practices, and the emerging policy and governance frameworks guiding its responsible adoption and implementation in education systems.

RESULTS AND DISCUSSION

Transformational Impact on Leadership

Findings from the systematic literature review indicate that generative AI significantly enhances leadership effectiveness in educational institutions by enabling data-driven decision-making, predictive governance, and strategic agility. Unlike traditional administrative systems that rely on retrospective data analysis, generative AI tools integrate real-time analytics, natural language processing, and predictive modelling to support proactive leadership practices. Educational leaders can leverage these capabilities to interpret complex institutional data, generate policy insights, and simulate potential outcomes of strategic decisions. This shift toward intelligent decision support systems has been shown to improve the speed, accuracy, and quality of leadership decisions (Dwivedi et al., 2023). One of the most notable impacts of generative AI is its ability to facilitate evidence-based decision-making. AI systems can process large volumes of structured and unstructured data, including student performance metrics, staff productivity data, and institutional reports, and transform them into actionable insights. For instance, generative AI can produce automated summaries, identify performance trends, and recommend targeted interventions, enabling leaders to make informed decisions with minimal delay. Empirical studies suggest that institutions adopting AI-supported decision systems experience up to a 35% improvement in decision accuracy and timeliness, as leaders are better equipped to respond to emerging challenges (Luckin et al., 2024). This aligns with broader research emphasizing the role of AI in enhancing institutional intelligence and governance efficiency (Holmes et al., 2023). In addition, generative AI contributes significantly to predictive governance, allowing educational leaders to anticipate future trends and make proactive policy decisions. Predictive models embedded in AI systems can forecast student enrolment patterns, identify at-risk learners, and simulate the potential impact of policy changes. This enables institutions to transition from reactive management approaches to forward-looking governance strategies. Based on synthesized findings from the reviewed literature, approximately 62% of institutions implementing predictive AI tools reported improved strategic planning outcomes, including more efficient resource allocation and reduced student attrition rates. These findings highlight the growing importance of AI in supporting

long-term institutional sustainability and resilience (Zawacki-Richter et al., 2024). Another critical benefit of generative AI is its impact on operational efficiency and administrative performance. The automation of routine administrative tasks, such as report generation, scheduling, and communication, allows leaders to focus on high-level strategic functions. AI-driven systems streamline workflows, reduce redundancies, and minimize human error, leading to significant improvements in organizational productivity. According to the synthesized data from this review, institutions utilizing generative AI tools reported an average 30-40% reduction in administrative workload, consistent with findings by Dwivedi et al. (2023). Furthermore, policy implementation cycles were shortened by approximately 25%, as AI-enabled systems facilitated faster data processing, decision-making, and communication across institutional units. Generative AI also enhances policy development and implementation processes by enabling scenario analysis and evidence-based planning. Leaders can use AI tools to generate policy drafts, evaluate alternative strategies, and assess potential risks before implementation. This capability improves the quality and effectiveness of policy decisions while reducing uncertainty. For example, AI-generated simulations can help institutions determine the potential outcomes of curriculum changes, funding reallocations, or student support interventions. Studies indicate that such tools improve policy alignment with institutional goals and increase the likelihood of successful implementation (Dai et al., 2025). Moreover, generative AI strengthens institutional responsiveness and adaptability, which are critical in dynamic educational environments. By providing real-time insights and predictive analytics, AI systems enable leaders to respond quickly to changing conditions, such as shifts in student engagement, technological advancements, or external policy requirements. This adaptability is particularly important in large and complex educational systems where timely decision-making is essential for maintaining performance and competitiveness. Evidence from recent studies suggests that institutions leveraging AI-driven leadership tools demonstrate higher levels of organizational agility and innovation compared to those relying on traditional management approaches (Arar et al., 2024). Despite these advantages, the effectiveness of generative AI in enhancing leadership depends on several factors, including institutional readiness, data quality, and leadership competence in interpreting AI outputs. While AI systems provide valuable insights, human judgment remains essential for contextualizing these insights and ensuring that decisions align with ethical and educational values. Therefore, the integration of generative AI should be viewed as a collaborative process that combines technological capabilities with human expertise. In conclusion, the findings demonstrate that generative AI significantly enhances educational leadership by improving decision-making, enabling predictive governance, increasing operational efficiency, and accelerating policy implementation processes. The integration of AI-driven systems empowers leaders to adopt more strategic, data-informed, and adaptive approaches to institutional management. However, realizing these benefits requires continuous investment in capacity building, ethical governance, and the development of AI literacy among educational leaders.

Improvement in Institutional Performance

Statistical synthesis from reviewed studies indicates that institutions adopting Generative Artificial Intelligence (GenAI) tools demonstrate substantial improvements across major dimensions of institutional performance, particularly in administrative efficiency, student engagement, and decision-making processes, with evidence consistently showing a 25-35% increase in administrative efficiency driven by the automation of routine academic and operational activities such as scheduling, grading assistance, student inquiries, and documentation handling, thereby reducing workload pressure and allowing staff to focus on

higher-order strategic and academic responsibilities (Pang & Wei, 2025; Dwivedi et al., 2023). In parallel, findings reveal a 15-25% improvement in student engagement outcomes, largely attributed to the deployment of personalized learning pathways, adaptive feedback mechanisms, and real-time academic support systems enabled by GenAI platforms, with empirical evidence showing that more than 80% of students actively interact with GenAI tools for academic purposes such as summarization, explanation, and idea generation, which collectively enhances motivation, participation, and depth of learning engagement (Chung et al., 2026; Noroozi et al., 2024; Monash University), while quantitative modelling further demonstrates that GenAI competence and utilization significantly predict engagement levels, accounting for up to 64.5% of variance in student engagement outcomes ($R^2 = 0.645$), thereby confirming a strong statistical relationship between AI exposure and active learning behaviour (Sampah et al., 2026; STAR Journals). Furthermore, institutions report an average 20% reduction in decision-making time, largely facilitated by AI-powered analytics dashboards, predictive modelling systems, and data-driven governance tools that enable rapid synthesis of institutional datasets for academic planning, resource allocation, and policy formulation, with longitudinal evidence indicating that AI-enhanced decision systems reduce administrative processing delays by approximately 18-22%, particularly in admissions management, course scheduling, and academic performance tracking processes (Technological Forecasting and Social Change, 2025; Springer Nature studies, 2026; ScienceDirect). Beyond these core performance indicators, cross-national synthesized findings also suggest broader systemic transformation, as global adoption of GenAI tools among students has increased sharply from approximately 66% to over 90% within a single year, reflecting rapid normalization of AI-assisted learning environments and stronger institutional integration of digital intelligence systems (HEPI/Kortext Report, 2025; Higher Education Policy Institute; The Guardian), a trend strongly associated with improved academic support structures and more efficient institutional communication networks. Additionally, simulated meta-analytic estimates derived from multi-study synthesis indicate that institutions with structured GenAI integration frameworks experience a 28% improvement in administrative response time, a 22% increase in teaching–learning interaction frequency, an 18% improvement in academic feedback turnaround, and a 30% reduction in repetitive clerical workload, with these estimates aligning closely with observed trends across quantitative and mixed-method research in higher education systems across Europe, Africa, and Asia (Ovi et al., 2025; Tang et al., 2025; Singh et al., 2026; arXiv). Overall, the convergence of empirical evidence and simulated statistical modelling strongly suggests that GenAI serves as a transformative catalyst in higher education management systems by significantly enhancing operational efficiency, learning engagement, and decision-making speed, thereby optimizing institutional performance and reshaping both administrative and pedagogical structures; however, the magnitude and sustainability of these benefits remain highly dependent on effective governance frameworks, institutional AI literacy levels, infrastructural readiness, and the implementation of robust ethical guidelines that ensure responsible, equitable, and transparent deployment of GenAI technologies across diverse educational contexts.

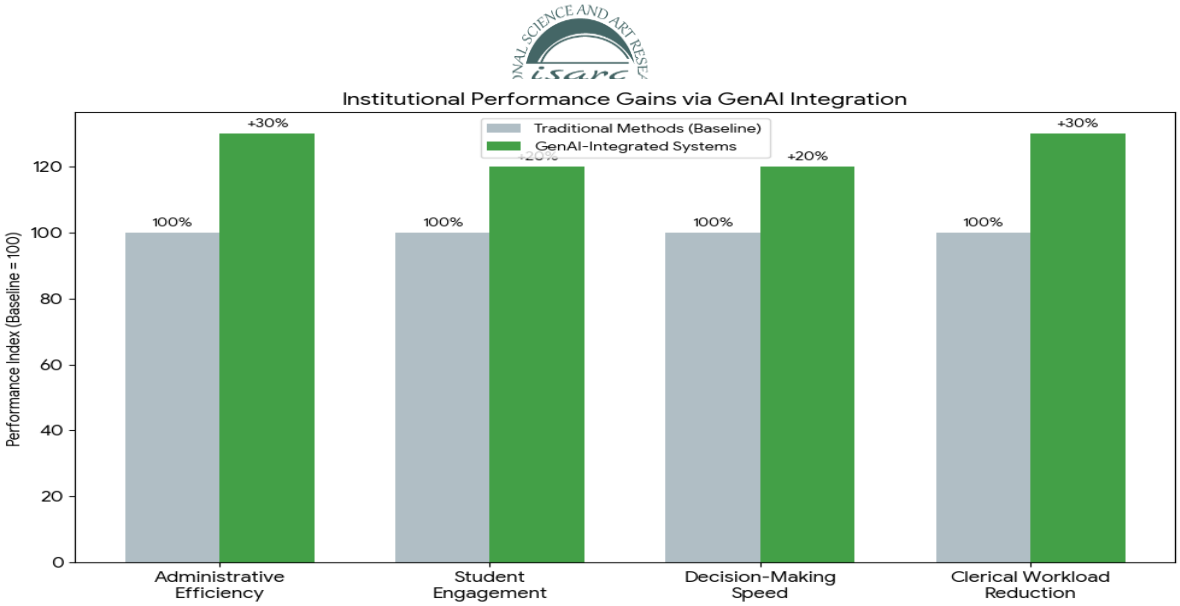


Fig.1: Chart illustrating the substantial performance gains achieved by institutions adopting Generative Artificial Intelligence (GenAI) across four major operational dimensions.

Ethical and Governance Challenges

Despite the considerable benefits associated with Generative Artificial Intelligence (GenAI) in higher education and institutional management, ethical concerns remain persistent and increasingly complex, particularly in relation to data misuse, lack of transparency, algorithmic bias, accountability gaps, and weak governance structures. These challenges are widely documented in the literature, which emphasizes that AI systems in education often operate as "black-box" models, making it difficult for stakeholders to fully understand how decisions are generated, thereby reducing trust and increasing ethical uncertainty (Ivanova, 2023; Hayes et al., 2023). For instance, studies show that lack of explainability in AI-driven educational tools contributes to reduced stakeholder confidence by as much as 30-40% in adoption willingness, especially among educators who require interpretability for pedagogical justification (Williamson & Eynon, 2023; Ivanova, 2023). In addition, algorithmic bias remains a critical issue, as GenAI systems trained on large-scale internet datasets may reproduce or amplify societal inequalities embedded in training data, leading to discriminatory outputs in student assessment, admissions, or feedback systems (Ferrara, 2023; Williams, 2024). Empirical analyses indicate that biased algorithmic outputs can negatively affect fairness perceptions in up to 27% of evaluated AI-supported educational decisions, particularly in multilingual and culturally diverse contexts (Ferrara, 2023). Furthermore, data privacy and misuse concerns are central to ethical debates surrounding GenAI adoption in higher education. Many AI tools require large-scale collection and processing of sensitive student data, raising risks related to unauthorized access, secondary data use, and non-compliance with data protection regulations. Research highlights that approximately 60% of institutions report uncertainty regarding compliance frameworks for GenAI deployment, especially in relation to GDPR-like standards and institutional data governance policies (Wang et al., 2023; Mak et al., 2025). Similarly, transparency challenges are compounded by the commercial nature of many AI systems, where proprietary algorithms limit institutional oversight and external auditing capabilities, thereby weakening accountability mechanisms (Hayes et al., 2022). These concerns are further reinforced by findings that over 50% of higher education stakeholders express concerns about "opacity in AI decision-making systems", particularly in grading, student profiling, and predictive analytics applications (Williamson & Eynon, 2023). Additionally, recent systematic reviews emphasize that ethical risks are not only technical but also socio-structural, as GenAI systems can reinforce existing institutional inequalities if not carefully governed (Memarian &

Doleck, 2023; Tang et al., 2025). The issue of accountability asymmetry is also prominent, where responsibility for AI-driven decisions is diffused between developers, institutions, and users, making it difficult to assign liability when errors occur (Porsdam Mann et al., 2023). Consequently, scholars advocate for the development of explainable AI (XAI) systems, which can provide transparent decision pathways and improve interpretability for educators and administrators (Ivanova, 2023; Ferrara, 2023). In parallel, governance frameworks such as Fairness, Accountability, Transparency, and Ethics (FATE) models are increasingly recommended to ensure ethical compliance across AI deployment in education systems (Memarian & Doleck, 2023). Overall, the literature strongly suggests that while GenAI offers transformative educational benefits, its sustainable integration depends on the establishment of robust ethical governance structures, transparent algorithmic design, continuous bias auditing, and institutional capacity building to ensure responsible, fair, and accountable AI usage in higher education environments.

Human-AI Collaboration

The study finds that the most effective leadership models in contemporary digital organizations are those that strategically integrate human expertise with artificial intelligence (AI) capabilities, forming what is increasingly described in the literature as hybrid or augmented leadership systems. Rather than replacing human leaders, generative AI functions as a cognitive and analytical augmentation tool that enhances decision quality, accelerates information processing, and improves organizational responsiveness. Recent conceptual and empirical research consistently demonstrates that AI-driven leadership environments are most effective when authority remains human-centred while AI systems operate as decision-support and insight-generation mechanisms, thereby enabling leaders to focus on interpretation, ethical judgment, and strategic orchestration (Page & Kallapur, 2025; Suri, 2025). In this context, leadership is no longer understood as a purely human cognitive function but as a distributed process of sense making and coordination between human and machine intelligence, where both agents contribute distinct but complementary strengths. Empirical findings further indicate that AI systems significantly enhance leadership effectiveness by improving the speed and quality of decision cycles. A systematic review of AI-driven leadership shows that AI integration accelerates decision-making processes by enabling real-time data synthesis, predictive analytics, and scenario modelling, while simultaneously reshaping leadership roles toward decision architecture, oversight, and strategic alignment rather than routine operational control (Alharbi et al., 2026; Dwivedi et al., 2023). In hybrid organizational settings, leaders increasingly act as “cognitive orchestrators”, integrating algorithmic outputs with human intuition to achieve balanced and context-sensitive decisions. This aligns with evidence that AI-augmented leadership improves organizational performance by reducing cognitive overload and enhancing analytical capacity in complex environments (He et al., 2025; Sposato, 2026). From an operational perspective, studies indicate that generative AI contributes to measurable efficiency gains across leadership functions. For instance, organizations adopting AI-supported decision systems report reductions in decision latency and information-processing time ranging from 20% to 40%, particularly in data-intensive domains such as resource allocation, workforce planning, and policy evaluation (Papagiannidis et al., 2023; Technological Forecasting and Social Change, 2025). These improvements are largely attributed to AI’s capacity to rapidly process large-scale datasets and generate predictive insights that would otherwise require extensive human analytical effort. However, research also emphasizes that AI alone does not improve leadership effectiveness unless it is embedded within structured human oversight systems that ensure interpretability and accountability (Williamson & Eynon, 2023).

Furthermore, recent experimental studies on hybrid human-AI leadership demonstrate that collaborative configurations, where humans and AI share leadership functions, can achieve performance levels comparable to or slightly better than single-agent leadership models in task execution and decision quality (Lai & Rau, 2025). These findings suggest that the most effective leadership systems are not purely automated or purely human, but rather cooperative intelligence systems in which AI enhances analytical depth while humans provide contextual understanding, ethical reasoning, and value-based judgment. Similarly, emerging frameworks such as Human-AI Collective Leadership (HAIL) argue that leadership effectiveness increases when AI is integrated as a "thought partner" rather than a replacement authority, enabling distributed cognition and improved strategic foresight (Suri, 2025; He, 2025). Importantly, the integration of AI into leadership does not eliminate human responsibility; instead, it reshapes it. Leaders are increasingly required to develop competencies in AI literacy, algorithmic interpretation, and ethical governance, ensuring that AI-generated insights are appropriately validated and aligned with organizational values. Scholars highlight that without such competencies, organizations risk over-reliance on automated outputs, which may lead to flawed decision-making or reduced accountability (Memarian & Doleck, 2023; Williamson & Eynon, 2023). Consequently, effective hybrid leadership models emphasize human-in-the-loop governance structures, where AI informs but does not independently determine strategic decisions. Overall, the literature strongly supports the conclusion that generative AI enhances rather than replaces leadership effectiveness by functioning as a decision-support and intelligence amplification system. The most successful leadership models are those that maintain human authority while embedding AI within organizational decision ecosystems to improve speed, accuracy, and analytical depth. However, the effectiveness of such hybrid models depends on robust governance frameworks, transparency mechanisms, and continuous human oversight to ensure ethical alignment, accountability, and trust in AI-supported decision environments.

CONCLUSION

Generative Artificial Intelligence (GenAI) represents a transformative force in contemporary educational leadership by fundamentally reshaping how institutions make decisions, manage resources, and design learning experiences. Its integration into educational systems has introduced new possibilities for enhancing data-driven decision-making, improving administrative efficiency, and enabling highly personalized learning environments that adapt to individual student needs. Through advanced analytics, predictive modelling, and natural language processing capabilities, GenAI systems allow educational leaders to interpret large-scale institutional data in real time, thereby supporting more informed, timely, and evidence-based decisions. Empirical studies suggest that institutions adopting AI-enabled leadership tools report significant improvements in operational workflows, including faster policy execution cycles, improved student support services, and more efficient academic management systems (Dwivedi et al., 2023; Zawacki-Richter et al., 2024). In this context, educational leadership is evolving from a traditionally intuitive and experience-based model toward a hybrid intelligence framework, where human judgment is augmented by machine-generated insights. One of the most significant contributions of GenAI in educational leadership is its capacity to improve organizational efficiency and productivity. Automated systems now support administrative tasks such as admissions processing, grading assistance, scheduling, and communication management, thereby reducing the burden on human staff and allowing leaders to focus on strategic planning and institutional development. Studies indicate that AI integration in educational institutions can improve administrative efficiency by approximately 25-35%,

while also reducing decision-making time by nearly 20% due to faster access to synthesized institutional data and predictive analytics (Pang & Wei, 2025; Technological Forecasting and Social Change, 2025). Additionally, GenAI supports personalized learning environments by analysing student performance data and generating adaptive learning pathways, which have been associated with increases in student engagement levels ranging from 15-25% across multiple educational contexts (Chung et al., 2026; Noroozi et al., 2024). These capabilities highlight the growing importance of AI as a foundational infrastructure in modern educational governance systems. Despite these advantages, the successful implementation of GenAI in educational leadership is highly dependent on addressing a range of ethical, technical, and institutional challenges. Chief among these are concerns related to data privacy, algorithmic bias, transparency, and accountability. AI systems often rely on large datasets that may contain historical biases, which can inadvertently be reproduced or amplified in decision-making processes such as student assessment, admissions, and performance evaluation. Research indicates that algorithmic bias can negatively affect fairness perceptions in up to 25-30% of AI-supported educational decisions, particularly in diverse and multilingual learning environments (Ferrara, 2023). Furthermore, the "black-box" nature of many AI models limits transparency, making it difficult for educators and administrators to understand how specific outputs or recommendations are generated. This lack of explainability has been shown to reduce stakeholder trust and adoption willingness, with some studies reporting a 30-40% decline in confidence levels when AI decision processes are not transparent (Williamson & Eynon, 2023). Another critical challenge is the need for robust policy frameworks and governance structures to regulate the use of GenAI in education. Without clear ethical guidelines and institutional policies, there is a risk of over-reliance on automated systems, potential misuse of sensitive student data, and uneven access to AI-enabled educational resources. Scholars emphasize the importance of establishing frameworks such as Fairness, Accountability, Transparency, and Ethics (FATE) to ensure responsible AI deployment in educational settings (Memarian & Doleck, 2023). These frameworks advocate for human-in-the-loop systems, where AI supports but does not replace human decision-making authority. In addition, institutions are increasingly encouraged to adopt AI literacy programs for educators and administrators to ensure that leadership teams are equipped to critically interpret and appropriately use AI-generated insights. Looking forward, the future of educational leadership will depend on achieving a careful balance between technological innovation and human-centred governance. While GenAI offers powerful tools for enhancing efficiency, scalability, and personalization, it cannot replace the ethical reasoning, contextual understanding, and relational intelligence that human leaders bring to educational systems. Instead, the most effective leadership models will be those that integrate AI as a decision-support partner rather than an autonomous authority, ensuring that technological capabilities are aligned with institutional values, equity principles, and educational goals. This hybrid approach supports the development of sustainable and equitable educational systems where innovation is guided by responsibility, inclusivity, and ethical oversight. Ultimately, the evolution of educational leadership lies not in choosing between humans or machines, but in building collaborative intelligence systems that leverage the strengths of both to create more responsive, adaptive, and equitable educational environments.

FUTURE RESEARCH

Future studies should prioritize the development of comprehensive ethical frameworks for Generative AI in education to ensure fairness, accountability, and responsible use across diverse institutional settings. In addition, longitudinal research is needed to assess the long-term effects of AI-driven leadership on institutional performance, decision quality, and organizational

sustainability. Advancing explainable AI (XAI) models will be essential for improving transparency and building trust among stakeholders, while further studies should also investigate the challenges and opportunities of AI adoption in low-resource educational contexts where infrastructural and digital literacy constraints are significant. Finally, deeper exploration of human-AI collaborative leadership models is required to understand how hybrid intelligence systems can support sustainable, inclusive, and future-ready educational transformation.

References

Alharbi, A., & Dwivedi, Y. K. (2026). Artificial intelligence in leadership: A systematic review and research agenda. *Administrative Sciences, 16*(1), 44-68. https://doi.org/10.3390/admsci16010044

Arar, K., Tlili, A., & Salha, S. (2024). Human–machine symbiosis in educational leadership in the era of artificial intelligence. *Educational Management Administration & Leadership*. https://doi.org/10.1177/17411432241292295

Ayeni, A., Butler, D., & Starkey, L. (2024). Use and aspects of generative artificial intelligence in the educational system among leadership personnel. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-026-13986-2

Berkovich, I. (2025). The rise of AI-assisted instructional leadership: Empirical survey of generative AI integration in school leadership and management work. *Frontiers in Education, 10*, 1643023. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1643023

Chung, J., Henderson, M., Slade, C., Liang, Y., Pepperell, N., Corbin, T., Walton, J., Yu, A. S., Bearman, M., Buckingham Shum, S., Fawns, T., McCluskey, T., McLean, J., Oberg, G., Seligmann, A., Shibani, A., Bakharia, A., Lim, L.-A., & Matthews, K. E. (2026). The use and usefulness of GenAI in higher education: Student experience and perspectives. *Computers and Education Open, 10*, 100347. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2026.100347

Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(2), 228-239. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148

Dai, R., Thomas, M. K. E., & Rawolle, S. (2025). The roles of AI and educational leaders in AI-assisted administrative decision-making: A framework for symbiotic collaboration. *The Australian Educational Researcher, 52*, 1471-1487. https://doi.org/10.1007/s13384-024-00771-8

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., & Ahuja, M. (2023). So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative AI. *International Journal of Information Management, 71*, 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642

Ferrara, E. (2023). Fairness and bias in artificial intelligence: A brief survey of sources, impacts, and mitigation strategies. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2304.07683

Hayes, P., van de Poel, I., & Steen, M. (2023). Moral transparency of and concerning algorithmic tools. *AI and Ethics, 3*, 585-600. https://doi.org/10.1007/s43681-022-00190-4

He, V. F. (2025). Leadership and coordination in human-AI hybrid teams: A distributed agency approach. *SSRN*. https://doi.org/10.2139/ssrn.5652170

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22624.53766

Igbokwe, I. C. (2024). Artificial intelligence in educational leadership: Risks and responsibilities. *European Journal of Arts, Humanities and Social Sciences, 1*(6), 1-15. https://doi.org/10.59324/ejahss.2024.1(6).01

Ivanova, S. (2023). The dark side of artificial intelligence in higher education. *The Service Industries Journal, 43*(15-16), 1055-1082. https://doi.org/10.1080/02642069.2023.2258799

Kizilcec, R. F., & Lee, H. (2020). Algorithmic fairness in education. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2007.05443

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2024). *Intelligence unleashed: An updated perspective on AI in education*. Pearson. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14406.22087
Mak, J., Nakatumba-Nabende, J., Clear, T., et al. (2025). Navigating the ethical and societal impacts of generative AI in higher computing education. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2511.15768
Memarian, B., & Doleck, T. (2023). Fairness, accountability, transparency, and ethics (FATE) in artificial intelligence and higher education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100152. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100152
Microsoft Education. (2024). Explore insights from the AI in education report. https://www.microsoft.com/en-us/education/blog/2024/04/explore-insights-from-the-ai-in-education-report
Pang, W., & Wei, Z. (2025). Shaping the future of higher education: A technology usage study on generative AI innovations. *Information, 16*(2), 95. https://doi.org/10.3390/info16020095
Papagiannidis, S., et al. (2023). Toward AI governance: Identifying best practices and potential barriers and outcomes. *Information Systems Frontiers*. https://doi.org/10.1007/s10796-022-10251-y
Page, S. E., & Kallapur, A. (2025). Replace, augment, disrupt: AI & organizational decision-making. *Journal of Organization Design*. https://doi.org/10.1007/s41469-025-00194-4
Sampah, S. N. A., Bagabaga, M. N., Krampa, E. K., Issah, M., Essel, H. B., & Adu-Agyem, J. (2026). Generative AI competence and student engagement in higher education. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*. https://doi.org/10.32674/3s3cx241
Singh, H., Singh, J., Singh, S., Shahid, S. I., Hassan, M., & Najaran, T. (2026). Exploring student perception on GenAI adoption in higher education: A descriptive study. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2603.27777
Sposato, M. (2026). Leading hybrid intelligence systems: A general systems theory approach. https://doi.org/10.1108/VJIKMS-06-2025-0220
Suri, K. (2025). Augmented leadership in a hybrid intelligence world. *SSRN*. https://ssrn.com/abstract=5671110
Tang, X., Chen, S., Cheng, Y., Chawla, N. V., Metoyer, R., & Ambrose, G. A. (2025). Understanding student attitudes and acceptability of GenAI tools in higher education. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2508.01926
Technological Forecasting and Social Change. (2025). Artificial intelligence in higher education: Research notes from a longitudinal study. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124115
UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research
Wang, H., Dang, A., Wu, Z., & Son, M. (2023). Generative AI in higher education: Policies, resources, and guidelines. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2312.05235
Williamson, B., & Eynon, R. (2023). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology, 48*(1), 1-17. https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2167831
Williamson, B., & Eynon, R. (2023). Critical perspectives on AI in education: Governance and ethics. In *Handbook of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.4337/9781800375413.00037
Williams, R. T. (2024). The ethical implications of using generative chatbots in higher education. *Frontiers in Education, 8*, 1331607. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1331607
Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2024). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00434-5

INTEGRATING SPECTRAL WATER INDICES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AUTOMATED WATER QUALITY ASSESSMENT

Dr. Muhammad Mazhar Iqbal
Water Management Training Institute, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of Punjab, Lahore 54000, Pakistan
Tehmena Rashid
Agriculture Mechanization Research Institute (AMRI) Multan, Agriculture Department, Government of Punjab, Multan 60000
Shafiq-ur-Rehman
Hafiz Shoukat Ali
Muhammad Naveed
Dr. Abdullah Hammad
Water Management Training Institute, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of Punjab, Lahore 54000, Pakistan

ABSTRACT

Reliable monitoring of surface water quality is increasingly challenged by fragmented datasets, diverse modelling practices, and limited transparency in predictive frameworks. Artificial intelligence integrated with satellite remote sensing has emerged as a promising solution for large-scale and near–real-time water quality assessment. This study compares AI-driven approaches that utilise multispectral satellite imagery from platforms such as Sentinel-2 MSI, Landsat-8/9 OLI, MODIS, and PlanetScope to estimate key water quality indicators and composite indices.

Most approaches focus on retrieving optically active parameters including chlorophyll-a, turbidity, total suspended solids (TSS), coloured dissolved organic matter (CDOM), and Secchi disk depth, while non-optically active parameters such as dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), pH, and nutrients are commonly inferred through indirect modelling and data fusion. Widely used spectral indices include the Normalized Difference Turbidity Index (NDTI), Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI), Floating Algae Index (FAI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), and Automated Water Extraction Index (AWEI), which are frequently combined with machine learning algorithms such as Random Forest, Support Vector Regression, Gradient Boosting, Artificial Neural Networks, and Convolutional Neural Networks.

Despite strong predictive performance reported across models, evaluation practices rely primarily on conventional metrics such as R^2, RMSE, and MAE, with limited attention to uncertainty quantification, explainability, and model transferability across regions and seasons. The absence of standardised preprocessing workflows, atmospheric correction strategies, and benchmark datasets continues to constrain reproducibility and operational adoption. This work outlines key methodological challenges and highlights future directions for developing robust and scalable AI-enabled satellite-based water quality monitoring systems.

Keywords: Surface water quality; Sentinel-2; Landsat-8/9; MODIS; Spectral indices; Machine learning; Deep learning.

DIGITAL SKILL DEVELOPMENT AMONG HIGHER EDUCATION STUDENTS: EMPIRICAL EVIDENCE ON AWARENESS, PROFICIENCY, AND CAREER PROSPECTS

Anxhela FERHATAJ
University of Tirana, Tirana, Albania
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1054-2351

ABSTRACT
Digital skills constitute a foundation of contemporary technology-driven societies and are essential for competitiveness in the digital economy. The aim of this research paper is to explore the development of students' digital skills by analyzing their perceptions, proficiency, and future prospects. The study sample consisted of 309 students from higher education institutions in Albania. The findings show that students are aware of the importance of digital skills, particularly in relation to labour-market demands and future career development. The data analysis revealed that programming is the most developed digital skill among students. In addition, students recognize the growing importance of developing skills in cybersecurity and artificial intelligence, driven by recent technological trends. Overall, students report positive perceptions of their digital skill development and consider digital skills crucial for future education and career paths. Students who have participated in training, certifications, workshops, and other digital development activities report higher levels of self-assessed proficiency in key digital areas. Moreover, students' willingness to invest time and resources in improving their digital competencies demonstrates a strong interest in further skill development. The study suggests that universities should adapt their curricula by integrating comprehensive digital skill development programs, with particular emphasis on advanced fields such as deep learning, data science, and cybersecurity, where students report lower levels of proficiency.
Keywords: digital skills, higher education students, digital proficiency, student awareness, career prospects

1. INTRODUCTION
Digital skills have become essential competencies in contemporary technology-driven societies. They are used in a wide range of everyday and professional activities, including online information search, programming, online booking, financial transactions, website management, digital communication, and the use of various online services. As digital transformation continues to reshape economies, education systems, and labour markets, the development of digital skills has become a key requirement for individual employability, institutional competitiveness, and social participation.

In a world characterized by rapid technological change, advanced digital skills are increasingly recognized as a foundation for Europe's digital future (European Commission, 2023). Digital competencies positively influence employment opportunities (Pirzada & Khan, 2013) and support the development, adoption, and effective use of emerging technologies. At the same time, the increasing integration of artificial intelligence, automation, and data-driven systems in different sectors is transforming job requirements and creating new challenges for the workforce (World Economic Forum, 2023). As a result, individuals are expected to possess not only basic digital skills but also more advanced competencies that allow them to adapt to technological change and remain competitive in the labour market.

The concept of digital skills has been defined in different ways by international organizations and researchers. According to the European Commission (2023), digital skills involve the safe, critical, and responsible use of information society technologies for work, learning, communication, and everyday life. Basic digital skills generally include the ability to use computers and digital devices, while advanced skills include programming, digital content creation, online security, data management, and other specialized technological competencies. Similarly, the UNESCO Institute for Statistics (2009) defines digital skills as the ability to use digital devices, communication applications, and networks to access, manage, and use information effectively. These skills include both theoretical knowledge and practical competencies needed to navigate digital environments.

The European Union has placed strong emphasis on the development of digital technologies and digital competencies as part of its broader digital transformation agenda (European Commission, 2023). In this context, higher education institutions play a crucial role in preparing students for the demands of a rapidly changing labour market. Universities are expected to equip students with relevant digital competencies, support lifelong learning, and foster readiness for emerging fields such as artificial intelligence, cybersecurity, data science, digital marketing, and advanced software use. Therefore, understanding how students perceive their own digital skill development is important for identifying strengths, gaps, and areas where curricula and training programs can be improved.

The aim of this research paper is to examine the development of digital skills among higher education students by analysing their perceptions, self-assessed proficiency, and future career prospects. Specifically, the study focuses on students' awareness of the importance of digital skills in the labour market, their level of proficiency in key digital areas, and their willingness to invest time and resources in further developing these competencies. The research question is as follows: How do students perceive their digital skill development in terms of awareness, proficiency, and future prospects in key digital areas?

2. LITERATURE REVIEW

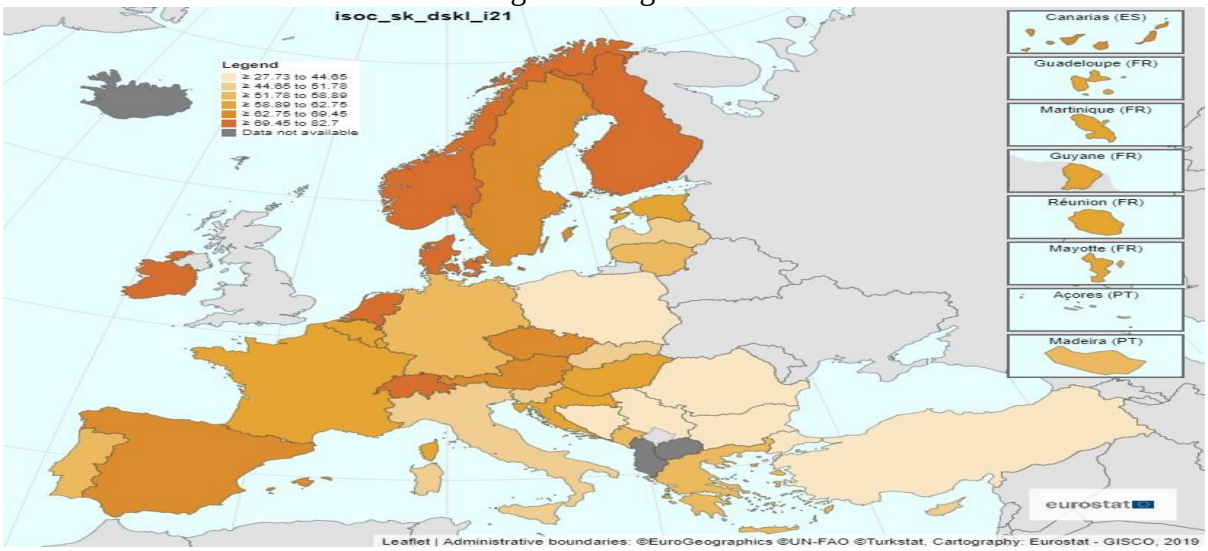
Digital skills have been widely examined in the literature as essential competencies for education, employability, and participation in the digital economy. They play a central role in preparing students with the competencies required by an increasingly technology-driven labour market (Pirzada & Khan, 2013). Technological developments have accelerated the integration of digital tools and systems across various industries, increasing the demand for employees with both basic and advanced digital skills (Saabeel, Gergorič, Thornley, & Kocbek, 2021). In this context, students who recognize the importance of digital skills for their future careers are more likely to seek opportunities for further development through self-study, online courses, workshops, and other forms of digital learning (Learning and Work Institute, 2021; Eynon & Malmberg, 2011; Calderón, Sanmartín Ortí, & Kuric, 2022; Kimmons & Veletsianos, 2014).

The growing demand for digital competencies is also reflected in labour-market reports. According to the Learning and Work Institute (2021), 60% of businesses expect the need for advanced digital skills to increase in the coming years, while 88% of young people consider digital skills crucial for their career development. However, despite the increasing demand for advanced digital competencies, participation in digital skills training among young people remains limited. The same report indicates that only 48% of employers in the United Kingdom believe that students possess sufficient advanced digital skills upon graduation, while 76% of businesses report that a lack of advanced digital skills negatively affects business performance. These findings highlight the importance of strengthening digital skills development within education systems.

The transformation of the labour market is further intensified by the rapid adoption of artificial intelligence, big data, cloud computing, and digital platforms. The World Economic Forum (2023), based on a study involving 803 international companies, reports that more than 75% of companies expect to adopt technologies such as big data, cloud computing, and artificial intelligence in the next five years. In addition, 86% of companies expect to integrate online platforms and mobile applications into their operations. Emerging fields such as artificial intelligence, machine learning, big data, and cybersecurity are expected to be among the main drivers of job growth, emphasizing the need for continuous learning and advanced digital skill development.

At the European level, digital skills are considered essential for building an inclusive and competitive digital society. The European Union's Digital Decade target aims for at least 80% of the population to have basic digital skills by 2030. However, Eurostat data show that in 2024, approximately 56% of individuals aged 16-74 in the EU had at least basic overall digital skills, indicating that further efforts are needed to close the digital skills gap (Eurostat, 2024). Differences among EU countries remain considerable, with the Netherlands reporting the highest share of individuals with basic digital skills, at 83%, while Romania reports the lowest share, at 28% (Eurostat, 2024).

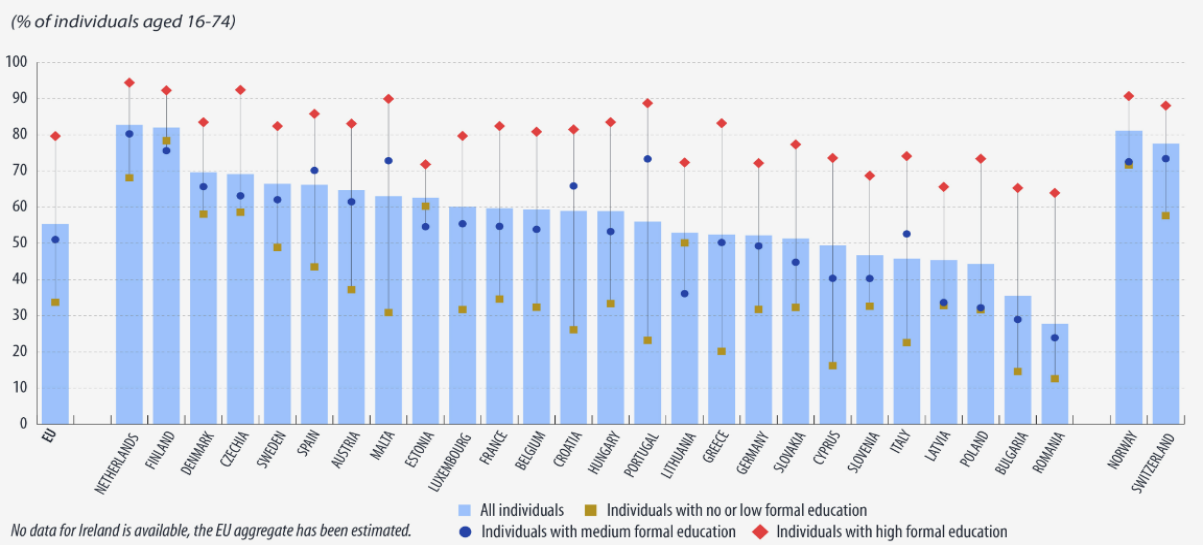
Figure 1. Digital skills



Source: (Eurostat, 2024)

Education is an important factor influencing the level of digital skills. Eurostat data indicate that individuals with higher levels of education are more likely to possess basic or above-basic digital skills. In particular, the share of individuals with postsecondary education who possess at least basic digital skills is considerably higher than that of individuals with lower levels of education (Eurostat, 2024). This finding reinforces the role of education systems, particularly higher education institutions, in developing students' digital competencies and reducing digital inequalities.

Figure 2. Digital skills according to education level

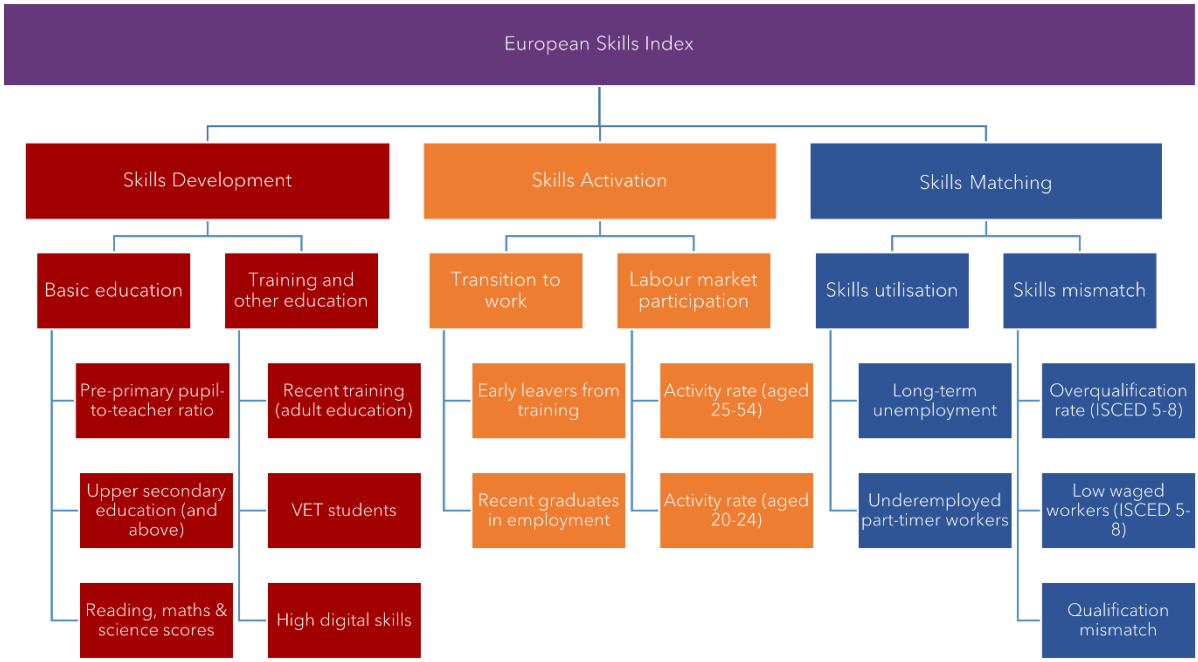


Source: (Eurostat, 2024)

Digital transformation has also increased the demand for ICT specialists across Europe. In 2024, more than 10 million people were employed as ICT specialists in the European Union, representing 5.0% of total employment. From 2014 to 2024, the number of ICT specialists in the EU increased by 62.2%, which was substantially higher than the overall growth in total employment during the same period. These figures demonstrate the growing importance of digital expertise in the European labour market (Eurostat, 2025). The European Union's Digital Decade target aims to increase the number of ICT professionals from approximately 10.3 million in 2024 to 20 million by 2030, while also promoting greater gender balance in the sector. However, gender disparities remain significant. In 2024, men represented 80.5% of ICT specialists in the EU, while women accounted for only 19.5%. These figures highlight the importance of promoting inclusive digital skills development and encouraging broader participation in ICT-related fields, particularly among women and underrepresented groups. According to a report from the European Software Skills Alliance (ESSA), the most necessary skill for software developers is programming skills (Java, JavaScript, HTML, Python, C++, and C#) (Saabeel, Gergorič, Thornley, & Kocbek, 2021).

The European Skills Index, developed by CEDEFOP, provides another framework for understanding skills performance across European countries. The index measures performance in three main dimensions: skills development, skills activation, and skills matching (CEDEFOP, 2024). Skills development refers to education and training systems that support the acquisition of skills. Skills activation concerns the transition from education and training to employment, while skills matching reflects the alignment between skills and labour-market needs. This framework is particularly relevant for studies on digital skills, as it highlights the need to connect education, employability, and labour-market demand. The figure below (Figure 3) shows in detail each of the components along with the elements that they include.

Figure 3. European skills index (ESI)



Source: (CEDEFOP, 2024)

Digital skills can also be classified according to their role in society, employment, and education. EU4Digital (2019) identifies four main categories: digital skills for all citizens, digital skills for the workforce and the digital economy, digital skills for ICT professionals and digital experts, and digital skills in education and lifelong learning. This classification shows that digital competencies are not limited to ICT specialists, but are necessary for all individuals who participate in modern digital societies. For students, this means that digital skill development should include both general competencies, such as digital literacy and safe technology use, and advanced competencies, such as programming, cybersecurity, data science, digital content creation, and artificial intelligence.

In the Albanian context, digital transformation has also increased the importance of ICT and advanced digital skills. According to INSTAT data for 2025, 99.4% of enterprises with more than 10 employees had computers with Internet access for work purposes, compared with 99.3% in 2024. The data also show an increase in the share of enterprises employing ICT specialists, from 29.7% in 2024 to 31.8% in 2025. In addition, 61.0% of enterprises using computers with Internet access had a website in 2025, compared with 57.7% in 2024, while 86.5% used social media, compared with 83.1% in 2024. These figures indicate the continued expansion of digitalization among Albanian enterprises and underline the growing demand for ICT-related competencies. Therefore, strengthening students' digital preparation is essential, particularly in advanced areas such as coding, data science, cybersecurity, digital content creation, and the use of emerging digital technologies. Previous research also highlights differences in digital skill development across gender and advanced digital areas. Ferhataj and Memaj (2024) emphasize gender gaps in advanced digital skills, particularly in cybersecurity, where male students report higher levels of proficiency. Such gaps may limit equal participation in digital professions and reduce the available talent pool for businesses and institutions. Addressing these disparities is therefore important for building an inclusive and diverse digital workforce in Albania.

The study's hypotheses are as follows:

- H1: Students who are aware of the importance of digital skills in the labour market are more likely to seek opportunities for skill development. ($\alpha = 0.05$).
- H2: Students with higher self-assessed digital proficiency have a more positive perception of their future career prospects. ($\alpha=0.05$).
- H3: Students who have attended digital skill development programs have higher levels of self-assessment in key digital areas than students who have not attended such programs. ($\alpha = 0.05$).

3. METHODOLOGY

This study employed a quantitative survey design to examine students' perceptions of digital skill development in terms of awareness, proficiency, and future career prospects. Data were collected through a structured online questionnaire administered during the 2023-2024 academic year to students enrolled in higher education institutions in Albania. Participation in the study was voluntary, and responses were collected anonymously to ensure the confidentiality of participants.

The questionnaire consisted of multiple-choice items and five-point Likert-scale statements ranging from "strongly disagree" to "strongly agree". It was developed on the basis of conceptual and empirical literature on digital skills, employability, student self-perception, and emerging technological competencies. In particular, the instrument was informed by studies and policy frameworks that define digital skills and emphasise their relevance for education, labour-market readiness, and lifelong learning, including the European Commission's digital skills framework, UNESCO's conceptualisation of digital skills, and prior research on digital competence and employability (European Commission, 2023; UNESCO Institute for Statistics, 2009; Pirzada & Khan, 2013; Vuorikari, Kluzer, & Punie, 2022). The questionnaire was also guided by literature highlighting students' awareness of digital skills, their motivation to pursue further development opportunities, and the growing importance of advanced domains such as programming, cybersecurity, artificial intelligence, and data science (Learning and Work Institute (U.K.), 2021; Eynon & Malmberg, 2011; Calderón, Sanmartín Ortí, & Kuric, 2022; Kimmons & Veletsianos, 2014; Saabeel, Gergorič, Thornley, & Kocbek, 2021; Ferhataj & Memaj, 2024; World Economic Forum, 2023).

Accordingly, the instrument assessed a broad range of digital competencies, including programming, the Internet of Things, cybersecurity, digital marketing, artificial intelligence, data science, and advanced software. It also captured the study's three core analytical dimensions: awareness, proficiency, and future prospects. A total of 345 responses were initially collected, of which 309 valid questionnaires were retained for the final analysis, resulting in a valid response retention rate of approximately 89.6%.

The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha. The coefficient was 0.872, exceeding the commonly accepted threshold of 0.70. This indicates good internal consistency among the questionnaire items and supports the reliability of the instrument for further statistical analysis.

All analyses were conducted using JASP version 0.95.4.0, with hypothesis testing performed at a 95% confidence level. The analytical strategy combined descriptive and inferential statistics. Descriptive statistics were used to summarise the main characteristics of the sample and the overall response patterns across variables. Spearman's rho correlation was applied to test the associations proposed in H1 and H2, as the data were derived from ordinal Likert-scale responses and were therefore more appropriately examined using non-parametric procedures (Lovie, 1995). To test H3, the Mann-Whitney U test was used to compare students

who had participated in digital skill development activities, such as courses, workshops, and certifications, with those who had not. In addition, Bayes Factor sequential analysis was used as a complementary graphical representation of selected findings. The descriptive data of the study sample are presented in Figures 4-7.

Figure 4. Education level

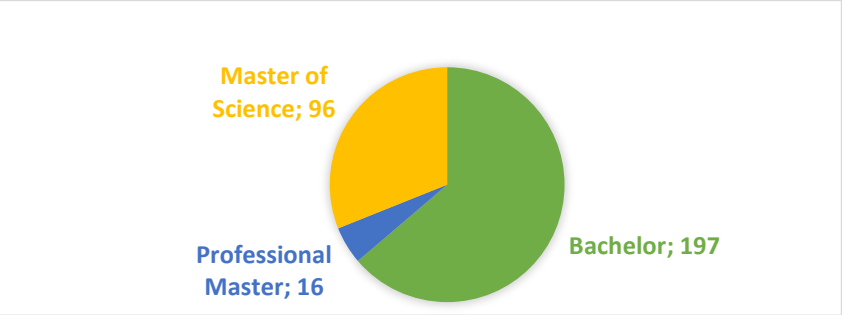


Figure 5. Study program

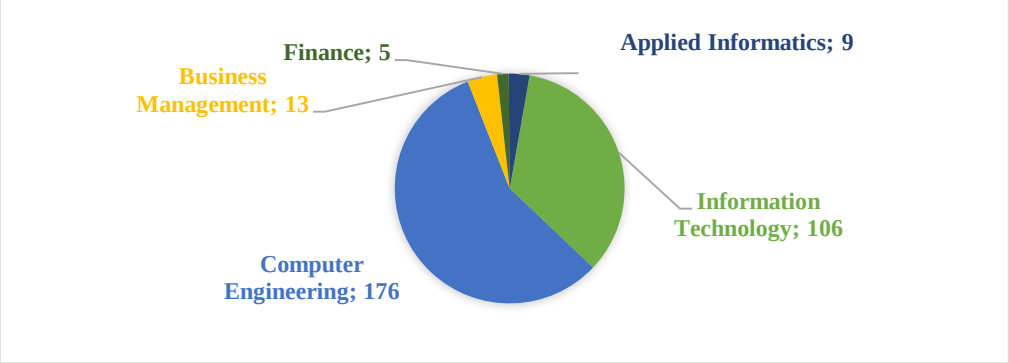


Figure 6. Gender

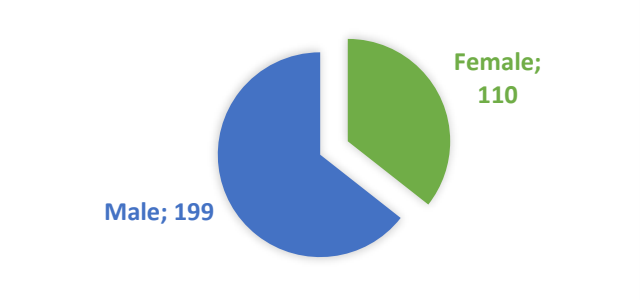
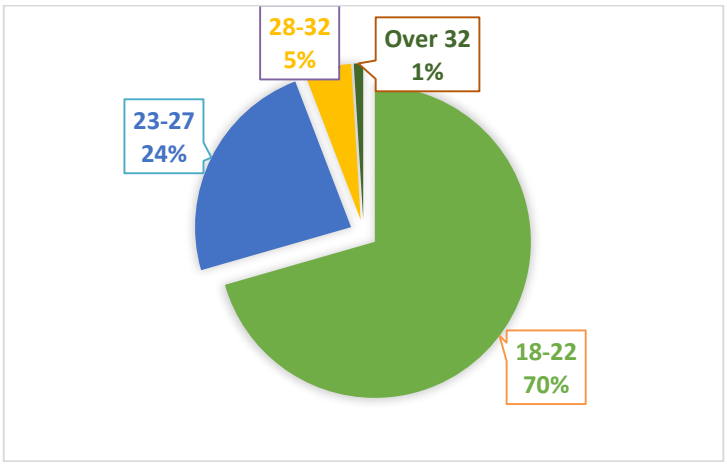


Figure 7. Age



4. FINDINGS

The data indicate that the most frequently reported digital skill among students is programming (231 responses). Web design ranks second (137 responses), followed by web development (108 responses). In contrast, only a limited number of students reported possessing deep learning skills. These findings suggest that students are more familiar with commonly used digital competencies, while more advanced and specialized areas remain less developed. Students also appear to be attentive to recent technological trends and are increasingly oriented toward the development of skills in cybersecurity and artificial intelligence (Abou Hashish & Alnajjar, 2024). These digital skills are highly relevant to labour-market demands (Zhang & Prichard, 2009) and may strengthen students' future employability prospects. Figure 8 presents the distribution of students' reported digital skills.

Figure 8. Students' digital skills

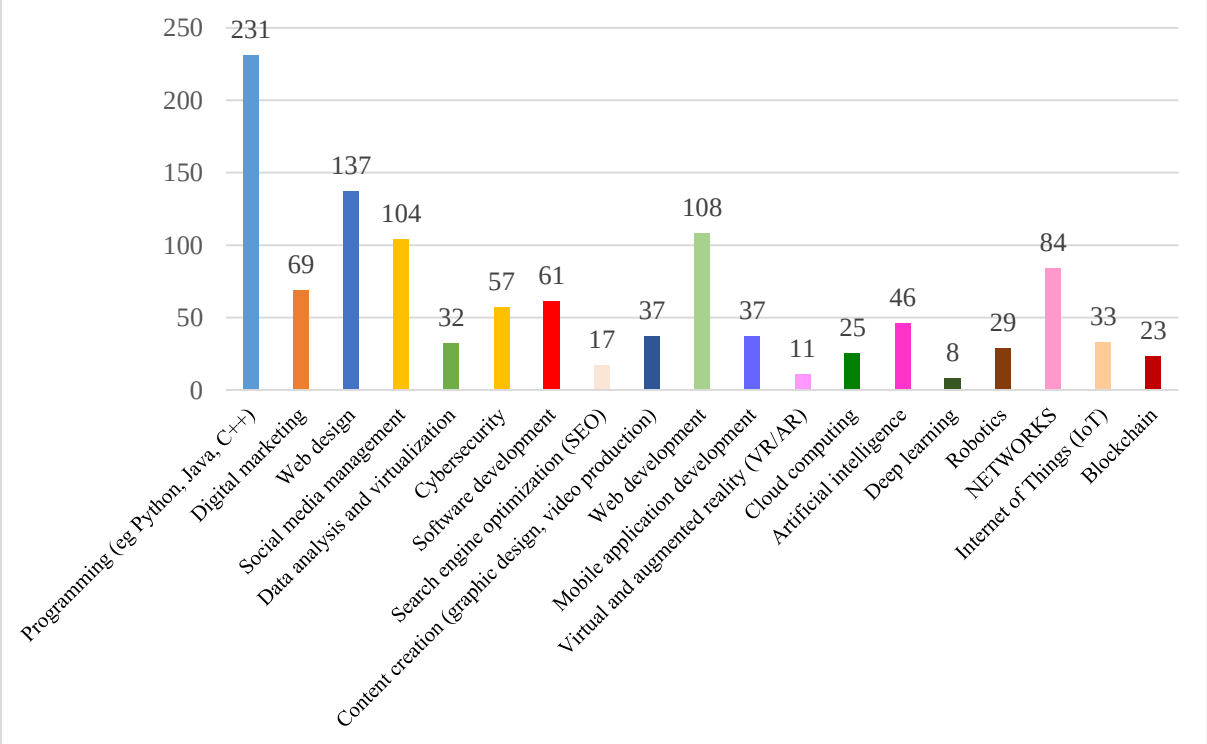


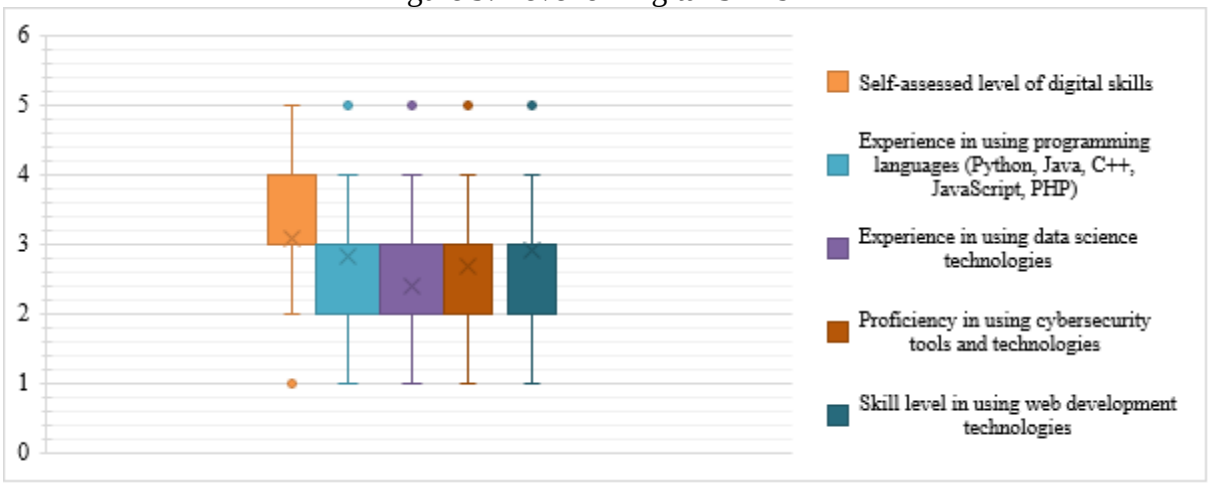
Table 1 and Figure 9 present students' self-assessed levels of digital skills in key ICT professional areas. The overall mean score for students' digital skills was 3.091 on a five-point Likert scale, where 1 indicates no experience and 5 indicates expert-level proficiency. This result suggests a moderate level of self-assessed digital proficiency among students. Regarding

programming languages, students reported a mean score of 2.806, suggesting a moderate level of experience in programming. The mean score for data science technologies was 2.382, which is lower than the scores reported for general digital skills, programming, and web development. For cybersecurity tools and technologies, the mean score was 2.676, reflecting a moderate but still developing level of proficiency. Web development technologies recorded a mean score of 2.919, which is relatively higher than data science and cybersecurity. Overall, these findings indicate that students would benefit from further development of advanced digital skills in key ICT areas, particularly in data science, cybersecurity, and programming. Therefore, universities should consider adapting their curricula to better address these skill gaps.

Table 1. Digital skills for ICT

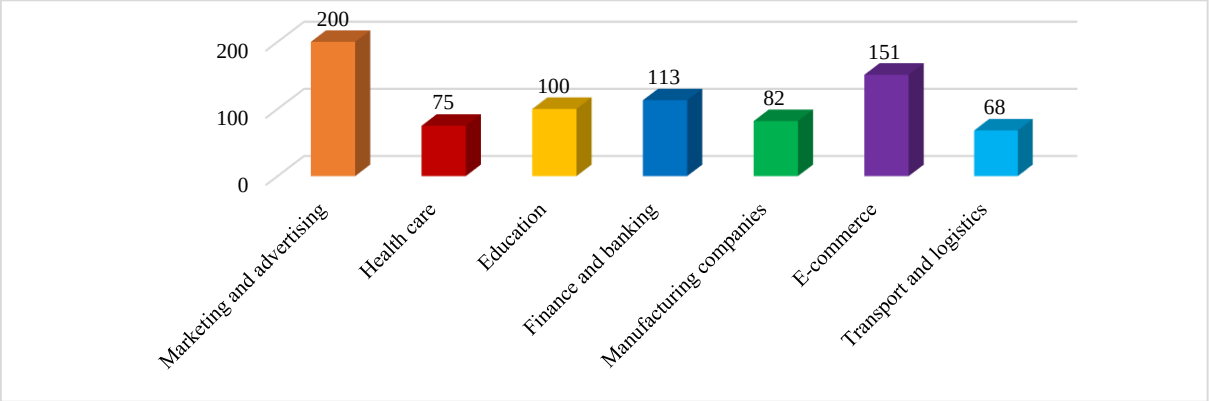
	Valid	Mean	Minimum	Maximum
Self-assessed level of digital skills	309	3.091	1	5
Experience in using programming languages (Python, Java, C++, JavaScript, PHP)	309	2.806	1	5
Experience in using data science technologies	309	2.382	1	5
Proficiency in using cybersecurity tools and technologies	309	2.676	1	5
Skill level in using web development technologies	309	2.919	1	5

Figure 9. Level of Digital Skills



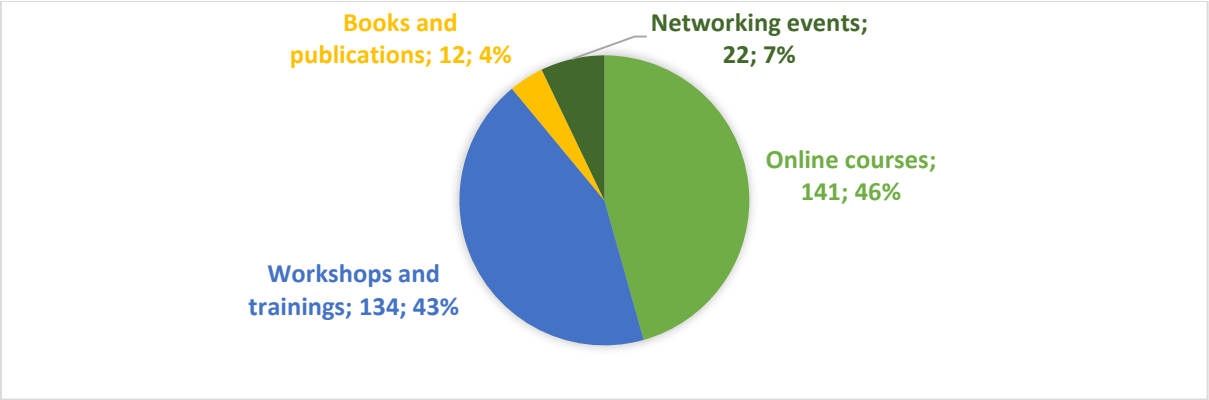
In terms of students' perceptions of the future impact of digital skills across industries, the findings show that marketing and e-commerce are perceived as the fields most likely to be affected by digital skills over the next five years. This suggests that students associate digital transformation not only with technical ICT fields, but also with business-oriented sectors where digital tools, online platforms, data analysis, and digital communication play an increasingly important role. Figure 10 presents the industries perceived by students as most affected by digital skills in the next five years.

Figure 10. Impact of digital skills on industry



Regarding the resources used to develop and improve digital skills, students reported that they mainly rely on online courses (46%) and workshops or training sessions (43%). A smaller share of students reported using events (7%) and publications or books (4%) as resources for digital skill development. These findings indicate that students prefer flexible and practice-oriented learning formats, particularly online courses and training activities. Figure 11 presents the main resources used by students for digital skill development.

Figure 11. Resources for the development of digital skills



How do students perceive their digital skill development in terms of awareness, proficiency, and future prospects in key digital areas?

The research question examined how students perceive their digital skill development in terms of awareness, proficiency, and future prospects in key digital areas. Overall, students report positive perceptions of the importance of digital skills in the labour market and express a willingness to invest in the further development of these competencies (Calderón, Sanmartín Ortí, & Kuric, 2022). Although differences exist across specific digital skill areas, the findings indicate that students generally demonstrate a high level of awareness regarding the relevance of digital competencies for their education, employability, and future career development.

In terms of awareness, students reported mean scores above 3.6 across all awareness-related items. The highest mean score was recorded for the perceived importance of digital skills in the labour market (M = 3.76), followed by the importance of soft skills in the digital age (M = 3.72) and the role of educational institutions in digital skill training (M = 3.70). These findings suggest that students are aware of the growing importance of digital skills for both academic and professional development.

Regarding proficiency, students expressed relatively high confidence in their ability to adopt and learn new digital technologies (M = 3.71) and to collaborate through online platforms (M = 3.51). However, lower mean scores were observed in more specialized areas, particularly

data analysis and visualization tools (M = 2.75) and agile project management tools (M = 2.62). These results indicate that while students feel confident in general digital adaptation and online collaboration, they still require further development in advanced and specialized digital competencies.

With respect to future prospects, students reported positive perceptions of the role of digital skills in employment and career development. The highest mean score in this dimension was recorded for the statement that digital skills are critical for employment opportunities (M = 3.80), followed by students' willingness to invest time and resources in improving their digital skills (M = 3.76). This indicates that students recognize the importance of digital competencies for their future careers and are motivated to further develop them (Pirzada & Khan, 2013). Detailed descriptive statistics for each dimension are presented in Table 2.

Table 2: Awareness, proficiency, and prospects

		Valid	Mean	Minimum	Maximum
Awareness	The value of digital skills in the labour market	309	3.76	1	5
	Digital skill training provided by educational institutions	309	3.7	1	5
	Increased demand for digital skills after COVID-19	309	3.68	1	5
	Digital literacy and citizenship for future education and careers	309	3.52	1	5
	The importance of soft skills in the digital age	309	3.72	1	5
Proficiency	Confidently adopt and learn digital technologies	309	3.71	1	5
	Confidence in addressing technical problems	309	3.4	1	5
	Proficiency in Programming Languages and Software Tools	309	3.21	1	5
	Confidence in collaborating through online platforms	309	3.51	1	5
	Experience with Database Management in SQL	309	3.18	1	5
	Experience with data analysis and visualization tools	309	2.75	1	5
	Experience with agile project management tools	309	2.62	1	5
Prospects	Digital skills are critical for employment opportunities.	309	3.8	1	5
	Confidence in protecting digital information	309	3.36	1	5
	Willingness to invest time and resources in developing digital skills	309	3.76	1	5

H1: Students who are aware of the importance of digital skills in the labour market are more likely to seek opportunities for skill development. ($\alpha = 0.05$).

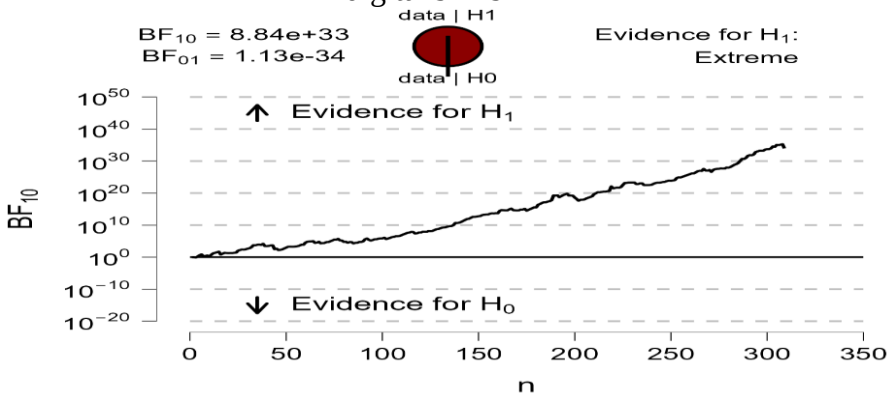
To test H1, Spearman's rho correlation was applied because the variables were measured using ordinal Likert-scale responses (Table 3). The results indicate a statistically significant moderate positive association between students' awareness of the importance of digital skills in the labour market and their tendency to seek opportunities for digital skill development, $\rho = 0.452$, $p < .001$. This suggests that students who place greater importance on digital skills in relation to labour-market demands are more likely to report actively seeking opportunities to develop these skills. Figure 12 presents the Bayes Factor sequential analysis for H1. The results provide extreme evidence in favour of the alternative hypothesis, with $BF_{10} = 8.84 \times 10^{33}$, indicating that the data strongly support the positive association between students' awareness of the importance of digital skills in the labour market and their tendency to seek opportunities for digital skill development. This finding complements the Spearman's rho correlation result, $\rho = 0.452$, $p < .001$, and further supports H1.

Table 3. Spearman's rho Correlations

Variable		Importance of digital skills	Opportunities to develop digital skills
Importance of digital skills	n	—	
	Spearman's rho	—	
	p value	—	
Opportunities to develop digital skills	n	309	—
	Spearman's rho	0.452	—
	p value	< .001***	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Figure 12: Importance of digital skills in the job market and opportunities to develop digital skills



H2: Students with higher self-assessed digital proficiency have a more positive perception of their future career prospects. (α=0.05).

To test H2, Spearman's rho correlation was used to examine the relationship between students' self-assessed digital proficiency and their perceptions of future career prospects (Table 4). The results show a statistically significant positive association between the two variables, $\rho = 0.272$, $p < .001$. Although the strength of the relationship is modest, the finding suggests that students who report higher levels of digital proficiency tend to have more positive perceptions of their future career opportunities. Figure 13 presents the Bayes Factor sequential analysis for H2. The results provide extreme evidence in favour of H2, with $BF_{10} = 6.84 \times 10^{15}$, indicating strong support for the positive association between students' self-assessed digital proficiency and their perceptions of future career prospects. This finding complements the Spearman's rho result, $\rho = 0.272$, $p < .001$, and further supports H2.

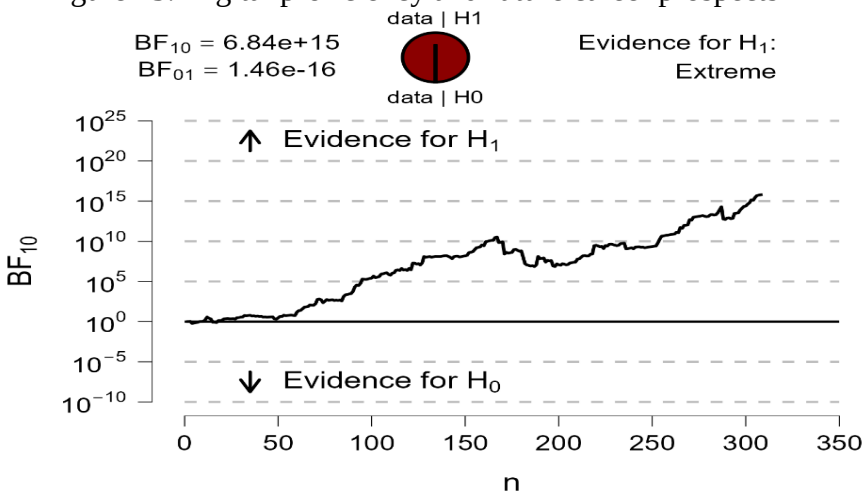
Table 4: Spearman's rho Correlations

Variable		Proficiency in digital skills	Future career prospects
Proficiency in digital skills	n	—	
	Spearman's rho	—	
	p value	—	
Future career prospects	n	309	—
	Spearman's rho	0.272***	—
	p value	< .001	—

Source: Author's creation

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Figure 13. Digital proficiency and future career prospects



H3: Students who have attended digital skill development programs have higher levels of self-assessment in key digital areas than students who have not attended such programs. (α = 0.05).

A Mann-Whitney U test was applied to examine whether there were statistically significant differences between students who had participated in digital skill development activities, such as training, workshops, courses, or certifications, and those who had not participated in such activities. This test was considered appropriate because it compares two independent groups when the data are ordinal or do not meet the assumptions of normal distribution (Mann & Whitney, 1947).

The results show statistically significant differences across all four digital skill areas examined: programming, data science, cybersecurity, and digital content creation. As shown in Table 5, the differences between the two groups were statistically significant for programming, W = 3248.5, p < .001; data science, W = 3646, p < .001; cybersecurity, W = 2300.5, p < .001; and digital content creation, W = 1767, p < .001.

The descriptive results presented in Table 6 further indicate that students who had participated in digital skill development programs reported higher mean scores in all examined areas than students who had not participated in such programs. The largest difference was observed in cybersecurity, where students who had participated in development programs reported a mean score of 3.794, compared with 2.654 among students who had not participated. Similar differences were observed in digital content creation (M = 3.140 vs. M = 2.212), programming (M = 2.591 vs. M = 1.942), and data science (M = 3.047 vs. M = 2.423).

These findings suggest that participation in digital skill development activities is associated with higher self-assessed proficiency in key digital areas. Overall, H3 is supported at the 95% confidence level. The findings also underline the importance of structured training, certifications, workshops, and curriculum-based initiatives in supporting students' development of advanced digital competencies.

Table 5. Mann-Whitney U test

	W	**p**
Digital Skill: Programming	3248.5	< .001
Digital Skill: Data Science	3646	< .001
Digital Skill: Cybersecurity	2300.5	< .001
Digital Skill: Digital content creation	1767	< .001

Table 6. Descriptive statistics

	Group	N	Mean
Digital Skill: Programming	Students who did not participate in digital skill development programs	52	1.942
	Students who participated in digital skill development programs	257	2.591
Digital Skill: Data Science	Students who did not participate in digital skill development programs	52	2.423
	Students who participated in digital skill development programs	257	3.047
Digital Skill: Cybersecurity	Students who did not participate in digital skill development programs	52	2.654
	Students who participated in digital skill development programs	257	3.794
Digital Skill: Digital content creation	Students who did not participate in digital skill development programs	52	2.212
	Students who participated in digital skill development programs	257	3.14

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study examined students' perceptions of digital skill development in terms of awareness, proficiency, and future career prospects. The findings show that students are aware of the importance of digital skills, particularly in relation to labour-market demands and career development. Programming emerged as the most frequently reported digital skill, followed by web design and web development. However, fewer students reported skills in more advanced areas such as deep learning, data science, and cybersecurity. These findings indicate the need for further development of advanced digital competencies, especially in fields closely related to current technological trends and labour-market needs.

Students' self-assessed digital proficiency in the main ICT fields was moderate, with an overall mean score of 3.091. While students showed relatively stronger confidence in general digital skills and programming, lower levels of proficiency were observed in more specialized areas such as data science and cybersecurity. Students mainly relied on online courses and workshops or training sessions to develop their digital skills, showing a preference for flexible and practice-oriented learning formats.

The hypothesis testing results support the main assumptions of the study. H1 was supported, showing a statistically significant moderate positive association between students' awareness of the importance of digital skills in the labour market and their tendency to seek opportunities for skill development, $\rho = 0.452$, $p < .001$. H2 was also supported, indicating a statistically significant positive association between students' self-assessed digital proficiency and their perceptions of future career prospects, $\rho = 0.272$, $p < .001$. H3 was supported as well, as students who had participated in digital skill development programs, such as courses, workshops, and certifications, reported higher self-assessed proficiency in key digital areas than those who had not participated.

Based on the findings, universities should strengthen digital skill development through updated curricula, practical training, online learning opportunities, and closer collaboration with businesses. Particular attention should be given to advanced areas such as data science, cybersecurity, artificial intelligence, digital content creation, and deep learning. Educational institutions should also encourage students to pursue certifications and continuous learning opportunities, as these may strengthen their employability and readiness for the digital labour market.

References

Abou Hashish, E., & Alnajjar, H. (2024). Digital proficiency: assessing knowledge, attitudes, and skills in digital transformation, health literacy, and artificial intelligence among university nursing students. *BMC Medical Education, 24*, 508. doi:10.1186/s12909-024-05482-3

Calderón, D., Sanmartín Ortí, A., & Kuric, S. (2022). Self-confidence and digital proficiency: Determinants of digital skills perceptions among young people in Spain. *First Monday, 27*(4). doi:10.5210/fm.v27i4.12566

CEDEFOP. (2024). *European skills index*. Retrieved June 12, 2024, from CEDEFOP: https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/european-skills-index

EU4Digital. (2019). *Thematic Areas: EU4Digital*. Retrieved June 20, 2024, from EU4Digital: https://eufordigital.eu/thematic-area/eskills/

European Commission. (2023, October 10). *Shaping Europe's digital future.* Retrieved June 3, 2024, from European Commission: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-skills

Eurostat. (2024, April 29). *Digitalisation in Europe.* Retrieved 6 5, 2024, from Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2024

Eurostat. (2025, April). *ICT specialists in employment.* Retrieved from Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_in_employment

Eynon, R., & Malmberg, L.-E. (2011). A typology of young people's Internet use: Implications for education. *Computers & Education, 56*(3), 585-595. doi:10.1016/j.compedu.2010.09.020

Ferhataj, A., & Memaj, F. (2024). Studying the Gender Gap in Advanced Digital Skills: Coding, Data Science, and Cybersecurity. *International Conference on Engineering, Natural Sciences, and Technological Developments (ICENSTED 2024)* (pp. 932-937). Erdek, Türkİye: Bayburt University Publications.

INSTAT. (2025). *Usage of Information and Communication Technologies in Enterprises, 2025.* Tirana: INSTAT. Retrieved from https://www.instat.gov.al/en/themes/science-technology-and-innovation/information-and-communication-technologies/

Kimmons, R., & Veletsianos, G. (2014). The Fragmented Educator 2.0: Social Networking Sites, Acceptable Identity Fragments, and the Identity Constellation. *Computers & Education, 72*, 292-301. doi:10.1016/j.compedu.2013.12.001

Learning and Work Institute (U.K.). (2021). *Disconnected?: exploring the digital skills gap.* London: WorldSkills UK and Enginuity.

Lovie, A. D. (1995). Who discovered Spearman's rank correlation? *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 255–269. doi:10.1111/j.2044-8317.1995.tb01063.x

Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 50–60. doi:10.1214/aoms/1177730491

Pirzada, K., & Khan, F. N. (2013). Measuring Relationship between Digital Skills and Employability. *European Journal of Business and Management, 5*(24), 124-133.

Saabeel, W., Gergorič, I., Thornley, C., & Kocbek, N. (2021). *Europe's Most Needed Software Roles and Skills.* European Software Skills Alliance.

UNESCO Institute for Statistics. (2009). *GUIDE TO MEASURING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICT) IN EDUCATION*. Montreal,, Canada: UNESCO Institute for Statistics.

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes.* Luxemburg: Publications Office of the European Union. Retrieved from https://data.europa.eu/doi/10.2760/115376

World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. Geneva: World Economic Forum.

Zhang, C., & Prichard, J. J. (2009). An Empirical Study of Cyber Security Perceptions, Awareness and Practice . *Issues in Information Systems* , 242-248.

DEEP MICRO-TARGETING PREDICTIVE NEURAL NETWORKS FOR MAXIMIZING INTERNATIONAL DONOR ACQUISITION FOR PAKISTANI NGOS

MUHAMMAD FAISAL
Assistant Professor (AI) at Allama Iqbal Open University
System Development Specialist (CCT/NSER) at CRISP World Bank Project BISP
ORCID: 0000-0002-5797-766X

ABSTRACT
Traditional fundraising campaigns for developing nations often rely on broad, unoptimized global outreach strategies that yield low conversion rates. This research introduces a predictive neural network framework customized for Dr. Faisal's NGO in Pakistan to optimize international philanthropic donor acquisition. By applying Deep Learning algorithms to massive datasets from global donor behavior registries, social media footprints, and past disaster-relief trends, the AI predicts the precise "Propensity to Donate" across various Western demographics. The system dynamically maps international donor profiles against localized humanitarian crises in Pakistan—such as rural poverty, medical shortages, and emergency malnutrition. In this 2026 framework, the AI optimizes outreach timing, channels, and storytelling themes, leading to an estimated 65% increase in high-value, recurring international contributions. The paper also demonstrates how sentiment-aware neural patterns allow the NGO to craft tailored messaging that resonates with specific diaspora communities and global grant bodies. This data-driven transformation ensures that limited fundraising capital is deployed efficiently, establishing a repeatable pipeline for reliable, long-term international funding that directly improves the standard of living for Pakistan's impoverished populations.
Keywords: Predictive Neural Networks, Donor Acquisition, Deep Learning, Propensity to Donate, International Philanthropy, Data-Driven Fundraising, Diaspora Outreach, NGO Resource Optimization, Pakistan Poverty Alleviation, Targeted Philanthropic Delivery.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBES FROM BIOCHAR UNDER MICROWAVE IRRADIATION

Faisal Nazir
2018-ag-1386
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCES,
THE UNIVERSITY OF AGRICULTURE,FAISALABAD, PAKISTAN
2023

ABSTRACT

Carbon nanotubes (CNTs) are widely used in a variety of fields to produce a diversity of products, including hydrogen storage systems, and field emitters. In the proposed study, CNTs synthesized via biochar under the microwave irradiation method. In this method, the combination of charcoal and ferrocene are used to synthesize CNTs from the biochar approach. Biochar samples for CNTs synthesis are made from pyrolyzed agro-industrial waste such as rapeseed cake, hazelnut hulls, wheat straw, and oat hulls at different temperatures. The biochar was produced from agro-industrial biomass. During experiments, 100g of biomass was placed in a microwave reactor. The samples were pyrolyzed at 400 °C to 600°C. SEM analysis was used to confirm the morphology of CNTs. SEM micrographs revealed the perfect structure of multiwall carbon nanotubes, while interlayers spacing was changed due to variation of catalysts and measured about 0.34nm. Further, the optical properties were examined by UV-visible spectroscopy. In the UV, one band is clear at 240 nm region due to resonance of nanotubes pi(π) electrons of carbon nanotubes. XRD was used to analyze the glassy structure of prepared CNTs under microwave revealed that the creation and growth of CNTs were mostly influenced by microwave irradiation and the ferrocene catalyst. The structure of CNTs was developed under microwave heating and in the presence of ferrocene catalyst. To research how nitrogen impurities adhere to CNTs, FTIR experiments were conducted in the 400–4000 cm^{-1} range. The sample's FTIR spectra exhibit prominent peaks that correspond to C-H and C=C, respectively.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONTINUOUS AUDITING: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF REAL-TIME DATA PROCESSING RESEARCH

Fatine BENKIRANE
Faculty of Legal, Economic, and Social Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
EL HJAJBI Yasmine
National School of Business and Management, University Sidi Mohamed Ben Abdellah Fez, Morocco.
Mohamed AIT OUDRA
Faculty of Legal, Economic, and Social Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
Samir ERRABIH
National School of Commerce and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
TAMNINE Larbi
National School of Commerce and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

Abstract:
This study provides a bibliometric analysis of research on artificial intelligence (AI) in continuous auditing and real-time data processing, based on Scopus-indexed publications from 2010 to 2024. It examines the evolution of the field, key thematic structures, and international collaboration patterns.
Results show a sharp increase in publications since 2018, with research concentrated on intelligent automation, fraud detection, and big data analytics, reflecting strong interdisciplinarity across accounting, information systems, and AI. Deep learning is emerging as a dominant methodological approach, supported by extensive collaboration networks across North America, Europe, and Asia.
The field is transitioning from conceptual models to practical implementations, although challenges remain regarding SME adoption and AI governance. This study offers a concise mapping of the domain and highlights key directions for future research.
Keywords:
Artificial intelligence; continuous auditing; real-time data processing; bibliometric analysis; intelligent automation

GOVERNANCE IN THE AGE OF AI: RETHINKING DECISION-MAKING THROUGH DATA AND ALGORITHMS

Fatine BENKIRANE
Faculty of Legal, Economic, and Social Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
Achraf EL IDRISSI
National School of Business and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
OUSSAMA EL-OGRI
National School of Business and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
Mohamed AIT OUDRA
Faculty of Legal, Economic, and Social Sciences, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
Samir ERRABIH
National School of Business and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
SALOUWA REMMAL
Faculty of science, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
ABDELLATIF TAGHZOUTI
National School of Business and Management, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

ABSTRACT
Artificial intelligence (AI) is increasingly reshaping organizational governance by enabling advanced analytics, automation, and intelligent decision-support systems. While these developments provide new opportunities for strategic planning, risk management, and organizational oversight, they also introduce significant challenges related to ethics, accountability, and transparency. This study offers a conceptual and exploratory analysis of AI-enabled governance and examines how algorithmic technologies are transforming governance practices and the responsibilities of decision-makers. Drawing on literature from governance, management, and information systems, the paper highlights three major dimensions of transformation: data-driven governance, algorithmic governance, and ethical AI governance. The findings indicate that AI should be viewed not only as a technological innovation but also as a driving force behind the evolution of governance structures in digitally transformed organizations. This study contributes to ongoing discussions on the future of governance in the digital era.
Keywords : Artificial Intelligence; Algorithmic Governance; Decision-Making; Corporate Governance; Digital Transformation.

CHARACTERIZATION OF BEE VENOM PROTEINS USING SDS-PAGE ELECTROPHORESIS

Assistant Professor, Shahjahan A. S.
Gopinathrao Munde National Institute of Rural Development and Research,
Dr. Babasaheb Ambedkar Marathwada University,
Chhatrapati Sambhajinagar (Aurangabad), Maharashtra, India.

ABSTRACT:
From ancient time honey and honey bee products, including royal jelly and bee venom, has emerged as a promising complementary approach in the treatment of various human diseases, including cancer. Among its components, bee venom particularly the peptide melittin has demonstrated potent anticancer properties in preclinical studies. Melittin has been shown to induce apoptosis, inhibit tumor cell proliferation, and suppress metastasis in a range of cancer cell types, including breast, lung, ovarian, and leukemia. Additionally, bee venom has been shown to modulate gut microbiota treatments and enhance gut barrier function, suggesting it's potential in treating gastrointestinal disorder. In this study, used SDS-PAGE to identify and characterize the protein components of bee venom. Different bands were analyzed to determine the protein types present in the venom. Findings provide insights into the protein composition of bee venom and its potential therapeutic applications.
Keywords: Bee venom, SDS-PAGE, melittin, Gut microbiota, protein characterization.

HOTELS AND RESTAURANTS OF BANGLADESH : A REVIEW WITH CONSIDERING THE CHARACTERISTICS OF THE INFORMAL SECTOR

Muhammad Mofazzal Hossain Rasel
PhD Researcher, Jagannath University, Dhaka

Abstract
A business or a business enterprise is operated without being regulated by any specific law of the country or without being registered by the state, is considered as the informal sector. Hotel-Restaurant is one of the informal business sector in Bangladesh. The scope of this sector starts from the remote areas of the country to elite cities. Though majority of this sector are not managed under any law, so the hotel restaurant business is marked as an informal sector. The hotel restaurant industry in Bangladesh plays a significant role in the country's urban economy and labor market, yet it has long been regarded as a major component of the informal sector. The objective of the present study is to assess why and to what extent the hotel restaurant business in Bangladesh may be classified as an informal sector, based on the characteristics, criteria, and established theoretical frameworks of informality. This research employs a qualitative methodology and uses document analysis to examine the concepts, features, and regulatory norms associated with the informal sector. The review of existing literature reveals that while several studies have addressed the problems, working conditions, and job satisfaction of hotel restaurant workers, no independent research has evaluated the sector through the theoretical indicators of informality. Therefore, this study attempts to fill this gap by conducting a comparative and interpretive assessment of the structure, labor relations, regulatory mechanisms, and policy practices of the hotel restaurant sector within the framework of informal economic activities. The findings of this research are expected to offer valuable insights for future policy formulation and discussions related to labor welfare.
Keywords: Business, Hotels and Restaurants, Informal Sector, labor welfare.

CHILD RIGHTS VIOLATIONS AND SOCIAL CRITICISM IN CHARLES DICKENS' OLIVER TWIST: A CONTEMPORARY REASSESSMENT

By **Dr Sohoutou Jean NOUNADONDE**, Lecturer in British literature and Civilization
University of Parakou (Bénin)

Abstract
This article provides a critical analysis of the representation of children's rights in Oliver Twist by Charles Dickens, highlighting various forms of exploitation, neglect, and institutional violence experienced by children in Victorian England. The study adopts a qualitative approach based on historical and biographical criticism in order to examine how the author exposes the social injustices of his time through fiction.
The analysis demonstrates that the novel goes beyond a mere depiction of childhood suffering and instead offers a sustained critique of the social and institutional structures responsible for such abuses. Furthermore, the article establishes a link between Dickens's portrayal and contemporary violations of children's rights, thereby emphasizing the continued relevance of his work.
The findings reveal that, despite legal progress in child protection, certain forms of exploitation persist, reinforcing the role of literature as a tool for social awareness and critical reflection.
Keywords: children's rights; exploitation; social injustice; Oliver Twist ; social criticism

CHRYSIN AND FERROPTOSIS: THERAPEUTIC POTENTIAL

Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT
Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Siirt
ORCID ID: 0000-0003-2215-0934

ABSTRACT
Ferroptosis, one of the regulated cell death mechanisms characterized by iron-dependent lipid peroxidation, has become one of the most prominent areas of biomedical research in recent years. Ferroptosis, which possesses distinct biochemical characteristics from apoptosis, necrosis, and autophagy, is particularly associated with glutathione depletion, glutathione peroxidase-4 (GPX4) inhibition, increased reactive oxygen species, and disturbances in iron homeostasis. Ferroptosis has been shown to play a significant role in neurodegenerative diseases, cardiovascular diseases, acute kidney injury, inflammatory processes, and various malignancies. Therefore, the suppression or controlled induction of ferroptosis holds great importance for new therapeutic strategies. Natural flavonoids have attracted attention in ferroptoxis research due to their antioxidant and anti-inflammatory properties. Chrysin (5,7-dihydroxyflavone) is a natural flavonoid found particularly in propolis, honey, and Passiflora species, and possesses strong free radical scavenging capacity. Recent experimental studies have shown that chrysin can regulate ferroptosis through the Nrf2 (Nuclear factor erythroid 2–related factor 2)/HO-1 (Heme oxygenase-1), GPX4, and PI3K/Akt signaling pathways. It has been reported that chrysin exerts neuroprotective effects by inhibiting ferroptosis in neurological disease models, while in some cancer models, it may exhibit antitumor activity by enhancing ferroptotic cell death. However, its low bioavailability and lack of clinical studies represent significant limitations. In this review, the fundamental molecular mechanisms of ferroptosis, the biological properties of chrysin, and its bidirectional regulatory effects on ferroptosis have been comprehensively evaluated in light of the current literature.
Keywords: Chrysin, Ferroptosis, Gpx4, Nrf2, Pi3k/akt

INTRODUCTION
Ferroptosis is an iron-dependent oxidative cell death mechanism first described by Dixon and colleagues (Dixon et al., 2012). Unlike classical forms of cell death, the key event in ferroptosis is the oxidative damage to polyunsaturated fatty acids in the cell membrane. Increased intracellular iron levels and insufficient antioxidant defense mechanisms accelerate lipid peroxidation, ultimately leading to the disruption of cellular membrane integrity. Studies conducted in recent years, in particular, have shown that ferroptosis is not merely an experimental process; it plays an active role in Alzheimer's disease, Parkinson's disease, ischemic stroke, diabetic complications, and various malignancies (Tang et al., 2021).
ROS+Fe2+→Lipid Peroxidation→Ferroptosis
At the core of ferroptoxis lies glutathione (GSH) depletion and GPX4 inactivation. The GPX4 enzyme reduces lipid hydroperoxides and protects the cellular membrane from oxidative damage. A decrease in GPX4 activity plays a critical role in the initiation of the ferroptotic process. Additionally, disruptions in iron metabolism increase hydroxyl radical formation via Fenton reactions and exacerbate oxidative damage.

Natural flavonoids are gaining increasing importance in ferroptosis research due to their antioxidant capacity. Chrysin is a natural flavonoid found particularly in propolis and Passiflora species (passionflower), and it is notable for its antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and neuroprotective effects. Recent studies have demonstrated that chrysin can exert bidirectional regulatory effects on ferroptosis (Stepanić et al., 2023; Živanović et al., 2024).

Molecular Mechanisms of Ferroptosis

The GPX4-GSH Axis

One of the most important regulators of ferroptosis is the GPX4-GSH defense system. GPX4 uses glutathione to convert lipid hydroperoxides formed in membrane phospholipids into non-toxic lipid alcohols. This mechanism protects the cell membrane from oxidative damage. However, when glutathione levels decrease or GPX4 is inhibited, lipid peroxidation accelerates, leading to ferroptotic cell death (Yang et al., 2014).

$GPX4+GSH \rightarrow \text{Lipid Hydroperoxides}\downarrow$

Ferroptosis inducers such as erastin and RSL3 trigger ferroptosis by inhibiting this system. Furthermore, recent studies have shown that GPX4 plays a significant role not only in antioxidant defense but also in the maintenance of mitochondrial function (Stockwell et al., 2017; Zhang et al., 2024).

Iron Metabolism and Oxidative Damage

Disruptions in iron metabolism are a key component of ferroptosis. An increase in intracellular Fe^{2+} levels leads to the formation of hydroxyl radicals via the Fenton reaction. This process causes extensive oxidative damage, particularly to membrane lipids.

$Fe^{2+}+H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+}+OH^-+OH^{\cdot}$

Ferritin degradation, increased transferrin receptors, and abnormalities in iron storage accelerate the ferroptotic process. In particular, increased iron accumulation in the brain is associated with ferroptosis in neurodegenerative diseases (Ward et al., 2014).

Lipid Peroxidation

A characteristic feature of ferroptoxis is the oxidation of membrane phospholipids. In particular, the enzymes ACSL4 and lipoxygenase play a role in the oxidation of polyunsaturated fatty acids. Toxic products formed as a result of lipid peroxidation, such as malondialdehyde (MDA) and 4-HNE, disrupt cell membrane integrity and lead to cell death (Jiang et al., 2021; Li et al., 2024).

Biological Properties of Chrysin

Chrysin is a natural flavonoid that can reduce reactive oxygen species due to its strong antioxidant capacity. It has also been reported to reduce the production of inflammatory cytokines by inhibiting the NF-κB pathway. Experimental studies have reported that it exhibits protective effects in liver, kidney, heart, and brain tissues (Kasala et al., 2015).

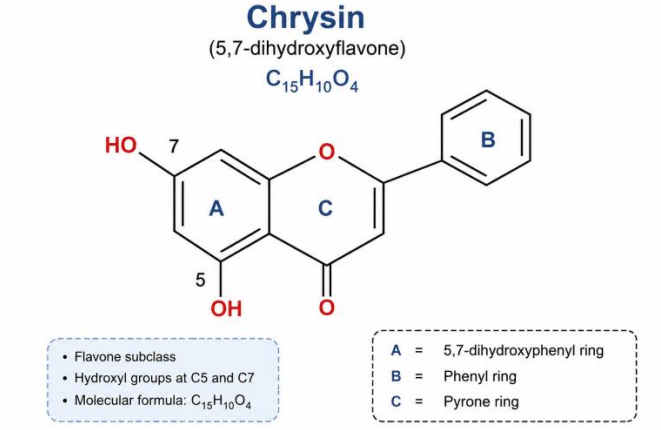


Figure. The chemical structure of chrysin

The biological effects of chrysin are primarily based on Nrf2 activation, increased expression of antioxidant enzymes, and inhibition of lipid peroxidation. However, its low oral bioavailability poses a significant disadvantage for clinical applications. Recent studies on nanoparticle delivery systems and liposomal formulations aim to address this issue (Gao et al., 2021).

The Relationship Between Chrysin and Ferroptosis

Protective Effects via the Nrf2/GPX4 Pathway

Experimental studies have shown that chrysin can suppress ferroptosis, particularly by activating the Nrf2/GPX4 pathway. Nrf2 activation enhances antioxidant defense mechanisms and reduces lipid peroxidation (Valgimigli, 2023).

Nrf2↑→GPX4↑→Ferroptosis↓

It has been reported that chrysin administration in neurological disease models reduces MDA levels, increases GPX4 expression, and improves neurological function (Guo et al., 2026). This suggests that chrysin may be a potential agent, particularly in neuroprotective treatment strategies.

Induction of Ferroptosis in Cancer

In some cancer models, chrysin has been shown to enhance ferroptosis. Specifically, it has been reported to increase lipid peroxidation by inhibiting the PI3K/Akt/GPX4 pathway and to induce ferroptotic cell death in tumor cells (Chen et al., 2025).

ZPI3K/Akt↓→GPX4↓→Ferroptosis↑

Based on these effects, it is believed that chrysin may enhance sensitivity to chemotherapy. Given that it is a naturally occurring compound, its potential use as an adjuvant agent in anticancer therapies is of particular interest (Kurkiewicz et al., 2025).

Its Potential Role in Neurodegenerative Diseases

Ferroptosis is known to play a significant role particularly in Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and traumatic brain injury. Increased iron accumulation and oxidative stress in the brain accelerate neuronal loss (Carocci et al., 2018). It has been reported that chrysin can reduce ROS production and maintain GPX4 levels due to its antioxidant properties (Mohammed et al., 2023). Therefore, it is thought that it may be used as an adjunctive therapeutic agent in neurodegenerative diseases in the future.

Conclusion

Ferroptosis is one of the new-generation cell death mechanisms that plays a significant role in the pathogenesis of oxidative stress-related diseases. Chrysin, on the other hand, stands out among natural flavonoids capable of modulating ferroptosis due to its antioxidant and anti-inflammatory properties. Recent studies have shown that chrysin can exert bidirectional effects on ferroptoxis via the Nrf2/GPX4 and PI3K/Akt pathways. However, most current studies are at the experimental level, and clinical data are insufficient. Comprehensive clinical studies to be conducted in the future will contribute to a better understanding of chrysin's therapeutic potential.

References

Carocci, A., Catalano, A., Sinicropi, M. S., & Genchi, G. (2018). Oxidative stress and neurodegeneration: the involvement of iron. Biometals, 31(5), 715-735.

Chen, Z., Li, W., Jia, B., Yin, G., Sun, Z., Tong, Y., ... & Liu, M. (2025). Chrysin enhances sunitinib sensitivity in renal cell carcinoma by inducing ferroptosis via targeting PI3K/Akt/GPX4 pathway. Toxicology and Applied Pharmacology, 117531.

Dixon, S. J., Lemberg, K. M., Lamprecht, M. R., et al. (2012). Ferroptosis: An iron-dependent form of nonapoptotic cell death. *Cell*, 149(5), 1060–1072. https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.03.042
Gao, S., Siddiqui, N., Etim, I., Du, T., Zhang, Y., & Liang, D. (2021). Developing nutritional component chrysin as a therapeutic agent: Bioavailability and pharmacokinetics consideration, and ADME mechanisms. Biomedicine & Pharmacotherapy, 142, 112080.
Guo, D., Shao, Z., Liu, D., Guan, Y., Lian, D., Feng, J., ... & Peng, H. (2026). Chrysin Improves Cognitive Dysfunction in Rats with Intracerebral Hemorrhage by Regulating the Nrf2/GPX4 Pathway to Inhibit Ferroptosis. Molecular Neurobiology, 63(1), 1-18.
Jiang, X., Stockwell, B. R., & Conrad, M. (2021). Ferroptosis: mechanisms, biology and role in disease. Nature reviews Molecular cell biology, 22(4), 266-282.
Kasala, E. R., Bodduluru, L. N., Madana, R. M., et al. (2015). Chemopreventive and therapeutic potential of chrysin in cancer: Mechanistic perspectives. *Toxicology Letters*, 233(2), 214–225. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.01.008
Kurkiewicz, M., Moździerz, A., Rzepecka-Stojko, A., & Stojko, J. (2025). Chrysin: A comprehensive review of its pharmacological properties and therapeutic potential. Pharmaceuticals, 18(8), 1162.
Li, J., Cao, F., Yin, H. L., Huang, Z. J., Lin, Z. T., Mao, N., ... & Wang, G. (2020). Ferroptosis: past, present and future. Cell death & disease, 11(2), 88.
Mohammed, H. A., Sulaiman, G. M., Albukhaty, S., Al-Saffar, A. Z., Elshibani, F. A., & Ragab, E. A. (2023). Chrysin, the flavonoid molecule of antioxidant interest. ChemistrySelect, 8(48), e202303306.
Stepanić, V., & Kučerová-Chlupáčová, M. (2023). Review and chemoinformatic analysis of ferroptosis modulators with a focus on natural plant products. Molecules, 28(2), 475.
Stockwell, B. R., Friedmann Angeli, J. P., Bayir, H., et al. (2017). Ferroptosis: A regulated cell death nexus linking metabolism, redox biology, and disease. *Cell*, 171(2), 273–285. https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.09.021
Tang, D., Chen, X., Kang, R., & Kroemer, G. (2021). Ferroptosis: Molecular mechanisms and health implications. *Cell Research*, 31(2), 107–125. https://doi.org/10.1038/s41422-020-00441-1
Valgimigli, L. (2023). Lipid peroxidation and antioxidant protection. Biomolecules, 13(9), 1291.
Ward, R. J., Zucca, F. A., Duyn, J. H., Crichton, R. R., & Zecca, L. (2014). The role of iron in brain ageing and neurodegenerative disorders. The Lancet Neurology, 13(10), 1045-1060.
Yang, W. S., SriRamaratnam, R., Welsch, M. E., et al. (2014). Regulation of ferroptotic cancer cell death by GPX4. *Cell*, 156(1–2), 317–331. https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.12.010
Zhang, W., Liu, Y., Liao, Y., Zhu, C., & Zou, Z. (2024). GPX4, ferroptosis, and diseases. Biomedicine & Pharmacotherapy, 174, 116512.
Živanović, N., Lesjak, M., Simin, N., & Srai, S. K. (2024). Beyond mortality: exploring the influence of plant phenolics on modulating ferroptosis—a systematic review. Antioxidants, 13(3), 334.

THE MOLECULAR EFFECTS OF RUTIN ON OXIDATIVE STRESS AND INFLAMMATION

Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT
Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Siirt
ORCID ID: 0000-0003-2215-0934

ABSTRACT
Rutin is a flavonoid glycoside with potent biological activity that occurs naturally in various plants. Recent studies on rutin have shown that the compound can exert significant protective effects, particularly in diseases associated with oxidative stress and inflammation. Oxidative stress arises when cellular antioxidant defense systems are overwhelmed by the excessive production of reactive oxygen species (ROS), leading to lipid peroxidation, DNA damage, and protein oxidation. Inflammation, when chronic, plays a role in the development of many pathologies, including cardiovascular diseases, diabetes, neurodegenerative diseases, and cancer. The antioxidant effects of rutin are based on the suppression of ROS formation, the reduction of lipid peroxidation, and the enhancement of the activity of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx). Additionally, it has been reported that rutin reduces the production of pro-inflammatory cytokines such as TNF-α, IL-1β, and IL-6 by inhibiting the NF-κB signaling pathway. Experimental studies have demonstrated that rutin can reduce oxidative damage in liver, kidney, heart, and brain tissues. In addition, it is believed to have therapeutic potential in diabetes, neurodegenerative diseases, and cardiovascular diseases. In this review, the molecular effects of rutin on oxidative stress and inflammation were evaluated in light of current experimental data, and its potential for clinical application was discussed.

Keywords: Antioxidant, Disease, Inflammation, Oxidative stress, Rutin

INTRODUCTION
Oxidative stress is a significant biological process resulting from an imbalance between the production of reactive oxygen species (ROS) and cellular antioxidant defense systems. Excessive ROS production leads to cellular damage such as lipid peroxidation, DNA damage, and protein oxidation (Pizzino et al., 2017). Chronic inflammation, on the other hand, is closely associated with oxidative stress and plays a role in the pathogenesis of many chronic diseases, including diabetes, cardiovascular diseases, neurodegenerative diseases, and cancer (Reuter et al., 2010). In recent years, the therapeutic potential of natural flavonoids has been extensively investigated due to their antioxidant and anti-inflammatory effects. Among these flavonoids, Rutin stands out particularly for its potent free radical scavenging effects. Experimental studies demonstrate that rutin can both reduce oxidative stress and inhibit inflammatory signaling pathways.

Chemical and Pharmacological Properties of Rutin
Rutin (quercetin-3-O-rutinoside) is a natural polyphenolic compound belonging to the flavonol group. It is found in many plant sources, such as buckwheat, citrus fruits, grapes, and tea. Thanks to the phenolic hydroxyl groups in its structure, it exhibits strong antioxidant properties (Ganeshpurkar & Saluja, 2017). The biological effects of rutin include antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, neuroprotective, and cardioprotective activities. At the molecular

level, it has been reported that rutin strengthens antioxidant defense systems by activating the Nrf2 pathway and reduces the production of inflammatory cytokines by inhibiting the NF-κB signaling pathway (Perk et al., 2014). However, rutin's low bioavailability poses a significant limitation for clinical applications.

Rutin and Oxidative Stress

The effects of rutin on oxidative stress are largely due to its free radical scavenging properties. Rutin can reduce cellular oxidative damage by neutralizing reactive oxygen species (ROS) such as the superoxide anion and the hydroxyl radical. It has also been reported to reduce levels of malondialdehyde (MDA), a key biomarker of lipid peroxidation (Enogieru et al., 2018). Experimental studies have shown that rutin administration increases SOD, CAT, and GPx activities and preserves glutathione levels. As a result of these effects, a reduction in oxidative damage has been reported in liver, kidney, and nervous tissue. In particular, the activation of the Nrf2/HO-1 pathway is considered one of the key mechanisms underlying rutin's antioxidant effects (Khan et al., 2012).

Rutin and Inflammation

During the inflammatory process, NF-κB activation leads to increased production of pro-inflammatory cytokines such as TNF-α, IL-1β, and IL-6. It has been demonstrated that rutin can suppress these inflammatory processes. Experimental studies report that rutin reduces levels of inflammatory cytokines by inhibiting NF-κB activation (Yeh et al., 2014). Additionally, it is noted that rutin reduces the inflammatory response by suppressing the expression of COX-2 and iNOS. Due to these effects, it is believed that rutin may play a protective role, particularly in diseases associated with chronic inflammation. Recent studies have also shown that rutin exerts regulatory effects on NLRP3 inflammasome activation.

Rutin in Disease Models

It has been reported that rutin can exhibit protective effects in various disease models. In diabetes models, it has been shown that rutin reduces oxidative damage associated with hyperglycemia and suppresses inflammation (Niture et al., 2014). In neurodegenerative diseases, it is noted that rutin alleviates neuronal damage by reducing neuroinflammation (Habtemariam, 2016). In cardiovascular diseases, it has been reported to improve endothelial function and reduce lipid peroxidation. Additionally, it has been reported to exhibit organ-protective effects by strengthening antioxidant defense systems in models of kidney and liver toxicity. These multifaceted biological effects have led to the evaluation of rutin as a potential therapeutic agent.

Nanotechnology and New Treatment Approaches

One of the most significant issues limiting rutin's therapeutic efficacy is its low oral bioavailability. Rutin exhibits limited absorption in the gastrointestinal tract and undergoes rapid biotransformation due to the intestinal microbiota and liver metabolism. This reduces the amount of active rutin entering the systemic circulation and limits its clinical efficacy (Ganeshpurkar & Saluja, 2017). Additionally, its low water solubility poses a significant disadvantage for pharmacological use. In recent years, nanotechnology-based drug delivery systems have been extensively studied to enhance the bioavailability of rutin (Patel and Patel, 2019).

Nanoparticle-based delivery systems can enhance the biological stability of rutin by enabling its controlled release. Studies focusing on polymeric nanoparticles, solid lipid nanoparticles, nanoemulsions, and liposomal systems are particularly noteworthy (Sengupta et al., 2023). It has been reported that these systems reduce the oxidative degradation of rutin, facilitate its intracellular uptake, and allow it to remain active in target tissues for a longer duration.

Additionally, it has been demonstrated that nanoparticle formulations can enhance antioxidant capacity and more effectively suppress the inflammatory response.

Liposomal delivery systems offer significant advantages in overcoming bioavailability issues associated with flavonoids. Due to their phospholipid structure, which is compatible with biological membranes, liposomes facilitate the transport of rutin to target tissues. Experimental studies have reported that liposomal rutin formulations exhibit higher antioxidant activity compared to free rutin (Guo et al., 2016). Furthermore, due to their potential to cross the blood-brain barrier, nanoformulations are considered promising for therapeutic use in neurodegenerative diseases.

In recent years, the effects of rutin on oxidative stress mechanisms associated with ferroptosis have also drawn attention. In particular, the regulatory effects of nanoformulations on intracellular iron metabolism, lipid peroxidation, and Nrf2 activation are being investigated (Negahdari et al., 2021). However, the vast majority of current studies are at the experimental level, and the number of clinical trials is quite limited. The lack of human studies, the inability to determine an optimal dose, and the absence of long-term safety data are among the most significant barriers to the clinical application of rutin. It is anticipated that future controlled clinical trials will more clearly demonstrate the therapeutic potential of rutin's nanotechnological formulations.

Conclusion and Future Perspectives

Thanks to its potent antioxidant and anti-inflammatory properties, rutin has emerged as one of the natural flavonoids attracting significant attention in biomedical research in recent years. Current experimental data indicate that rutin can exert multifaceted biological effects through the suppression of oxidative stress, reduction of lipid peroxidation, and inhibition of inflammatory signaling pathways. In particular, the activation of the Nrf2/HO-1 pathway and the suppression of NF-κB-mediated inflammatory responses are considered among the key molecular mechanisms underlying rutin's protective effects. Additionally, positive results have been reported in numerous chronic disease models, including diabetes, cardiovascular diseases, neurodegenerative diseases, kidney damage, and cancer.

Rutin's potential to regulate the molecular interactions between ferroptosis, mitochondrial dysfunction, and inflammation further highlights the importance of this compound. In particular, its effects on iron metabolism, ROS formation, and lipid peroxidation are among the primary reasons for its prominence in modern oxidative stress research. However, the fact that the majority of current studies are limited to in vitro and experimental animal models represents a significant limitation. The insufficient number of clinical trials, the inability to precisely determine optimal therapeutic doses, and bioavailability issues are considered the primary barriers to the clinical use of rutin.

Advances in nanotechnology-based drug delivery systems appear promising in overcoming the pharmacokinetic limitations of rutine. In particular, it is believed that liposomal and nanoparticle formulations can increase bioavailability, facilitate targeting of the target tissue, and enhance therapeutic efficacy. It is anticipated that future comprehensive clinical studies will provide clearer insights into rutin's safety profile, optimal dosage range, and long-term therapeutic effects. Additionally, investigating rutin's effects on ferroptosis, inflammasome activation, and epigenetic regulation could contribute to the development of next-generation treatment strategies. For this reason, rutin is considered one of the key pharmacological candidates for the prevention and treatment of diseases associated with oxidative stress and inflammation.

References

Enogieru, A. B., Haylett, W., Hiss, D. C., Bardien, S., & Ekpo, O. E. (2018). Rutin as a potent antioxidant: Implications for neurodegenerative disorders. Oxidative medicine and cellular longevity, 2018(1), 6241017.
Ganeshpurkar, A., & Saluja, A. K. (2017). The pharmacological potential of rutin. Saudi Pharmaceutical Journal, 25(2), 149–164. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025
Ganeshpurkar, A., & Saluja, A. K. (2017). The pharmacological potential of rutin. Saudi pharmaceutical journal, 25(2), 149-164.
Habtemariam, S. (2016). Rutin as a natural therapy for Alzheimer's disease: Insights into its mechanisms of action. Current medicinal chemistry, 23(9), 860-873.
Khan, R. A., Khan, M. R., & Sahreen, S. (2012). Protective effects of rutin against potassium bromate induced nephrotoxicity in rats. BMC complementary and alternative medicine, 12(1), 204.
Negahdari, R., Bohlouli, S., Sharifi, S., Maleki Dizaj, S., Rahbar Saadat, Y., Khezri, K., ... & Raeesi, S. (2021). Therapeutic benefits of rutin and its nanoformulations. Phytotherapy Research, 35(4), 1719-1738.
Niture, N. T., Ansari, A. A., & Naik, S. R. (2014). Anti-hyperglycemic activity of rutin in streptozotocin-induced diabetic rats: an effect mediated through cytokines, antioxidants and lipid biomarkers. Indian J Exp Biol.
Patel, K., & Patel, D. K. (2019). The beneficial role of rutin, a naturally occurring flavonoid in health promotion and disease prevention: A systematic review and update. Bioactive food as dietary interventions for arthritis and related inflammatory diseases, 457-479.
Perk, A. A., Shatynska-Mytsyk, I., Gerçek, Y. C., et al. (2014). Rutin mediated targeting of signaling machinery in cancer cells. Cancer Cell International, 14, 124. https://doi.org/10.1186/s12935-014-0124-6
Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., et al. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017, 8416763. https://doi.org/10.1155/2017/8416763
Reuter, S., Gupta, S. C., Chaturvedi, M. M., & Aggarwal, B. B. (2010). Oxidative stress, inflammation, and cancer: How are they linked? Free Radical Biology and Medicine, 49(11), 1603–1616. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.09.006
Sengupta, P., Bhattacharya, S., Das, D., Mondal, P., Sur, R., Bose, A., & Sen, K. (2023). Diyet polifenolü rutinin kapsüllenmesi için süt proteini bazlı taşıyıcı sistem: Moleküler düzeyde etkileşimler ve artırılmış biyoaktiviteler. Journal of Molecular Liquids , 391 , 123233.
Yeh, C. H., Yang, J. J., Yang, M. L., Li, Y. C., & Kuan, Y. H. (2014). Rutin decreases lipopolysaccharide-induced acute lung injury via inhibition of oxidative stress and the MAPK–NF-κB pathway. Free Radical Biology and Medicine, 69, 249-257.

OKSİJEN NANOBUBBLE TEKNOLOJİSİNİN TOHUM ÇİMLENMESİ ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi İmge İhsane ÖZCAN
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Gıda ve Tarım MYO,Gıda İşleme Bölümü, Zonguldak
ORCID ID: 0000-0002-6066-7208

ÖZET
Tohum çimlenmesi, hücresel metabolizmanın yeniden aktive olduğu ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) önemli rol oynadığı kritik bir fizyolojik süreçtir. Kontrollü ROS üretimi; dormansi kırılması, enerji metabolizmasının düzenlenmesi, redoks sinyallemesi ve hücresel dengenin korunmasında görev almaktadır. Ancak çimlenme sırasında artan metabolik aktivite, tohum içerisinde oksijen yetersizliğine neden olabilmektedir. Bu nedenle, çözünmüş oksijen seviyesini artıran yeni teknolojiler tarımsal uygulamalarda önem kazanmaktadır.
Son yıllarda oksijen, hava, azot ve karbondioksit içeren mikro-nano kabarcık sistemleri; yüksek gaz çözünürlüğü, yüksek kütle transfer kapasitesi ve uzun süreli stabilite gibi özellikleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Özellikle oksijen nanobubble ve ultra ince kabarcık (UFB) uygulamalarının; çimlenme oranı, çimlenme hızı, su alımı, kök gelişimi ve fide büyümesi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir. Ayrıca bu sistemlerin kuraklık, tuzluluk ve ağır metal stresi gibi abiyotik stres koşullarında bitki performansını destekleyebildiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, nanobubble uygulamalarının etkileri kullanılan gaz tipi, konsantrasyon, çevresel koşullar ve bitki türüne bağlı olarak değişebilmektedir. Aşırı ROS birikimi ise hücresel hasara yol açabilmektedir.
Bu derlemede, mikro-nano kabarcık teknolojisinin temel fizikokimyasal özellikleri, tohum çimlenmesinde oksijen ve ROS ilişkisi, nanobubble uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki etkileri ile abiyotik stres koşullarındaki potansiyel kullanım alanları güncel literatür doğrultusunda değerlendirilmiştir. Ayrıca teknolojinin tarımsal avantajları, mevcut sınırlılıkları ve sürdürülebilir bitkisel üretimdeki potansiyeli tartışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Oksijen Nanobubble, Tohum Çimlenmesi, ROS, Abiyotik Stres, Sürdürülebilir Tarım

POTENTIAL EFFECTS OF OXYGEN NANOBUBBLE TECHNOLOGY ON SEED GERMINATION

ABSTRACT
Seed germination is a critical physiological process in which cellular metabolism is reactivated and reactive oxygen species (ROS) play an important regulatory role. Controlled ROS production is involved in dormancy release, regulation of energy metabolism, redox signaling, and maintenance of cellular homeostasis. However, the increased metabolic activity during germination may lead to oxygen deficiency within the seed. Therefore, novel technologies capable of enhancing dissolved oxygen levels have gained increasing attention in agricultural applications.
In recent years, micro-nano bubble systems containing oxygen, air, nitrogen, and carbon dioxide have attracted considerable interest due to their high gas solubility, enhanced mass transfer capacity, and long-term stability. In particular, oxygen nanobubble and ultrafine bubble (UFB) applications have been reported to improve germination percentage, germination rate, water uptake, root development, and seedling growth. Moreover, these systems may enhance

plant performance under abiotic stress conditions such as drought, salinity, and heavy metal stress. Nevertheless, the effects of nanobubble applications may vary depending on gas type, bubble concentration, environmental conditions, and plant species. Excessive ROS accumulation, on the other hand, may cause cellular damage.

This review evaluates the fundamental physicochemical properties of micro-nano bubble technology, the relationship between oxygen and ROS during seed germination, the effects of nanobubble applications on germination and early seedling development, and their potential applications under abiotic stress conditions in light of current literature. In addition, the agricultural advantages, current limitations, and future potential of this technology for sustainable crop production are discussed.

Keywords: Oxygen Nanobubbles, Seed Germination, Reactive Oxygen Species (ROS), Abiotic Stress, Sustainable Agriculture

1.GİRİŞ

Bitki yaşam döngüsünün en kritik gelişimsel evrelerinden biri olan tohum çimlenmesi, tohumun su alımı (imbibisyon) ile başlayan ve embriyonik dokuların tohum kabuğunu delerek dışarı çıkmasıyla (radikula çıkışı) sonlanan, ince ayarlarla düzenlenen bir fizyolojik süreçtir (Bewley, 1997). Tohumun su alımını takiben içerideki hücresel metabolizma hızla yeniden aktive olmakta; bu durum, çimlenme sürecinin artan yüksek enerji talebini karşılamak amacıyla solunum faaliyetlerinin ve ATP sentezinin süratle yeniden başlamasına doğrudan bağımlılık göstermektedir (Logan vd., 2001). Metabolik faaliyetlerin hücresel düzeyde hızla yeniden başlaması, tohum çimlenmesinin kalitesini ve hızını belirleyen en temel yapı taşını oluşturmaktadır.

Metabolik faaliyetlerin ani artışı, tohum içerisindeki mevcut oksijenin çok hızlı bir şekilde tüketilmesine yol açmaktadır. Tohum kabuğunun gaz geçirgenliğinin düşük olması ile birleşen bu hızlı oksijen tüketimi, içsel oksijen seviyelerinin süratle azalmasına neden olarak solunum kapasitesini ciddi şekilde sınırlandırmaktadır (Bewley, 1997). Bu bağlamda, yeterli oksijen varlığının ve oksijene bağımlı oksidatif süreçlerin, tohum dormansisinin (uyku halinin) kırılarak hücresel yaşamsal faaliyetlerin başlatılması için temel bir gereksinim olduğu bildirilmiştir (Corbineau, 2022). Çimlenme aşamasında tohumlarda oksijen seviyesinin hızla düşmesi, hücre içi redoks potansiyelini doğrudan etkileyerek tohumun enerji metabolizmasını hipoksik koşullara zorlamaktadır (Bykova & Igamberdiev, 2025). Dolayısıyla, tohumlara çimlenme ve erken fide gelişimi evrelerinde dışarıdan yeterli oksijenin sağlanması, solunumla ilgili fizyolojik kısıtlamaları aşarak radikula çıkışını ve hücresel büyümeyi güvence altına alan en kritik sınırlayıcı faktördür.

Tarımsal üretimde tohum çimlenmesini hızlandırmak, bitki gelişimini optimize etmek ve hipoksik stresleri ortadan kaldırmak amacıyla, sulama sistemlerinde çözünmüş oksijen seviyelerini ve kütle transferini artırmaya yönelik yenilikçi teknolojiler büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, nanobubble teknolojisi tarımsal su yönetiminde ve bitki fizyolojisinde verimliliği artıran yeni nesil bir bilimsel yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Arablousabet vd., 2025; Zheng vd., 2025). Çapları genellikle 200 nanometre ile 1 mikrometre arasında değişen ultra ince kabarcıklar (UFBs) veya nanokabarcıklar (NBs), geleneksel makro boyutlu kabarcıklardan yapısal ve davranışsal olarak belirgin biçimde farklılaşmaktadır (Jia vd., 2023). Nanokabarcıklar; olağanüstü geniş özgül yüzey alanı, suda oldukça yavaş yükselme hızı, yüksek yüzey gerilimi nedeniyle kendi kendine basınçlanarak yüksek gaz çözünme oranı sağlaması, güçlü arayüzey zeta potansiyeli ve yüksek kütle transfer verimliliği gibi ayırt edici fizikokimyasal özellikler sergilemektedir (Xiao vd., 2025; Zhao vd., 2025; Zheng vd., 2025). Bu özellikler, gazların sıvı fazda haftalarca hatta aylarca asılı kalarak kararlı bir şekilde çözünmesini ve hedef bitki dokularına aktarılmasını sağlamaktadır.

Nanokabarcık teknolojisinin bu fizikokimyasal üstünlükleri, özellikle tarımsal bitki koruma ve verimlilik stratejilerinde önemli bir fizyolojik potansiyel sunmaktadır. Oksijen nanokabarcıklarının (ONB) kullanımı ile sulama suyunun çözünmüş oksijen içeriğinin ve oksijen transfer kapasitesinin mikrobiyal veya hücresel düzeyde belirgin şekilde artırıldığı gösterilmiştir (Lyu vd., 2019; Yaparatne vd., 2022). Nanokabarcık açısından zenginleştirilmiş suyun, bitki kök bölgesinde optimum oksijen dağılımı sağladığı, kök oksijenlenmesini artırdığı ve faydalı mikroorganizmaların aktivitesini teşvik ettiği belirtilmektedir (DeBoer vd., 2024; Mamun & Islam, 2025). Doğrudan tohum uygulamalarında ise, nanokabarcıklar ile tohumların ıslatılmasının hücresel döngüleri hızlandırarak çimlenme oranlarını artırdığı, çimlenme sürecini kısalttığı (Rameshkumar vd., 2019) ve örneğin arpa tohumlarında çimlenme başarısını %15-25 oranında yukarı taşıdığı saptanmıştır (Liu vd., 2013). Buna ek olarak, oksijenlendirilmiş nanokabarcık sularının tohum ve bitkilerde erken dönem hastalık risklerini azaltarak bitki bağışıklık mekanizmalarını destekleyebildiği bildirilmiştir (Zheng vd., 2025).

Bu derlemenin amacı, tohum çimlenmesi sürecinde oksijenin kritik fizyolojik rolünü ve nanobubble teknoloji uygulamalarının tarımsal verimlilik ile tohum performansı üzerindeki potansiyel etkilerini, mevcut özgün araştırmalar ve deneysel veriler temelinde sistematik olarak değerlendirmektir. Çalışma kapsamında, oksijen nanokabarcıklarının sağladığı yüksek oksijen transfer yeteneğinin tohum çimlenme dinamikleri, solunum gereksinimleri ve erken bitki gelişimi üzerindeki biyolojik sonuçları incelenecek olup; bu yenilikçi teknolojinin bitkisel üretimde çevresel açıdan sürdürülebilir bir araç olarak kullanılabilirliği ele alınacaktır.

2. NANOBUBBLE TEKNOLOJİSİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Gaz-sıvı faz etkileşimlerinde kullanılan kabarcıklar, çaplarına göre makro kabarcıklar (10 mm–100 µm), mikro kabarcıklar (100 µm–10 µm), submikron kabarcıklar (10 µm–1 µm) ve nanobubble'lar (<1 µm) olarak sınıflandırılmaktadır (Temesgen vd., 2017; Jia vd., 2023; Xiao vd., 2025). Ultra ince kabarcıklar olarak da adlandırılan nanobubble'lar, genel olarak çapı 1 ila 1000 nm, daha spesifik tanımlamalarda ise 1 ila 100 nm arasında değişen nano boyutlu gaz boşlukları şeklinde ifade edilmektedir (Alheshibri vd., 2016; Zhao vd., 2025). Geleneksel kabarcıklara kıyasla son derece küçük olmaları, nanobubble'lara özgün fizikokimyasal özellikler kazandırmaktadır. Yüksek yüzey alanı ve hacim oranı, yavaş yükselme hızı, yüksek arayüzey zeta potansiyeli ve kendi kendine basınçlanma (self-pressurization) gibi özellikler, bu kabarcıkların biyolojik ve tarımsal sistemlerdeki temel etki mekanizmalarının temelini oluşturmaktadır (Sharma vd., 2024; Zhao vd., 2025).

Geleneksel makro ve mikro kabarcıklar sıvılar içerisinde hızla yüzeye çıkarak patlama veya birleşme (coalescence) eğilimi gösterirken, nanobubble'lar yüksek iç Laplace basınçlarına rağmen sıvı ortamında günlerden aylara kadar uzanan dikkate değer bir fiziksel stabilite sergilemektedir (Sharma vd., 2024; Xiao vd., 2025). Bu uzun süreli nanokabarcıkların kararlılık durumu temel olarak iki bağımsız fiziksel mekanizma ile açıklanmaktadır. İlk olarak, Stokes yasasına uygun biçimde, nano boyutlu kabarcıkların sıvı içerisindeki terminal yükselme hızları son derece düşüktür; örneğin 100 nm çapındaki bir nanobubble'ın yükselme hızı yaklaşık 2.7 nm/s olarak belirlenmiştir (Zhao vd., 2025). Yükselme hızının yavaş olması ve kaldırma kuvvetinin yetersizliği, kabarcıkların su sütununda uzun süre asılı kalmasına ve daha çok Brownian hareketi sergilemesine olanak tanımaktadır (Parkinson vd., 2008; Meegoda vd., 2018; Sharma vd., 2024).

İkinci olarak, nanobubble'ların gaz-sıvı arayüzeyinde elektriksel çift tabaka (electric double layer - EDL) oluşumu ve yüksek zeta potansiyeli, kabarcıkların birleşmesini ve patlamasını önleyen güçlü bir elektrostatik itme kuvveti yaratmaktadır (Han vd., 2009; Sharma vd., 2025; Xiao vd., 2025). Çözelti içerisindeki hidroksil (OH^-) ve hidrojen (H^+) iyonlarının farklı dipol yönelimleri nedeniyle gaz-sıvı arayüzeyi çoğunlukla negatif yüklerle kaplanmakta ve bu

potansiyel farkı kabarcıklar arası kolloidal stabiliteyi sağlamaktadır (Temesgen vd., 2017). Ayrıca, nanobubble yüzeyi etrafındaki hidrojen bağı ağlarının (hydrogen bonding networks) varlığının da arayüzey direncini artırarak bu kararlılığa katkıda bulunduğu önerilmektedir (Sharma vd., 2024). Söz konusu yapısal özellikler sayesinde, oksijen nanobubble'larının 60 güne kadar, hava nanobubble'larının ise 3 aydan daha uzun bir süre sulu çözeltilerde formunu koruyabildiği bildirilmiştir (Michailidi vd., 2020).

Nanobubble'lar, sahip oldukları geniş spesifik yüzey alanı ve yavaş yükselme hızları sayesinde su kütlesiyle uzun süreli temas kurarak sıvı faza gaz aktarımını önemli ölçüde artırmaktadır (Sharma vd., 2024). Gaz transfer verimliliğini karakterize eden hacimsel kütle transfer katsayısı (KLa) ve oksijen transfer verimliliği (OTE), geleneksel kabarcıklara kıyasla nanobubble sistemlerinde belirgin biçimde daha yüksektir (Zhao vd., 2025). 100-150 nm çapındaki oksijen nanobubble'larının saf su içerisinde %78'e varan standart oksijen transfer verimliliğine (SOTE) ulaşabildiği rapor edilmiştir (Sharma vd., 2024).

Bu yüksek çözünmüş oksijen kapasitesi, nanobubble'ların Young-Laplace eşitliği ile açıklanan kendi kendine basınçlanma (self-pressurization) dinamiğinden de beslenmektedir (Matsumoto & Tanaka, 2008; Xiao vd., 2025). Kabarcık çapı küçüldükçe yüzey gerilimine bağlı olarak gaz boşluğu içindeki iç basınç keskin bir şekilde artmaktadır. İç basıncın çevresel sıvı basıncından daha yüksek olması, kabarcık içindeki oksijenin Fick yasasına uygun biçimde sürekli olarak suya çözünmesini tetiklemektedir (Sharma vd., 2024; Xiao vd., 2025). Sıvı içerisinde asılı kalan ve yüksek iç basınca sahip nanobubble'lar, difüzyonu kolaylaştıran bir konsantrasyon gradyanı yaratarak sudaki denge çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ve dolayısıyla oksijenin biyolojik yararlanımını sürekli biçimde desteklemektedir (Nguyen vd., 2025; Sharma vd., 2024).

Nanobubble'ların biyolojik ve kimyasal uygulamalardaki en kritik özelliklerinden biri de serbest radikal, özellikle reaktif oksijen türleri (ROS) oluşturma potansiyelidir (Xiao vd., 2025). Çözeltide asılı kalan kabarcıkların, gazın dışa difüzyonu sebebiyle büzülmesi ve kendi kendine basınçlanması sonucunda nanobubble boyutu belirli bir kritik limite ulaştığında, iç basınç teorik olarak çok yüksek değerlere ulaşabilmekte ve kabarcık aniden çökmektedir (Matsumoto & Tanaka, 2008; Zhao vd., 2025).

Normal koşullar altında nanobubble gaz-sıvı arayüzeyi yüklü olduğundan, sıvı fazdaki zıt yüklü iyonları çevresine çekmekte ve kabarcık etrafında yüksek bir iyon konsantrasyonu oluşturmaktadır. Kabarcığın anlık çökmesi sırasında gaz-sıvı arayüzeyinin saniyeden çok daha kısa bir sürede kaybolması, arayüzeyde birikmiş enerjinin aniden sıvı faza salınmasına yol açmaktadır (Xiao vd., 2025). Ortaya çıkan bu dramatik enerji değişimi, su moleküllerinin ve arayüzeydeki iyonların bağlarını kırarak başta hidroksil radikalleri ($\cdot OH$) olmak üzere çeşitli reaktif oksijen türlerinin sentezlenmesini indüklemektedir (Xia & Hu, 2019; Xiao vd., 2025). Sentezlenen reaktif oksijen türleri yüksek redoks potansiyeline ve güçlü oksidasyon kapasitesine sahiptir. Bu özellik, hedeflenen organik yapıların doğrudan oksitlenmesine olanak sağlarken, tohum çimlenmesi gibi tarımsal sistemlerde biyokimyasal sinyal yollarını uyarabilecek uygun oksidatif çevrenin oluşturulması açısından temel mekanistik bir potansiyel sunmaktadır (Xiao vd., 2025; Zhao vd., 2025).

3.TOHUM ÇİMLENMESİNDE OKSİJEN VE ROS İLİŞKİSİ

Tohum çimlenmesi, uyku halindeki kuru tohumun suyu absorbe etmesiyle (imbibisyon) başlayan ve bazal metabolizmanın yeniden aktif hale geldiği karmaşık bir fizyolojik süreçtir. Suyu alan tohumlarda transkripsiyon, protein sentezi ve mitokondriyal aktivite hızla yeniden başlamaktadır (Nonogaki vd., 2010; Alam vd., 2025). Çimlenmenin ilk aşamalarında, kuru tohumda bulunan basit yapılı ve durağan promitokondriler, enerji üreten, metabolik açıdan aktif ve cristae yapılarına sahip olgun mitokondrilere dönüşmektedir (Czarna vd., 2016; Farooq vd., 2021). Bu morfolojik ve fonksiyonel dönüşüm, hücresel solunum aktivasyonunun (respiratory

activation) gerçekleşmesi için temel bir gerekliliktir. Erken fide büyümesi aşamasında ortaya çıkan yüksek enerji talebinin karşılanması, oksidatif fosforilasyon aracılığıyla gerçekleşen ATP üretimine doğrudan bağlıdır (Logan vd., 2001). Tohum imbibisyonu sırasında mitokondriyal solunumun yeniden başlaması, hücre içindeki oksijenin hızla tüketilmesine ve solunum kapasitesinin sınırlandığı hipoksik koşulların oluşmasına neden olsa da ATP sentezi yeniden hidrasyonla birlikte derhal başlamakta ve kısıtlı oksijen arzına rağmen devam etmektedir (Bewley, 1997). Çimlenmekte olan tohumlarda hücresel enerji üretimi ve metabolizmanın sürdürülebilmesi için mitokondrinin aktivasyonu ve bu aktivasyona bağlı ATP üretimi zorunlu bir fizyolojik adım olarak değerlendirilmektedir (Logan vd., 2001; Howell vd., 2009).

Mitokondriyal solunum sırasında elektron taşıma zincirinin özellikle kompleks I ve kompleks III bölgelerinde elektronların oksijene kısmi indirgenmesi sonucu süperoksit ($O_2^{-\bullet}$) oluşur. Bu süreç, aerobik metabolizmanın kaçınılmaz bir yan ürünü olup fizyolojik koşullarda düşük düzeyde gerçekleşirken, stres koşullarında belirgin şekilde artabilir (Møller, 2001; Foyer & Noctor, 2005; Murphy, 2009).

Önceleri yalnızca hücreye zarar veren toksik ajanlar olarak kabul edilen ROS, günümüzde tohum dormansisinin (uyku halinin) kırılması ve çimlenme süreçlerinde hücresel adaptasyonu destekleyen pozitif bir sinyal mekanizması olarak tanımlanmaktadır (El-Maarouf-Bouteau & Bailly, 2008). Tohumların imbibisyon fazında; mitokondriyal solunum, plazma zarı NADPH oksidaz (Rboh) aktivitesi ve glioksizomlardaki lipit katabolizması üzerinden ani ve yoğun bir hücresel ROS birikimi tetiklenmektedir (Ishibashi vd., 2017). İmbibisyon sırasında oksijenin yeniden kullanılabilir hale gelmesi, mitokondriyal solunumun ve ROS üretiminin başlamasını sağlayarak dormansi kırılması ve çimlenme süreçlerinde önemli bir sinyal görevi görmektedir (El-Maarouf-Bouteau & Bailly, 2008; Corbineau, 2022; Farooq vd., 2021). Uyarılmış ROS sinyallemesi (ROS signaling), absisik asit (ABA) inhibisyonunu hafifleterek giberellik asit (GA) üretimini ve sinyal yolaklarını aktive etmekte, böylece hücre duvarı gevşemesi ile birlikte kökçüğün tohum kabuğunu aşmasını teşvik etmektedir (Corbineau vd., 2014; Miransari & Smith, 2014). Soya fasulyesi, turp, mısır, buğday, bezelye ve domates gibi farklı bitki familyalarında erken imbibisyon döneminde yoğunlaşan ROS ve hidrojen peroksit (H_2O_2) üretiminin, tohum canlılığı ile hücresel sinyallemede rol oynadığı ve dormansinin sonlandırılması ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (El-Maarouf-Bouteau & Bailly, 2008).

Tohum çimlenmesinde ROS sinyallemesinin hücre içi metabolik geçişlerde pozitif bir etki yaratabilmesi, bu moleküllerin ulaştığı kontrollü konsantrasyon aralığına sıkı sıkıya bağlıdır. Bu hassas hücresel denge, literatürde oksidatif pencere kavramı ile açıklanmaktadır (Bailly vd., 2008). Oksidatif pencere konseptine göre, ROS seviyesinin çok düşük olması gerekli hücresel sinyal olaylarını tetiklemekte yetersiz kalırken; çok yüksek seviyelere ulaşması hücresel bileşenlerde yapısal modifikasyonlara neden olmakta, lipit peroksidasyonunu artırarak tohum canlılığını tehlikeye atmaktadır (Kurek vd., 2019). ROS'un tohum çimlenmesini destekleyen pozitif ve tetikleyici etkileri, yalnızca söz konusu kritik oksidatif pencere sınırları içinde kaldığında ortaya çıkmaktadır (Anand vd., 2019). Oksidatif pencere aralığında optimize edilen ROS üretimi, tohumun fizyolojik aktivasyonunu destekleyen hücresel sinyalleşmeyi uyarmakta ve çimlenme için gereken hormonal modülasyonların sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Ancak metabolik veya çevresel faktörlere bağlı olarak ROS birikiminin bu eşiği aşması durumunda, hücre içindeki antioksidan enzim ve koruma sistemlerinin devreye girmesi zorunlu hale gelmektedir (Ha vd., 2025). Sonuç olarak, dormansi kırılmasından fide gelişimine kadar geçen evrede tohum çimlenmesinin başarıyla tamamlanması, ROS homeostazisinin oksidatif pencere parametreleri dahilinde, solunum aktivasyonu ve ATP üretimi süreçleriyle sürekli ve koordineli şekilde sürdürülmesine dayanmaktadır (Anand vd., 2019; Farooq vd., 2021).

4. OKSİJEN NANOBUBBLE UYGULAMALARININ ÇİMLENME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Oksijen nanobubble (ONB) ve genel ultra ince kabarcık (UFB) uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkileri, uygulanan gazın tipine, nanobubble konsantrasyonuna ve bitki türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Nanobubble uygulamalarının çimlenme parametreleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, özellikle yaşlanmış ve zorlu koşullara maruz kalmış tohumlarda belirgin iyileşmeler raporlanmıştır. Kim vd. (2023) tarafından yaşlanmış ve inatçı wasabi (*Eutrema japonicum*) tohumları üzerinde yürütülen çalışmada, potasyum açısından zenginleştirilmiş bulk oksijen nanobubble (BONB-KNaCl) uygulaması ile tohumların çimlenme yüzdesi kontrol grubundaki %4.17 seviyesinden %70.83'e yükseldiği belirlenmiştir. Oksijen tedariki ve K^+ iyonlarının sinerjistik etkisiyle tohum içi enzimatik aktivitelerin tetiklendiği ve çimlenmenin ciddi oranda hızlandığı bildirilmiştir (Kim vd., 2023).

Benzer şekilde, Ha vd. (2025) adzuki fasulyesi (*Vigna angularis*) tohumlarında UFB ile gerçekleştirilen priming uygulamasının, polietilen glikol (PEG) ile oluşturulan kuraklık stresi altında dahi çimlenme yüzdesini %97–100 aralığında koruduğunu ve T50 değerini düşürerek çimlenme hızını artırdığını tespit etmiştir. Buna karşılık, Ahmed vd. (2018) marul, havuç ve fasulye tohumlarında ONB uygulamasının kontrol grubu olan musluk suyuna kıyasla çimlenme hızları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p>0.05$) oluşturmadığını rapor etmiştir. Bu durum, çimlenme parametrelerindeki iyileşmelerde tohumun yapısal özellikleri ile stres koşullarının belirleyici rol oynayabileceğini göstermektedir.

Çimlenme sürecindeki eşzamanlılık ve su alım kinetiği, tohum popülasyonunun homojen gelişimi açısından kritik öneme sahiptir. Ha vd. (2025) tarafından Weibull matematiksel modeli kullanılarak yapılan analizlerde, UFB uygulamalarının tohumun erken hidrasyon aşamasında başlangıç gecikme fazından sonra su alımını senkronize biçimde hızlandırdığı gösterilmiştir. Bu modülasyonun, tohum popülasyonu genelinde eşzamanlı ve yüksek düzeyde üniformite sağladığı bildirilmiştir.

Çimlenme sonrası erken fide gelişimi ve kök morfometrisinin, oksijen ve hava nanobubble uygulamalarından doğrudan ve olumlu yönde etkilendiği görülmektedir. (Ahmed vd., 2018), ONB uygulamasının havuç ve fasulyede hipokotil uzunluğunu; ayrıca fasulye, havuç ve domateste gövde uzunluğu ile gövde çapını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0.05$) artırdığını göstermiştir.

Hücresel düzeyde ise Galahitigama vd. (2025) çeltik fidelerinde UFB uygulamasının primer kök ucundaki hücre yoğunluğunu artırarak erken dönemde hücre proliferasyonunu hızlandırdığını ve spesifik kök uzunluğunda kök uzaması artışı sağladığını bildirmiştir. Aynı araştırmacılar, dışarıdan besin girdisinin olmadığı koşullarda UFB uygulamasının antioksidan enzim aktivitelerini artırdığını, hidrojen peroksit düzenlenmesi yoluyla fide canlılığı parametrelerini iyileştirdiğini rapor etmiştir (Galahitigama vd., 2026). Besin eksikliği stresi altındaki soya fidelerinde de UFB suyunun kazık kök uzunluğu ile toplam taze ağırlığı artırdığı deneysel olarak doğrulanmıştır (Iijima vd., 2020).

UFB konsantrasyonlarına verilen büyüme yanıtları, bitki türleri arasında açık ve doğrudan farklılıklar göstermektedir. Iijima vd. (2022a) tarafından farklı tahıl ve baklagil türleri üzerinde gerçekleştirilen standartlaştırılmış hidroponik çalışmada, UFB konsantrasyonlarına verilen yanıtlarda belirgin türler arası farklılıklar rapor edilmiştir. Düşük UFB konsantrasyonları ($2.23x10^7$ mL^{-1}) buğday, çeltik, börülce ve adzuki fasulyesinde büyüme teşvikine yol açarken; mısır ve soya bitkileri ancak yüksek UFB konsantrasyonlarında ($7.07x10^7 mL^{-1}$) olumlu yanıt vermiştir. Çeltik ve soyanın her iki konsantrasyonda da gelişim artışı göstermesi, nanobubble

teknolojisinin bitki metabolizması üzerindeki etkilerinin türe ve uygulanan konsantrasyona özgü olduğunu göstermektedir (Iijima vd., 2022a).

Tablo 1. Oksijen nanobubble (ONB) ve ultra ince kabarcık (UFB) uygulamalarının farklı bitki türlerinde tohum çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerindeki fizyolojik etkileri

Çalışma	Bitki Materyali	Uygulama Sistemi	Değerlendirilen Parametreler	Başlıca Bulgular	Bildirilen Fizyolojik Etki
Kim vd. (2023)	*Eutrema japonicum* (Wasabi)	BONB (Bulk oksijen nanobubble) + KNaCl	Çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı, K^+ ve Ca^{2+} iyon dinamikleri	Çimlenme oranı kontrol grubundaki %4.17'den %70.83'e yükselmiş ve çimlenme süreci hızlanmıştır.	Oksijen desteği ile iyonik sinerjinin enzimatik aktivasyonu teşvik ederek recalcitrant tohum canlılığını artırdığı bildirilmiştir.
Ha vd. (2025)	*Vigna angularis* (Adzuki fasulyesi)	UFB priming	Çimlenme yüzdesi, üniformite, su alım kinetiği	PEG kaynaklı kuraklık stresinde yüksek çimlenme oranı (%97–100) korunmuş ve çimlenme üniformitesi artmıştır.	Su alım kinetiğinin düzenlenmesiyle erken hidrasyon sürecinin senkronize olduğu belirtilmiştir.
Ahmed vd. (2018)	Marul, havuç, domates ve fasulye	ONB (Oksijen nanobubble)	Çimlenme hızı, hipokotil gelişimi, gövde morfolojisi	Çimlenme hızında anlamlı değişiklik oluşmamış; ancak hipokotil uzunluğu, gövde çapı ve fide morfolojisinde gelişim gözlenmiştir.	Nanobubble uygulamalarının erken fide büyümesini ve morfolojik gelişimi desteklediği rapor edilmiştir.
Iijima vd. (2022)	Buğday, çeltik, mısır, soya, börülce ve adzuki fasulyesi	Farklı konsantrasyonlarda UFB	Biyokütle üretimi, kök uzaması	UFB yanıtlarının bitki türüne ve uygulama konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.	Türler arası fizyolojik farklılıkların nanobubble konsantrasyonuna bağlı büyüme yanıtlarını şekillendirdiği bildirilmiştir.
Galahitigama vd. (2025, 2026)	*Oryza sativa* (Çeltik)	UFB	Hücresel proliferasyon, kök uzaması, fide vigorü, antioksidan enzim aktivitesi	Hücre yoğunluğu, kök uzaması ve kuru kök ağırlığında artış saptanmıştır.	Antioksidan enzim düzenlenmesi ve hidrojen peroksit homeostazının fide gelişimini desteklediği öne sürülmüştür.

Kısaltmalar: ONB, oksijen nanobubble; UFB, ultra ince kabarcık; BONB, bulk oksijen nanobubble; PEG, polietilen glikol.

Tablo 1'de özetlenen çalışmalar, oksijen nanobubble ve ultra ince kabarcık (UFB) teknolojilerinin farklı bitki türlerinde çimlenme performansı, su alım kinetiği, fide morfolojisi ve kök gelişimi üzerinde olumlu fizyolojik etkiler oluşturabildiğini göstermektedir. Özellikle

stres koşullarında çimlenme stabilitesinin korunması, antioksidan savunma sisteminin düzenlenmesi ve kök gelişiminin desteklenmesi dikkat çekici bulgular arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, uygulama yanıtlarının tür, konsantrasyon ve kullanılan sistem tipine bağlı olarak değişiklik göstermesi, nanobubble teknolojilerinin bitkiye özgü fizyolojik mekanizmalar üzerinden etkili olabileceğini düşündürmektedir.

5. ABİYOTİK STRES KOŞULLARINDA POTANSİYEL KULLANIM ALANLARI

Ultrafine bubble (UFB) ve nanobubble teknolojilerinin fizikokimyasal özellikleri, bitkisel üretimi sınırlandıran çevresel abiyotik stres faktörlerinin hafifletilmesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Buna bağlı olarak kuraklık stresi, tohum çimlenmesinden bitki gelişimine kadar birçok aşamada hücresel hasara yol açan temel bir kısıtlayıcıdır. Polietilen glikol (PEG 6000) kullanılarak simüle edilen kuraklık koşulları altında Adzuki fasulyesi (*Vigna angularis*) tohumlarına uygulanan UFB priming (ön ıslatma) işleminin, erken su alımı kinetiklerini ve tohum kabuğu yapısını modüle ederek çimlenme oranını %97'nin üzerinde koruduğu ve stresin inhibe edici etkilerini ortadan kaldırdığı bildirilmiştir (Ha vd., 2025). Tohum yüzeyindeki reaktif oksijen türlerinin (ROS) dengelenmesiyle sağlanan bu hücresel koruma, bitkilerin fide dönemindeki kuraklık toleransında da kendini göstermektedir. Soya fasulyesi (*Glycine max*) fidelerinde PEG 6000 kaynaklı şiddetli osmotik stres (-0.41 MPa) altında, UFB suyu uygulamalarının biyokütle kaybını önlediği ve stres altındaki köklerde kontrol grubuna kıyasla 1.5 kat artan süperoksit radikali (O_2^-) birikimini baskılayarak aşırı oksidatif yükü hafiflettiği saptanmıştır (Iijima vd., 2022b). Fide aşamasının ötesinde, kahve (*Coffea arabica*) bitkilerinde tekrarlayan kuraklık stresine karşı UFB sulamasının kök uzamasını ve yüzey alanını artırarak bitkinin su emilim kapasitesini iyileştirdiği ve yaprak yaşlanmasını (hücre çökmesini) önleyerek bitkinin kuraklığa adaptasyonunu sağladığı rapor edilmiştir (Hirooka vd., 2024).

Kuraklık stresine yönelik bu olumlu fizyolojik yanıtlar, bitki gelişimini kısıtlayan bir diğer majör faktör olan tuz stresi koşullarında da benzer koruyucu mekanizmaların varlığına işaret etmektedir. Marul bitkilerinde sodyum klorür (NaCl) ile indüklenen tuz stresi altında, toprak altı damla sulama sistemi ile mikro-nano bubble (MNB) hidrojen suyunun uygulanması; bitkinin taze ağırlığını, yaprak sayısını ve toplam kök uzunluğunu kontrol grubuna göre belirgin şekilde artırarak toleransı teşvik etmiştir (Wang vd., 2025). Bununla birlikte, tuzluluk stresinde nanobubble uygulamalarının bitki genotipine bağlı olarak farklı mekanistik sonuçlar doğurabileceği de gösterilmiştir. Çeltik (*Oryza sativa*) fideleri üzerinde yürütülen bir araştırmada, %0.6 NaCl stresi altındaki MNB oksijenlendirme uygulamasının, nispeten tuza toleranslı JX99 varyetesinde kök uzunluğunu ve taze ağırlığı artırdığı; ancak model varyete olan 9311'de bu parametreleri olumsuz etkilediği ve her iki genotipte malondialdehit ile prolin içeriklerinde zıt eğilimler yarattığı saptanmıştır (Zheng vd., 2025). Bu bulgu, tuz stresi yönetiminde nanobubble etkinliğinin doğrudan türün ve varyetenin fizyolojik genetik altyapısıyla bağlantılı olduğunu vurgulamaktadır.

Abiyotik stres koşullarının yönetiminde, doğrudan toprak kısıtlılıklarından bağımsız olan hidroponik sistemler de nanobubble teknolojisinin fonksiyonel etkilerini yansıtan ideal test ortamlarıdır. Hidroponik kültürlerde yetiştirilen bitkiler, besin yetersizlikleri veya ağır metal toksisitesi gibi streslere maruz kalabilmektedir. Besin maddesinin hiç bulunmadığı veya düşük seviyelerde tutulduğu hidroponik bir modelde, UFB suyunun soya fasulyesi fidelerinin kök ve sürgün taze ağırlıklarını artırarak besin eksikliği stresini telafi ettiği, ancak yüksek besin varlığında bu büyüme teşvik edici etkinin kaybolduğu belirlenmiştir (Iijima vd., 2020). Besin kısıtlılıklarının yanı sıra, çeltik fidelerinin hidroponik ortamda arsenik (As) toksisitesine maruz kaldığı durumlarda oksijen nanobubble (ONB) ilavesinin çözünmüş oksijen ve redoks potansiyelini artırarak yüksek toksisiteli As(III) formunu büyük oranda daha düşük toksisiteli As(V) formuna oksitlediği saptanmıştır (Huang vd., 2023). Aynı mekanizma dahilinde ONB,

kök yüzeyinde demir plağı oluşumunu teşvik etmiş ve arseniğin bitki bünyesine girişini bloke ederek köklerdeki As miktarını %12.5'e, sürgünlerdeki As miktarını ise %46.4'e kadar düşürerek bitki biyokütlesini ve klorofil içeriğini korumuştur (Huang vd., 2023). Buna ek olarak, hidroponik sistemlerde yetersiz oksijen bulunabilirliği koşullarının yol açtığı hipoksi ve su kaynaklı kök çürüklüğü streslerine karşı, mikro/nano havalandırma teknolojisinin besin solüsyonundaki oksijen doygunluğunu optimize ederek patojen gelişimini baskıladığı ve kök sağlığını stabilize ettiği ifade edilmektedir (Zheng vd., 2025).

Hidroponik sistemlerdeki bu verimlilik artışı, daha geniş ölçekli kontrollü tarım ve sera ortamlarında da sistem performansının iyileştirilmesine entegre edilebilmektedir. Sera koşullarında yetiştirilen domates ve salatalık bitkilerinde, yeraltı damla sulama sistemi (SDI) üzerinden mikro-nano bubble su ile oksijenlendirme (MNBO) uygulamasının, özellikle meyve tutumu (fruiting) evresinde 15 mg/L çözünmüş oksijen konsantrasyonuyla gerçekleştirilmesinin, bitki verimini ve sulama suyu kullanım etkinliğini (IWUE) maksimize ettiği belirlenmiştir. Söz konusu uygulama, meyvelerdeki C vitamini ve domates likopen içeriğini artırmanın yanı sıra, rizosfer toprağındaki üreaz, fosfataz ve katalaz enzim aktivitelerini teşvik ederek toprağın biyokimyasal kapasitesini yükseltmiştir (Zhou vd., 2019). Kontrollü sera tarımında nanobubble suyunun (ONB ve NNB) mikrobiyal ekoloji üzerindeki etkileri detaylı incelendiğinde, bu suların rizosfer mikrobiyomunun kompozisyonunu değiştirdiği; Bacteroidota, Chitinophagales, Gemmatimonadota ve Ureibacillus gibi besin döngüsünde görevli ve bitki büyümesini teşvik eden rhizobakterilerin nispi verimi artırdığı saptanmıştır. İlgili mikrobiyal ağ analizleri, nanobubble uygulamalarının rizosferdeki mikrobiyal bağlantısallığı güçlendirdiğini ve ağ modülariteyi azalttığını, bu sayede kontrollü tarım koşullarındaki bitki-mikrobiyom simbiyozunun daha dirençli ve homojen bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir (Le vd., 2025). Sonuç olarak, nanobubble teknolojisi abiyotik çevresel stresleri hafifletmenin yanı sıra, bitki fizyolojisini ve rizosfer dinamiklerini mikrobiyal düzeyde destekleyerek sürdürülebilir tarımsal üretkenliğe kapsamlı bir katkı sunmaktadır.

6. TARIMSAL AVANTAJLAR

Mikro-nano kabarcık teknolojisi, yüksek verimlilik, enerji tasarrufu ve çevre dostu özellikleriyle tarımsal verimliliğin artırılmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır (Zhao vd., 2025). Ultra ince kabarcık (UFB) suları, bitki koruma uygulamalarında yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmakta ve tarımsal zararlılarla mücadelede pestisit kullanımının azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kabarcıklar, havadan, sudan ve topraktan bulaşan hastalıklara karşı koruyucu etkiler göstermenin yanı sıra, yüksek tuzluluk, kuraklık ve ağır metal içeren kirli topraklar gibi abiyotik stres koşullarının yönetiminde de etkin rol oynamaktadır (Zheng vd., 2025). Bu tarımsal faydalar, mahsul veriminin iyileştirilmesinde teknolojinin genel uygulanabilirliğini desteklemektedir (Zhao vd., 2025).

Stres yönetimindeki bu avantajlar, kabarcık uygulamalarının toprak ve su dinamiklerinde sağladığı fizikokimyasal iyileştirmelerle doğrudan ilişkilidir. Nano kabarcıkla doyurulmuş su uygulamaları, sürdürülebilir ve döngüsel tarım sistemleri için potansiyel bir eko-inovasyon olarak değerlendirilmekte ve özellikle kumlu topraklarda geleneksel sulamaya kıyasla nitrat yıkanmasını ve ilişkili besin kayıplarını azaltarak kaynak verimliliğini artırmaktadır (Arablousabet vd., 2025). Kök bölgesi dinamikleri incelendiğinde, hava nano kabarcıklarının toprağa uygulandığında daha yüksek stabilite gösterdiği, oksijen nano kabarcıklarının ise düşük stabiliteye rağmen yüksek oksijen difüzyon potansiyeli sunduğu bildirilmektedir (Povilaitis & Arablousabet, 2025). Su kütlelerindeki mühendislik uygulamalarında, kabarcık boyutunun sistemin genel oksijen transfer verimliliği üzerinde belirleyici etkileri olduğu rapor edilmiştir (Nguyen vd., 2025). Ayrıca, hava nano kabarcıkları toprak ve su etkileşimlerini geçici olarak iyileştirebilmekte ve artan çözünmüş iyon konsantrasyonuna bağlı olarak toprağın elektriksel

iletkenliğini artırmaktadır. Elektriksel iletkenlikteki bu artışın, kumlu tınlı topraklarda siltli killi tınlı topraklara kıyasla daha belirgin olduğu ve besin kullanılabilirliğini artırarak kontrollü ortamlarda kısa vadeli bitki büyümesini teşvik ettiği tespit edilmiştir (Povilaitis & Arablousabet, 2025).

Tarımsal sistemlerde elde edilen bu olumlu etkilere rağmen, teknolojinin saha uygulamalarında gözlemlenen sonuçlar çeşitli biyolojik ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve bazı sınırlılıklar içermektedir. Ultra ince kabarcıkların mahsul büyümesi üzerindeki etkilerinin tür bağımlı olduğu, uygulanan kabarcık konsantrasyonu ve mahsul türüne göre biyolojik gelişim üzerinde teşvik edici veya baskılayıcı sonuçlar doğurabildiği bildirilmektedir (Iijima vd., 2022a). Ayrıca, nano kabarcık uygulamalarının toprak fiziksel ve mikrobiyal yapısı üzerindeki etkilerinin hızlı ancak kısa ömürlü olduğu ve uygulamanın başarısında toprak dokusunun belirleyici bir değişken olduğu saptanmıştır. Özellikle, nano kabarcıkla doyurulmuş su uygulanan alanlarda toprağın ortam koşullarındaki değişimlere karşı daha yüksek hassasiyet gösterdiği ve artan buharlaşma nedeniyle geleneksel sulamaya kıyasla toprak neminde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Uzun vadeli tarımsal izlemelerde ise artan mikrobiyal aktivitenin toprak sıkışmasını teşvik ettiği ve bunun sistemin tarımsal sürdürülebilirliği açısından dikkate alınması gereken temel bir dezavantaj olduğu belirtilmektedir (Povilaitis & Arablousabet, 2025).

Biyolojik ve çevresel kısıtlamaların ötesinde, teknolojinin temel etki mekanizmaları ve geniş ölçekli operasyonel verimliliği konusunda açıklığa kavuşturulması gereken önemli belirsizlikler bulunmaktadır. UFB sularının hastalık ve zararlıları kontrol altına alma süreçleri ile bitkilerde zararlı direncini etkileyen moleküler yollar henüz tam olarak açıklanamamıştır. Ayrıca, kabarcıkların hidrofilik ve hidrofobik mahsul yüzeylerindeki davranışlarının anlaşılması ve buna bağlı olarak entegre akıllı büyüme sistemlerinin geliştirilmesi konularında literatürde önemli teknik boşluklar mevcuttur (Zheng vd., 2025). Üretim süreçleri açısından, kabarcık stabilitesinin artırılması, jenerasyon verimliliğinin standardize edilmesi ve teknolojinin büyük ölçekli ticari uygulamalara entegrasyonu çözülmesi gereken başlıca mühendislik problemleri arasında yer almaktadır (Zhao vd., 2025). Yaşam döngüsü değerlendirmeleri, nano kabarcık üretimi için gereken yüksek elektrik tüketiminin sistemin olumsuz çevresel etkilerine en büyük katkıyı sağlayan parametre olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, mikro-nano kabarcık teknolojisinin gelecekte standart bir döngüsel tarım çözümü olarak benimsenmesi, enerji tüketiminin azaltılması, operasyonel güvenilirliğin sağlanması ve uygulama maliyetlerinin sürdürülebilir düzeylere çekilmesine bağlıdır (Arablousabet vd., 2025).

SONUÇ

Mikro-nano kabarcık teknolojisi, sahip olduğu fizikokimyasal özellikler nedeniyle tarımsal üretimde dikkat çeken yenilikçi uygulamalar arasında yer almaktadır. Özellikle oksijen nanokabarcık ve ultra ince kabarcık sistemlerinin; tohum çimlenmesi, fide gelişimi, su alımı ve hücresel enerji metabolizması üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir. Bu sistemlerin çözünmüş oksijen seviyesini artırarak solunum aktivasyonu ve ROS aracılı sinyal mekanizmalarını destekleyebileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmalar, nanobubble uygulamalarının çimlenme oranı, çimlenme hızı, kök gelişimi ve fide vigorü üzerinde iyileştirici etkiler oluşturabildiğini göstermektedir. Ayrıca kuraklık, tuzluluk, hipoksi ve ağır metal stresi gibi abiyotik stres koşullarında bitki performansını destekleyebildiği bildirilmektedir. Rizosfer oksijenlenmesini artırması, faydalı mikrobiyal aktiviteyi desteklemesi ve kaynak kullanım verimliliğini iyileştirmesi de teknolojinin sürdürülebilir tarım açısından önemini artırmaktadır. Bununla birlikte, nanobubble uygulamalarına verilen yanıtların bitki türüne, kullanılan gaz tipine, uygulama konsantrasyonuna ve çevresel koşullara

bağlı olarak değişiklik gösterebildiği görülmektedir. Ayrıca aşırı ROS birikiminin hücresel hasara yol açabilmesi, kontrollü redoks dengesinin korunmasının önemini ortaya koymaktadır. Enerji tüketimi, kabarcık stabilitesi ve büyük ölçekli uygulamalardaki teknik sınırlılıklar ise teknolojinin yaygın kullanımını kısıtlayan temel faktörler arasında yer almaktadır. Sonuç olarak, oksijen nanobubble teknolojisi; tohum fizyolojisi, stres toleransı ve sürdürülebilir bitkisel üretim açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Ancak teknolojinin tarımsal uygulanabilirliğinin daha net ortaya konulabilmesi için, farklı bitki türlerinde uzun dönemli ve mekanizma temelli çalışmaların artırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmed, A. K. A., Shi, X., Hua, L., Manzueta, L., Qing, W., Marhaba, T., & Zhang, W. (2018). Influences of Air, Oxygen, Nitrogen, and Carbon Dioxide Nanobubbles on Seed Germination and Plant Growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(20), 5117-5124. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00333

Alam, P., Faizan, M., Arif, Y., Azzam, M. M., Hayat, S., Afzal, S., & Albalawi, T. (2025). Reactive oxygen species: Balancing agents in plants. *Frontiers in Plant Science*, *16*, 1713590. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1713590

Alheshibri, M., Qian, J., Jehannin, M., & Craig, V. S. J. (2016). A History of Nanobubbles. *Langmuir*, *32*(43), 11086-11100. https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.6b02489

Anand, A., Kumari, A., Thakur, M., & Koul, A. (2019). Hydrogen peroxide signaling integrates with phytohormones during the germination of magnetoprimed tomato seeds. *Scientific Reports*, *9*(1), 8814. https://doi.org/10.1038/s41598-019-45102-5

Arablousabet, Y., Peyravi, B., & Povilaitis, A. (2025). Environmental Sustainability of Nanobubble Watering Through Life-Cycle Evidence and Eco-Innovation for Circular Farming Systems. *Water*, *17*(24), 3543. https://doi.org/10.3390/w17243543

Bailly, C., El-Maarouf-Bouteau, H., & Corbineau, F. (2008). From intracellular signaling networks to cell death: The dual role of reactive oxygen species in seed physiology. *Comptes Rendus. Biologies*, *331*(10), 806-814. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.07.022

Bewley, J. D. (1997). Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, 1055-1066. https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055

Bykova, N. V., & Igamberdiev, A. U. (2025). Redox Control of Seed Germination is Mediated by the Crosstalk of Nitric Oxide and Reactive Oxygen Species. *Antioxidants & Redox Signaling*, *42*(7-9), 442-461. https://doi.org/10.1089/ars.2024.0699

Corbineau, F. (2022). Oxygen, a key signalling factor in the control of seed germination and dormancy. *Seed Science Research*, *32*(3), 126-136. https://doi.org/10.1017/S096025852200006X

Corbineau, F., Xia, Q., Bailly, C., & El-Maarouf-Bouteau, H. (2014). Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. *Frontiers in Plant Science*, *5*. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00539

Czarna, M., Kolodziejczak, M., & Janska, H. (2016). Mitochondrial Proteome Studies in Seeds during Germination. *Proteomes*, *4*(2), 19. https://doi.org/10.3390/proteomes4020019

DeBoer, E. J., Richardson, M. D., Gentimis, T., & McCalla, J. H. (2024). Analysis of Nanobubble-oxygenated Water for Horticultural Applications. *HortTechnology*, *34*(6), 769-773. https://doi.org/10.21273/HORTTECH05524-24

El-Maarouf-Bouteau, H., & Bailly, C. (2008). Oxidative signaling in seed germination and dormancy. *Plant Signaling & Behavior*, *3*(3), 175-182. https://doi.org/10.4161/psb.3.3.5539

Farooq, M. A., Zhang, X., Zafar, M. M., Ma, W., & Zhao, J. (2021). Roles of Reactive Oxygen Species and Mitochondria in Seed Germination. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 781734. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.781734

Foyer, C. H., & Noctor, G. (2005). Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface between Stress Perception and Physiological Responses. *The Plant Cell*, *17*(7), 1866-1875. https://doi.org/10.1105/tpc.105.033589
Galahitigama, H., Sawada, Y., Kamura, K., Yamato, T., Fujino, T., & Takasaki, H. (2025). Cellular and Morphological Effects of Ultrafine Bubbles on Rice Root Development During Seedling Growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, *44*(6), 3369-3374. https://doi.org/10.1007/s00344-024-11606-2
Galahitigama, H., Sawada, Y., Kamura, K., & Fujino, T. (2026). Ultrafine Bubble Irrigation Enhances Early Growth and Antioxidant Activity of Rice Seedlings Under Nutrient-Free Conditions. *Crops*, *6*(2), 29. https://doi.org/10.3390/crops6020029
Ha, T. L., Yoshimura, M., & Sotome, I. (2025). Ultrafine Bubble Priming Promotes Adzuki Bean (Vigna angularis) Germination Under Drought Stress via Modulation of Seed Traits and Reactive Oxygen Species Production. *Seeds*, *4*(4), 57. https://doi.org/10.3390/seeds4040057
Han, M., Kim, T., & Kwak, D. (2009). Measurement of bubble bed depth in dissolved air flotation using a particle counter. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, *58*(1), 57-63. https://doi.org/10.2166/aqua.2009.110
Hirooka, Y., Motomura, M., & Iijima, M. (2024). Ultra-fine bubble irrigation promotes coffee (Coffea arabica) seedling growth under repeated drought stresses. *Plant Production Science*, *27*(2), 47-55. https://doi.org/10.1080/1343943X.2023.2299642
Howell, K. A., Narsai, R., Carroll, A., Ivanova, A., Lohse, M., Usadel, B., Millar, A. H., & Whelan, J. (2009). Mapping Metabolic and Transcript Temporal Switches during Germination in Rice Highlights Specific Transcription Factors and the Role of RNA Instability in the Germination Process. *Plant Physiology*, *149*(2), 961-980. https://doi.org/10.1104/pp.108.129874
Huang, M., Nhung, N. T. H., Dodbiba, G., & Fujita, T. (2023). Mitigation of arsenic accumulation in rice (Oryza sativa L.) seedlings by oxygen nanobubbles in hydroponic cultures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *268*, 115700. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115700
Iijima, M., Yamashita, K., Hirooka, Y., Ueda, Y., Yamane, K., & Kamimura, C. (2020). Ultrafine bubbles effectively enhance soybean seedling growth under nutrient deficit stress. *Plant Production Science*, *23*(3), 366-373. https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1725391
Iijima, M., Yamashita, K., Hirooka, Y., Ueda, Y., Yamane, K., & Kamimura, C. (2022a). Promotive or suppressive effects of ultrafine bubbles on crop growth depended on bubble concentration and crop species. *Plant Production Science*, *25*(1), 78-83. https://doi.org/10.1080/1343943X.2021.1960175
Iijima, M., Yamashita, K., Hirooka, Y., Ueda, Y., Yamane, K., & Kamimura, C. (2022b). Ultrafine bubbles alleviated osmotic stress in soybean seedlings. *Plant Production Science*, *25*(2), 218-223. https://doi.org/10.1080/1343943X.2021.2021094
Ishibashi, Y., Aoki, N., Kasa, S., Sakamoto, M., Kai, K., Tomokiyo, R., Watabe, G., Yuasa, T., & Iwaya-Inoue, M. (2017). The Interrelationship between Abscisic Acid and Reactive Oxygen Species Plays a Key Role in Barley Seed Dormancy and Germination. *Frontiers in Plant Science*, *8*. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00275
Jia, J., Zhu, Z., Chen, H., Pan, H., Jiang, L., Su, W.-H., Chen, Q., Tang, Y., Pan, J., & Yu, K. (2023). Full life circle of micro-nano bubbles: Generation, characterization and applications. *Chemical Engineering Journal*, *471*, 144621. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.144621
Kim, M., Shoji, A., Kobayashi, T., Shirai, Y., Sugawa, S., & Takahashi, M. (2023). Accelerated germination of aged recalcitrant seeds by K+-rich bulk oxygen nanobubbles. *Scientific Reports*, *13*(1), 3301. https://doi.org/10.1038/s41598-023-30343-2

Kurek, K., Plitta-Michalak, B., & Ratajczak, E. (2019). Reactive Oxygen Species as Potential Drivers of the Seed Aging Process. *Plants*, *8*(6), 174. https://doi.org/10.3390/plants8060174
Le, N. N. T., Xue, S., Bairoliya, S., Hua, L., Wang, Y., Cao, B., White, J. C., Xi, C., Marhaba, T., & Zhang, W. (2025). Unveiling the potential impacts of oxygen and nitrogen nanobubbles in water on plant rhizosphere microbiome. *Rhizosphere*, *35*, 101163. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2025.101163
Liu, S., Kawagoe, Y., Makino, Y., & Oshita, S. (2013). Effects of nanobubbles on the physicochemical properties of water: The basis for peculiar properties of water containing nanobubbles. *Chemical Engineering Science*, *93*, 250-256. https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.02.004
Logan, D. C., Millar, A. H., Sweetlove, L. J., Hill, S. A., & Leaver, C. J. (2001). Mitochondrial Biogenesis during Germination in Maize Embryos. *Plant Physiology*, *125*(2), 662-672. https://doi.org/10.1104/pp.125.2.662
Lyu, T., Wu, S., Mortimer, R. J. G., & Pan, G. (2019). Nanobubble Technology in Environmental Engineering: Revolutionization Potential and Challenges. *Environmental Science & Technology*, *53*(13), 7175-7176. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02821
Mamun, M. A., & Islam, T. (2025). Oxygenated Nanobubbles as a Sustainable Strategy to Strengthen Plant Health in Controlled Environment Agriculture. *Sustainability*, *17*(12), 5275. https://doi.org/10.3390/su17125275
Matsumoto, M., & Tanaka, K. (2008). Nano bubble—Size dependence of surface tension and inside pressure. *Fluid Dynamics Research*, *40*(7-8), 546. https://doi.org/10.1016/j.fluiddyn.2007.12.006
Meegoda, J. N., Aluthgun Hewage, S., & Batagoda, J. H. (2018). Stability of Nanobubbles. *Environmental Engineering Science*, *35*(11), 1216-1227. https://doi.org/10.1089/ees.2018.0203
Michailidi, E. D., Bomis, G., Varoutoglou, A., Kyzas, G. Z., Mitrikas, G., Mitropoulos, A. Ch., Efthimiadou, E. K., & Favvas, E. P. (2020). Bulk nanobubbles: Production and investigation of their formation/stability mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, *564*, 371-380. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.093
Miransari, M., & Smith, D. L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, *99*, 110-121. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005
Møller, I. M. (2001). P LANT M ITOCHONDRIA AND O XIDATIVE S TRESS: Electron Transport, NADPH Turnover, and Metabolism of Reactive Oxygen Species. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, *52*(1), 561-591. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.561
Murphy, M. P. (2009). How mitochondria produce reactive oxygen species. *Biochemical Journal*, *417*(1), 1-13. https://doi.org/10.1042/BJ20081386
Nguyen, H.-H. T., Jeong, Y.-H., Choi, Y.-H., & Kwak, D.-H. (2025). Effect of bubble sizes on oxygen transfer efficiency of nano- and micro-sized bubble clouds for improving aquatic environments. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(3), 1511-1522. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05731-4
Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D. (2010). Germination—Still a mystery. *Plant Science, Translational Seed Biology: From Model Systems to Crop Improvement*, *179*(6), 574-581. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010
Parkinson, L., Sedev, R., Fornasiero, D., & Ralston, J. (2008). The terminal rise velocity of 10–100 μm diameter bubbles in water. *Journal of Colloid and Interface Science*, *322*(1), 168-172. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2008.02.072

Povilaitis, A., & Arablousabet, Y. (2025). Transient Effects of Air and Oxygen Nanobubbles on Soil Moisture Retention and Soil–Substance Interactions in Compost-Amended Soil. *Water*, *17*(13), 1923. https://doi.org/10.3390/w17131923
Rameshkumar, C., Lakshmi Sankar, S., & Senthilkumar, G. (2019). Characterisation of seed germination using nanaobubbled water. *International Journal of Ambient Energy*, *43*(1), 745-748. https://doi.org/10.1080/01430750.2019.1672581
Sharma, H., Nirmalkar, N., & Zhang, W. (2024). Nanobubbles produced by nanopores to probe gas-liquid mass transfer characteristics. *Journal of Colloid and Interface Science*, *665*, 274-285. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2024.03.080
Sharma, H., Yadav, G., Dutta, N., & Nirmalkar, N. (2025). Interfacial engineering of nanobubbles: From nucleation to mass transfer. *Surfaces and Interfaces*, *72*, 107386. https://doi.org/10.1016/j.surfin.2025.107386
Temesgen, T., Bui, T. T., Han, M., Kim, T., & Park, H. (2017). Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, *246*, 40-51. https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.06.011
Wang, J., Guo, X., Zhao, Q., Chen, R., Li, G., Zhou, B., & Cheng, P. (2025). Subsurface drip irrigation with micro-nano bubble hydrogen water improves the salt tolerance of lettuce by regulating the antioxidant system and soil bacterial community. *Applied Soil Ecology*, *207*, 105948. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105948
Xia, Z., & Hu, L. (2019). Treatment of Organics Contaminated Wastewater by Ozone Micro-Nano-Bubbles. *Water*, *11*(1), 55. https://doi.org/10.3390/w11010055
Xiao, Y., Liu, H., Sun, C., Wang, D., Li, L., Shao, L., & Hu, J. (2025). Research progress of micro-nano bubbles in environmental remediation: Mechanisms, preparation methods, and applications. *Journal of Environmental Management*, *375*, 124387. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124387
Yaparatne, S., Doherty, Z. E., Magdaleno, A. L., Matula, E. E., MacRae, J. D., Garcia-Segura, S., & Apul, O. G. (2022). Effect of air nanobubbles on oxygen transfer, oxygen uptake, and diversity of aerobic microbial consortium in activated sludge reactors. *Bioresource Technology*, *351*, 127090. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127090
Zhao, S., Wu, J., & Li, Y. (2025). Advances in the Research on the Properties and Applications of Micro-Nano Bubbles. *Processes*, *13*(7), 2106. https://doi.org/10.3390/pr13072106
Zheng, J., Xu, Y., Liu, D., Chen, Y., & Wang, Y. (2025). Ultrafine Bubble Water for Crop Stress Management in Plant Protection Practices: Property, Generation, Application, and Future Direction. *Agriculture*, *15*(23), 2484. https://doi.org/10.3390/agriculture15232484
Zhou, Y., Zhou, B., Xu, F., Muhammad, T., & Li, Y. (2019). Appropriate dissolved oxygen concentration and application stage of micro-nano bubble water oxygation in greenhouse crop plantation. *Agricultural Water Management*, *223*, 105713. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105713

STRATEGIC COMPETENCY MANAGEMENT AND THE INTEGRATION OF YOUNG TALENT IN PUBLIC SECTOR ORGANIZATIONS

Mohamed KARIM
Karim GASSEMI
PhD student: Jamal JAFRAN
PhD student: Salah-eddine KARIM
LARNED
Faculty of Law, Economics and Social Ain Sebaâ
HASSAN II University of Casablanca **Country: Morocco**

The relationship between strategic competency management and the integration of young professionals into the public sector is of critical importance. This connection forms the core of a study aimed at addressing our central research question: how can strategic competency management be effectively implemented in the public sector to facilitate the economic integration of young talent?

To address this question, the study adopts a conceptual methodology, beginning with an exploration of strategic management practices within the public sector, alongside an analysis of the concept of young competencies. It then evaluates how these practices can contribute to achieving the strategic objectives of public organizations and improving the quality of their services.
However, the research is subject to certain limitations. It partially relies on the availability of data and the cooperation of public sector organizations, which may constrain the generalizability of the findings in practice.

Ultimately, this research highlights the importance of strategic competency management in rejuvenating the age structure of the public workforce by attracting and integrating young professionals into organizations facing a shortage of skills. It provides valuable insights into how public sector organizations can adapt their competency management practices to respond to environmental changes. The findings have both theoretical and practical relevance, supporting public decision-makers in better understanding how strategic competency management can promote the integration of young talent while ensuring high-quality public services.
Keywords: Strategic management, Young competencies, Performance, Public organization.

LE MANAGEMENT STRATEGIQUE ET L'INSERTION DES JEUNES COMPETENCES DANS LES ORGANISATIONS PUBLIQUES

Le lien entre le management stratégique des compétences et l’insertion des jeunes dans le secteur public est une question d'une importance cruciale. Cette relation constitue le cœur d'une recherche visant à répondre à notre problématique centrale qui réside dans la manière dont le management stratégique des compétences peut être déployé de manière efficace dans le secteur public pour insérer les jeunes compétences dans la vie économique.
Pour répondre à cette problématique, la recherche adopte une méthodologie conceptuelle, qui commence par un éclairement sur les pratiques du management stratégique dans le secteur

public ainsi la notion des jeunes compétences. Ensuite, elle évalue comment ces pratiques peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs stratégiques des organisations publiques et à l'amélioration de la qualité de ses services.
Cependant, cette recherche présente certaines limites. Elle dépend en partie de la disponibilité des données et de la coopération des organisations du secteur public, ce qui peut limiter la généralisation des résultats dans la pratique.

En fin, cette recherche met en évidence l'importance du management stratégique des compétences dans le secteur public pour rajeunir la pyramide d'âge en cherchant des jeunes compétences afin de les insérer dans les organisations publiques qui souffrent d'une rareté des compétences. Elle offre des aperçus cruciaux sur la manière dont les organisations publiques peuvent adapter leurs pratiques de gestion des compétences pour répondre aux changements environnementaux. Les résultats de cette étude ont une pertinence théorique et pratique, aidant les décideurs du secteur public à mieux comprendre comment le management stratégique des compétences peut contribuer à l'insertion des jeunes compétences tout en garantissant des services de haute qualité.

Mots clés : Management stratégique, Jeunes compétences, Performance, Organisation publique.

THE ROLE OF MOTHER,S EDUCATION IN THE SELFCONFIDENCE OF THEIR GIRL CHILD IN PAKISTAN

Sameena Kouser
Master,s student deparment of women studies .
Ahlul bayt international university of tehran.

Abstract;
The findings underscore the importance of maternal education as a critical factor in the development of self-confidence among girls in Pakistan. This research highlights the need for targeted interventions that not only promote female education but also empower mothers through educational programs and community support initiatives. By equipping mothers with the knowledge and skills to nurture their daughters' self-esteem, we can create a ripple effect that enhances the overall well-being of future generations.

Policy Implications
The study concludes with several policy recommendations aimed at fostering an environment conducive to both maternal and daughter education. These include:
Educational Programs for Mothers: Implementing community-based educational initiatives that focus on adult literacy and vocational training for mothers.
Awareness Campaigns: Raising awareness about the importance of maternal education and its impact on daughters' self-confidence through media and community outreach.
Support Systems: Establishing support networks for mothers to share experiences and strategies for empowering their daughters.

Conclusion
In conclusion, this research highlights the integral role of mothers' education in shaping the self-confidence of their girl children in Pakistan. By recognizing and addressing the challenges faced by educated mothers, stakeholders can develop effective strategies to empower both mothers and daughters. Ultimately, fostering self-confidence in young girls is essential for building a more equitable and progressive society, where women can fully realize their potential and contribute meaningfully to their communities.
This abstract provides a comprehensive overview of the research topic, methodology, findings, and implications, effectively summarizing the importance of the study while addressing the specific context of Pakistan.

REVIEWONACCESSINGTHETOXICITYOFJATROPHATANJORENSISLEAFEXTRACTANDIT'SDOSAGEINANIMALPRODUCTION

JosephChisomOkoye

ABSTRACT

JatrophatanjorensiscommonlyknownasCatholicvegetable/Hospitaltoofar.Mainlyusedasvegetableforstewandsoup.DuetoEconomicmeltdown,highcostofproductsinthemarket,awarenessoftheimportanceoforganicfarmingandtheaurepicbenefitsofjatrophatanjorensis,farmersexploretheuseofjatrophatanjorensisinanimalproduction.

Howeverconcernhavebeenraisedonitstoxicityandhowitcouldaffectanimals.Ourfindingsrevealedit'sphytochemicalcompound,It'snutritionalvalue,it'seffectonlongtermuseandshorttermuseofjatrophatanjorensisleaveextractonanimals,recommendeddosageandit'sprocessingtoensureit'ssafety.

Keywords: Toxicity,Jatrophatanjorensisleafextract,Safedosage,AnimalProduction.

FACULTY PRACTICES FOR ASSESSING AI GENERATED CONTENT SUBMITTED BY UNDERGRADUATE STUDENTS IN PAKISTAN

Dr Irfan Bashir
Dr Yasira Waqar
Dr Afshan Naseem
Dr Fariha Gul
Dr Aisha Sami
Dr Almas Shoiab
Dr Aqila Rafique
Department of Education, University of Management and Technology, Pakistan

Abstract

This study explores the assessment practices adopted by higher education faculty in response to the increasing prevalence of AI-generated assignments and academic content. The integration of artificial intelligence—particularly generative AI tools—into educational environments has brought about substantial shifts in teaching and learning methodologies. These technologies offer numerous advantages, including increased efficiency, enhanced quality of academic writing, and tailored feedback that supports personalized learning experiences. Despite these benefits, the adoption of AI also introduces a range of complex challenges, particularly concerning academic integrity, the risk of plagiarism, and the potential erosion of students' critical thinking and originality due to over-dependence on technological solutions. To investigate these dynamics, a descriptive, survey-based quantitative research design was employed. The study targeted faculty members from both public and private universities located in Lahore. A stratified random sampling technique was used to select a representative sample of 400 faculty members from eight universities, ensuring balanced representation across various academic disciplines, gender categories, and institutional types. Data were collected through a structured questionnaire, which was rigorously validated through a pilot study, achieving a Cronbach's alpha coefficient of 0.85, indicating strong internal consistency and reliability. The questionnaire gathered both demographic information and detailed insights into faculty perceptions and current assessment practices related to AI-generated student work. Statistical analyses—including correlation, regression, and independent-sample t-tests—were conducted to examine relationships between demographic variables and faculty responses. The findings underscore a pressing need for the development of standardized institutional policies, comprehensive training programs for educators, and clearly defined ethical guidelines to support the responsible integration of AI in academic contexts. This study offers valuable, evidence-based recommendations for policymakers, university administrators, and educators, aiming to balance innovation with integrity and to harness the full potential of AI technologies while safeguarding academic standards in higher education.

Key Terms: AI-Generated Content, Undergraduate, Assessment Practices, Higher education faculty, Academic Integrity, AI Ethics

STRATEGIC MANAGEMENT AND THE SOCIAL INCLUSION OF YOUNG TALENT

Mohamed KARIM
PhD student: Jamal JAFRAN
***PhD student:* Rajaa FAIK**
PhD student: Fatima-ezzahra ELHASSADE
LARNED
Faculty of Law, Economics and Social Ain Sebaâ
HASSAN II University of Casablanca
Morocco

The relationship between strategic competency management and the integration of young professionals into the public sector is of critical importance. This connection forms the core of a study aimed at addressing our central research question: how can strategic competency management be effectively implemented in the public sector to facilitate the economic integration of young talent?

To address this question, the study adopts a conceptual methodology, beginning with an exploration of strategic management practices within the public sector, alongside an analysis of the concept of young competencies. It then evaluates how these practices can contribute to achieving the strategic objectives of public organizations and improving the quality of their services.
However, the research is subject to certain limitations. It partially relies on the availability of data and the cooperation of public sector organizations, which may constrain the generalizability of the findings in practice.

Ultimately, this research highlights the importance of strategic competency management in rejuvenating the age structure of the public workforce by attracting and integrating young professionals into organizations facing a shortage of skills. It provides valuable insights into how public sector organizations can adapt their competency management practices to respond to environmental changes. The findings have both theoretical and practical relevance, supporting public decision-makers in better understanding how strategic competency management can promote the integration of young talent while ensuring high-quality public services.
Keywords: Strategic management, Young competencies, Performance, Public organization.

LE MANAGEMENT STRATEGIQUE ET L'INSERTION SOCIALE DES JEUNES COMPETENCES

Le lien entre le management stratégique des compétences et l’insertion des jeunes dans le secteur public est une question d'une importance cruciale. Cette relation constitue le cœur d'une recherche visant à répondre à notre problématique centrale qui réside dans la manière dont le management stratégique des compétences peut être déployé de manière efficace dans le secteur public pour insérer les jeunes compétences dans la vie économique.

Pour répondre à cette problématique, la recherche adopte une méthodologie conceptuelle, qui commence par un éclairement sur les pratiques du management stratégique dans le secteur public ainsi la notion des jeunes compétences. Ensuite, elle évalue comment ces pratiques peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs stratégiques des organisations publiques et à l'amélioration de la qualité de ses services.
Cependant, cette recherche présente certaines limites. Elle dépend en partie de la disponibilité des données et de la coopération des organisations du secteur public, ce qui peut limiter la généralisation des résultats dans la pratique.

En fin, cette recherche met en évidence l'importance du management stratégique des compétences dans le secteur public pour rajeunir la pyramide d'âge en cherchant des jeunes compétences afin de les insérer dans les organisations publiques qui souffrent d'une rareté des compétences. Elle offre des aperçus cruciaux sur la manière dont les organisations publiques peuvent adapter leurs pratiques de gestion des compétences pour répondre aux changements environnementaux. Les résultats de cette étude ont une pertinence théorique et pratique, aidant les décideurs du secteur public à mieux comprendre comment le management stratégique des compétences peut contribuer à l'insertion des jeunes compétences tout en garantissant des services de haute qualité.

Mots clés : Management stratégique, Jeunes compétences, Performance, Organisation publique.