



**SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLER İÇİN KARBON VE SU AYAK İZİ
HESAPLANMASI; GAZİ ÜNİVERSİTESİ BEŞEVLER KAMPÜSÜ
ÖRNEĞİ**

Ayşenil ŞENCAN

**DOKTORA TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ayşenil ŞENCAN

22/11/2024

SÜRDÜRÜLEBİLİR KAMPÜSLER İÇİN KARBON VE SU AYAK İZİ HESAPLANMASI; GAZİ ÜNİVERSİTESİ BEŞEVLER KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

(Doktora Tezi)

Ayşenil ŞENCAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2024

ÖZET

Hızlı nüfus artışı nedeniyle günümüzde fosil yakıtların kullanımı ve sanayileşme oranında yükseliş gözlenmektedir. Bu artış atmosferdeki sera gazlarının miktarlarını yükselttiğinden dünyanın giderek ısınmasına ve dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Yaşanan iklim değişikliği sonucunda meydana gelen doğal afetler gezegendeki bütün canlılar için hayatı zorlaştırmaktadır. Ülkeler, iklim değişikliğinin önlenmesi için alternatif enerji politikalarının belirlenmesi ve atmosfere salınan karbonun azaltılması yönünde çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu çalışmaların sonucu olarak karbon ayak izi terimi ortaya çıkmıştır. Karbon ayak izi insan faaliyetleri sonucu meydana gelen emisyonların çevreye verdikleri zararın birim karbondioksit olarak ölçülen miktarı olarak ifade edilebilir. Bu tezin amacı, sürdürülebilir üniversite sınıfına girmeyi hedefleyen Gazi Üniversitesi'nin Beşevler Kampüsünün toplam karbon ve su ayak izini hesaplamaktır. Toplam karbon ayak izi için doğrudan ve dolaylı karbon kaynakları tespit edilmiş ve verileri temin edilmiştir. Hesaplar yapılırken Simapro 9.5 programı kullanılmıştır. 2021 ve 2022 yıllarına ait doğalgaz, üniversiteye ait özel araçların yıllık benzin/motorin, soğutucu gazlardan kaynaklı CO2 emisyonları, elektrik, üniversite kapsamında yapılan iş seyahatleri, ulaşım kaynaklı emisyonlar ve su tüketim verileri üniversiteden temin edilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler Simapro 9.5 programında işlenerek karbon ayak izi hesaplanmıştır. 2021 yılının toplam karbon ayak izini kapsam-1 bölümünde yer alan üniversiteye ait araçların atmosfere bıraktığı sera gazı emisyonları %87,8 oranında oluşturduğu ve bunu %8,3 ile kapsam-3 bölümünde yer alan su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izinin takip ettiği gözlenmiştir. 2022 yılında ise, toplam karbon ayak izinin %82,4'ünü kapsam-2 de yer alan elektrik tüketiminin meydana getirdiği ve bu oranı kapsam-3 bölümünde bulunan %9,5 ile akademik ve idari personelin üniversiteye gidiş gelişlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının miktarı takip etmektedir. Beşevler kampüsünün toplam su ayak izi Simapro 9.5 yazılımında yer alan Hoekstra metodu ile hesaplanmıştır. 2021 yılında 13,2 L, 2022 yılında ise 9.9 L 'dir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üniversite ölçeğinde atmosfere bırakılan sera gazı emisyonlarının miktarı değerlendirilip azaltılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Bilim Kodu : 90313
Anahtar Kelimeler : Karbon ayak izi, su ayak izi, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği
Sayfa Adedi : 95
Danışman : Prof. Dr. Aysel Çağlan GÜNAL

CARBON AND WATER FOOTPRINT CALCULATION FOR SUSTAINABLE CAMPUSES; GAZİ UNIVERSITY BEŞEVLER CAMPUS CASE STUDY

(Ph. D. Thesis)

Ayşenil ŞENCAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2024

ABSTRACT

Today, the rapid increase in population has led to a significant rise in the use of fossil fuels and the pace of industrialization. This increase elevates the levels of greenhouse gases in the atmosphere, resulting in global warming and consequently the disruption of the climate. The natural disasters arising from climate change are making life increasingly difficult for all living beings on the planet. In response, countries are beginning to implement alternative energy policies and initiatives aimed at reducing carbon emissions released into the atmosphere to combat climate change. As a result of these efforts, the concept of "carbon footprint" has emerged. The carbon footprint refers to the carbon emissions generated during the production of energy required for every activity and product purchased. In other words, it measures the amount of environmental damage caused by human activities in terms of unit carbon dioxide. Additionally, since the carbon footprint concept encompasses the balancing and even reduction of energy consumption, many organizations and institutions have started to calculate. The aim of this thesis is to calculate the total carbon and water footprints of Gazi University's Beşevler Campus, which seeks to achieve sustainable university status. Direct and indirect carbon sources have been identified and data has been obtained for the total carbon footprint. The calculations were conducted using the Simapro 9.5 software. Data related to natural gas consumption, annual gasoline/diesel use of university-owned vehicles, CO2 emissions from refrigerants, electricity consumption, business travel conducted within the university, transportation-related emissions, and water consumption for the years 2021 and 2022 were obtained from the university. The collected data were processed in the Simapro 9.5 program to calculate the carbon footprint. As a result of the study, the carbon footprint of Gazi University's Beşevler Campus has been categorized into Scope 1, Scope 2, and Scope 3. It was observed that in 2021, the greenhouse gas emissions from university-owned vehicles accounted for 87.8% of the total carbon footprint within Scope 1, followed by the carbon footprint resulting from water consumption in Scope 3, which constituted 8.3%. In 2022, it was found that 72.4% of the total carbon footprint was attributed to electricity consumption in Scope 2, while emissions from the commuting of academic and administrative staff in Scope 3 accounted for 14.5%. The total water footprint of the Beşevler campus was calculated with the Hoekstra method in Simapro software. The results for 2021 and 2022 were 13.2 and 9.9 litres, respectively. Based on these findings, the amount of greenhouse gas emissions released into the atmosphere at the university scale was evaluated, and recommendations were made to reduce them.

Science Code : 90313
Key Words : Carbon footprint, water footprint, sustainability, climate change
Page Number : 95
Supervisor : Prof. Dr. Aysel Çağlan GÜNAL

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgilerini, emeklerini, sabrını, deneyimlerini, manevi olarak desteğini ve güler yüzünü esirgemeyen, her zaman ilgi ve anlayışını derinden hissettiğim danışmanım Sayın Prof. Dr. Aysel Çağlan GÜNAL'a, her türlü bilgilerini, deneyimlerini, emeklerini çalışmalarım boyunca her zaman benimle paylaşan, güler yüzünü, anlayışını ve ilgisini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Aysel Gamze YÜCEL İŞILDAR'a, çalışmamda Gazi Üniversitesine ait verileri kullanmamı sağladıkları için Gazi Üniversitesi'ne, çalışmamı FOA-2022-8276 kodlu 'Gazi Üniversitesinin Karbon Ayak İzinin Yaşam Döngüsü Analizi Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi' projesi ile destekleyen Üniversitemiz BAP birimine ve bugüne kadar bana hayatımın her aşamasında inanan, yalnız bırakmayan ve maddi manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen annem ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı	3
2.2. Sürdürülebilir Kalkınma ve Amaçları	5
2.3. Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilirlik	9
2.4. Yeşil Kampüsler.....	17
2.5. Sıfır Atık ve Atık Yönetimi.....	17
2.6. Atık Yönetimi ve Sürdürülebilir Kampüsler	20
2.7. Su Yönetimi	21
2.8. Enerji Verimliliği	22
2.9. Üniversite Kampüslerinin Sürdürülebilir ve Yeşil Kampüslere Dönüştürme Çalışmalarında Literatür Çalışmaları.....	24
2.10. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği	27
2.11. İklim Değişikliği ile İlgili Yapılan Uluslararası Çalışmalar	27
2.11.1. Birleşmiş Milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi (BMİDÇS)	27
2.11.2. Kyoto protokolü.....	28
2.11.3. Paris anlaşması	29
2.12. Sera Gazları ve Özellikleri	29

	Sayfa
2.12.1. Karbondioksit (CO ₂).....	30
2.12.2. Metan (CH ₄).....	30
2.12.3. Diazotmonoksit (N ₂ O).....	31
2.12.4. Halokarbonlar, Kloroflorokarbonlar (CFC), Perflorokarbonlar (PfC), Hidroflorokarbonlar (HfC) ve Kükürt Hekzaflorit (SF ₆)	31
2.12.5. Su buharı.....	32
2.12.6. Ozon (O ₃).....	32
2.12.7. Karbonmonoksit (CO)	32
2.13. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDA)	33
2.13.1. Yaşam döngüsü analizinde amaç ve kapsam belirleme.....	34
2.13.2. Yaşam döngüsü envanteri.....	35
2.13.3. Yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarında kullanılan araçlar	35
2.13.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin kullanım alanları	37
2.14. Karbon Ayak İzi	38
2.14.1. Kurumsal karbon ayak izi.....	39
2.15. Su Ayak İzi.....	41
3. MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1. Çalışma Alanı ve Sistem Sınırı	47
3.2. Çalışma Metodu ve Verilerin Elde Edilmesi	48
3.2.1. Simapro 9.5.0.....	48
3.2.2. Verilerin toplanması ve anket uygulaması	49
3.3. Karbon Ayak İzi Hesabında Kullanılan Verilerin Sınıflandırılması.....	50
3.3.1. Kapsam-1.....	50
3.3.2. Kapsam-2.....	50
3.3.3. Kapsam-3.....	51

	Sayfa
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	53
4.1. Karbon Ayak İzi Hesaplamaları	53
4.1.1. Kapsam-1	53
4.1.2. Kapsam-2	56
4.1.3. Kapsam-3	58
4.2. Su Ayak İzi Hesaplamaları	61
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	65
5.1. Türkiye’de Belediyelerin Su Ayak İzi Ortalaması ile Üniversitelerin Su Ayak İzi Verilerinin Karşılaştırılması	76
6. ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	95

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Üniversiteler için çevresel değerlendirme çerçeveleri.....	11
Çizelge 2.2. Dünyada sıfır atık gelişimine yönelik yapılan faaliyetler	19
Çizelge 2.3. Yaşam döngüsü analizinde kullanılan bilgisayar yazılımları ve kullanıldıkları sektörler.....	36
Çizelge 2.4. Karbon ayak izi sınıflandırma	39
Çizelge 4.1. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi sonuçları	55
Çizelge 4.2. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi sonuçları	56
Çizelge 4.3. 2021-2022 yılına ait kapsam-2 bölümünün karbon ayak izi sonuçları.....	58
Çizelge 4.4. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi sonuçları	59
Çizelge 4.5. 2022 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi sonuçları	61
Çizelge 5.1. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü 2021-2022 yılı toplam karbon ayak izi sonuçları.....	65
Çizelge 5.2. Diğer üniversitelerin karbon ayak izi hesapları	73
Çizelge 5.3. Diğer üniversitelerin su ayak izi hesapları.....	78

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik şeması	4
Şekil 2.2. Sürdürülebilir kalkınma için uluslararası platformlarda atılan adımlar	6
Şekil 2.3. Birleşmiş Milletler 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçları	7
Şekil 2.4. Yükseköğretimde sürdürülebilirlik için imzalanan deklarasyonlar	10
Şekil 2.5. Sürdürülebilir üniversite modeli	13
Şekil 2.6. Sürdürülebilir yeşil üniversite stratejik plan ölçeği	15
Şekil 2.7. Sıfır atık yönetim sistemi şeması	20
Şekil 2.8. İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler ve dönüm noktaları	28
Şekil 2.9. Yaşam döngüsü analizi aşamaları	35
Şekil 2.10. Kurumsal karbon ayak izi ve kapsam şeması	41
Şekil 2.11. Türkiye’deki tüketim ve üretimin su ayak izi	42
Şekil 3.1. Gazi Üniversitesi Beşevler kampüsünün uydu görüntüsü	45
Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırı	48
Şekil 3.3. Akademik/idari personelin ve öğrencilerin üniversiteye ulaşımı tespit etmek için yapılan anket.	49
Şekil 4.1. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları	55
Şekil 4.2. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği	55
Şekil 4.3. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları	56
Şekil 4.4. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği	56
Şekil 4.5. 2021 ve 2022 yılına ait kapsam-2 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları	57
Şekil 4.6. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları	59
Şekil 4.7. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği	59
Şekil 4.8. 2022 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları	60

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. 2021-2022 yılına ait su ayak izi hesabı sonuçları	62
Şekil 4.10. 2021-2022 yıllarının su ayak izi karşılaştırması.....	63
Şekil 5.1. 2021 yılına ait toplam karbon ayak izi sonuçları (kg Co ₂ eq).....	67
Şekil 5.2. 2022 yılına ait toplam karbon ayak izi sonuçları (kg Co ₂ eq).....	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Tez çalışmasında kullanılan bütün simge ve kısaltmaların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Simgeler

Açıklamalar

kg CO² eq

Kilogram karbondioksit eş değeri

kWh

Kilowatt saat

L

Litre

m²

Metrekare

m³

Metreküp

ton CO² eq

Ton karbondioksit eş değeri

Kısaltmalar

Açıklamalar

BM

Birleşmiş Milletler

CFC

Kloroflorokarbonlar

CH⁴

Metan

CO

Karbonmonoksit

CO²

Karbondioksit

GHG PROTOKOL

Sera Gazları

HfC

Hidroflorokarbonlar

IPCC

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

N²O

DiazotMonoksit

O³

Ozon

PfC

Perflorokarbonlar

SF₆

Kükürt Hekzaflori

YDA

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

1. GİRİŞ

Günümüzde sanayi ve teknolojiye ivmelenme ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaçta her geçen gün artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamak adına fosil yakıtların kullanımı da büyük bir oranda yükseliş göstermektedir. Bu durumun sonucu olarak da sera gazı emisyonlarının atmosfere yayıldığı bilinmektedir. Meydana gelen yayılma sonucu günümüzde en çok hissedilen ve önemli bir sorun olan iklim değişikliği ortaya çıkmaktadır. Bu etkiler şiddetli hava olayları, giderek yükselen hava sıcaklıkları, kıyı taşkınları, kutup, kar ve buz örtüsünün kaybolması ile insanların gerçekleştirdiği tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu atmosferde biriken sera gazlarının olası etkilerinden birkaçı olarak sayılabilir (Ritchie, 2020).

Son yıllarda düzenlenen iklim zirveleriyle birlikte uluslararası politikalarda tüm dünya ülkelerini ilgilendiren iklim politikaları ortaya çıkmıştır. Bu konu ile ilgili bölgesel ve ulusal önlemler alınmaya başlanmış ve iklim değişikliğinin küresel boyuttaki etkilerini kabul etmişlerdir (Çolak ve diğerleri, 2023). Tüm dünyayı yavaş yavaş etkisi altına alan iklim değişikliğini etkilerinin en başında atmosferde biriken sera gazlarının neden olduğu ve dolayısı ile karbon miktarının artışı sonucu dünyamızda ekolojik dengenin bozulmaya başladığını özellikle son yıllarda yaşayarak deneyimlemekteyiz.

Karbon ayak izi, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan doğrudan ve dolaylı olarak meydana gelen karbondioksitin (CO_2) ton ya da metreküp cinsinden ölçülen miktarına denir. Bir üniversitenin, binanın, kurumun, ailelerin, şehirlerin, bireylerin ve milletlerin faaliyetlerine göre uygulanabilir ve bu faaliyetlerin sonucunda çevre üzerindeki etkilerinin ölçülmesi ve değerlendirmesinde yardımcı olan önemli bir ölçüttür (Ma ve diğerleri, 2023; Özcan, 2024).

Karbon ayak izi kavramı birincil ve ikincil karbon ayak izi olarak iki grupta incelenmektedir. Birincil karbon ayak izi; Kurumların ya da kişilerin ulaşım ve enerji faaliyetlerinin tüketimleri sonucunda ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarına denir. İkincil karbon ayak izi ise, kullanılan ürünlerin bütün yaşam döngüsü boyunca üretiminden tüketimine kadar geçen süreçte meydana gelen karbondioksit miktarıdır (Sıleybi, 2023).

Kurum ve kuruluşlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasını ve karbon nötrlüğünü hedefleyen çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Yüksek öğretim kurumları karbon ayak izini azaltmak amacıyla çalışma yapan kuruluşların arasında yer almaktadır. Üniversitelerin kampüsteki aşırı enerji ve su tüketimi nedeniyle yüksek miktarda sera gazı ürettiği bilinmektedir (Filimonau ve diğerleri, 2021). Kampüs içindeki birçok faaliyette karbon emisyonunun meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle detaylı olarak karbon ayak izi hesabını tahmin etmek zor olabilir. Üniversiteler; araştırma, toplum hizmetleri ve eğitim ile ilgilenen kuruluşlar olarak sürdürülebilirliği, çevresel bozulmayı ve iklim değişikliğini en başta öğrencilere aşılama konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle karbon ayak izini azaltmak amacıyla çalışma yapan (Clabeaux ve diğerleri, 2020).

İklim değişikliği ve hızlı nüfus artışıyla birlikte her geçen gün tüm dünyada kuraklık riskinin arttığı görülmektedir. Suyun doğru ve sürdürülebilir şekilde kullanımı ve yönetimi son yıllarda büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir su yönetimi çalışmalarında en uygun yöntem su ayak izini hesaplamaktır. Su ayak izi, Hoekstra tarafından 2000’li yılların başlarında tanımlanmış ve günümüze kadar önemli bir kavram olarak gelmiştir. Su ayak izi; hizmetlerin ve ürünlerin tüketim ve üretim süreleri kapsamında doğrudan ve dolaylı yollardan kullanılan suyun toplam miktarının ölçüsüdür. Su ayak izi kavramı suyun çeşidine bağlı olarak mavi, yeşil ve gri su olmak üzere üç başlıkta incelenmektedir. Mavi su, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının toplam miktarını, yeşil su yağışlar sonucu gelen su miktarını ve gri su ise kirletilmiş su kaynaklarındaki kirlilik yükünün azaltılması ya da bertaraf edilmesi için gerekli tatlı su miktarını göstermektedir (Korkmaz, 2021).

Bu tez çalışmasında, Gazi Üniversitesi Beşevler yerleşkesinin karbon ayak izi ve su ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplar yapılırken Simapro 9.5 programı kullanılmıştır. 2021 ve 2022 yıllarına ait doğalgaz, üniversiteye ait özel araçların yıllık benzin/motorin tüketimi, soğutucu gazlardan kaynaklı CO₂ emisyonları, elektrik, üniversite kapsamında yapılan iş seyahatleri, ulaşım kaynaklı emisyonlar ve su tüketim verileri üniversiteden temin edilmiştir. Elde edilen veriler Simapro 9.5 programında işlenmiştir. Çalışmanın sonucunda üniversite ölçeğinde atmosfere bırakılan karbondioksit (CO₂) emisyonlarının miktarı ve Üniversitenin tükettiği su miktarı değerlendirilip azaltılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

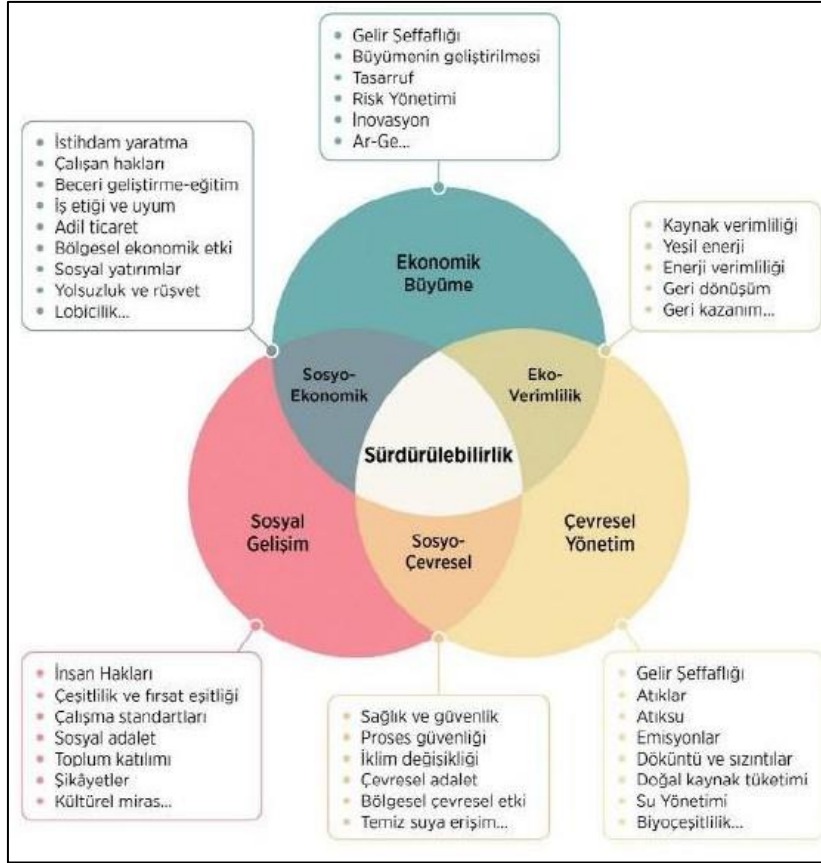
2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı son yıllarda giderek popüler olan ve disiplinlerarası kullanılan bir kavramdır. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını dikkate alarak insanın ve doğanın yaşam şartlarını meydana getirmek, ıslah etmek ve devamlılığını sağlamak anlamına gelmektedir (EPA, 2017). Aslında sürdürülebilirlik kavramı, kısa zamanda elde edilen kar oranlarına hedeflenip uzun zamanda gelecek olan zararlar ilgili kamuoyunun olumsuz algısına cevap niteliğinde kurumsal etiğin bir parçası olarak ortaya çıkmıştır (Köksal, 2022; Marans ve Edelstein, 2010).

Dünya üzerindeki kaynakların hızla tükendiği gözlenmiş olup ve eğer ciddiye alınmaz ise büyük felaketlere yol açabilecek olduğunu sayısal veriler ile 16 Haziran 1972 yılında yapılan Stockholm Konferans'ında bu durum ifade edilmiştir. Durumun ciddiyetine önem veren ülkeler bu konuda neler yapılabilecekleri konusunda değerlendirme çalışmalarına başlamışlardır. Sürdürülebilirlik kavramı ilk kez somut olarak Norveç Başbakanı, 1987 yılında '*Gro Harlem Brundtland*' başkanlığında toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun hazırladığı *ortak geleceğimiz* adlı raporda yer almıştır. Bu kavramının meydana gelmesinden sonra kamu kurumları ve hükümetler yapacağı faaliyetlerde sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği dikkate alma bilincine varmışlardır (Amaral ve diğerleri, 2019).

Sürdürülebilirlik kavramı esasen insanların yaşamlarını kolaylaştırma istekleri ile ekosistemin bu isteğe getirdiği sınırlandırmalar arasındaki ilişkiyi değerlendirmektedir (Lauder ve diğerleri, 2015). Sürdürülebilirlik kavramının temel amacı geleceği tehlikeye atmadan mevcuttaki yaşam standartlarını iyileştirme ve devamlılığını sağlamak açısından gerçekleştirilecek olan çalışmalar olarak açıklanmaktadır.

Günümüzde çevresel bozulma, dünyadaki kaynak rezervlerinin büyük bir hızla azalması ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin artmasına rağmen gelecek nesillerin ihtiyaçlarından taviz vermeden bugünün gereksinimlerini karşılamayı ifade eden sürdürülebilir kalkınmanın önemi giderek artmaktadır. Sürdürülebilirliğin üç önemli ana başlıkları sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler şeklinde Şekil 2.1'de yer almaktadır.



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik şeması (Eşkin, 2019)

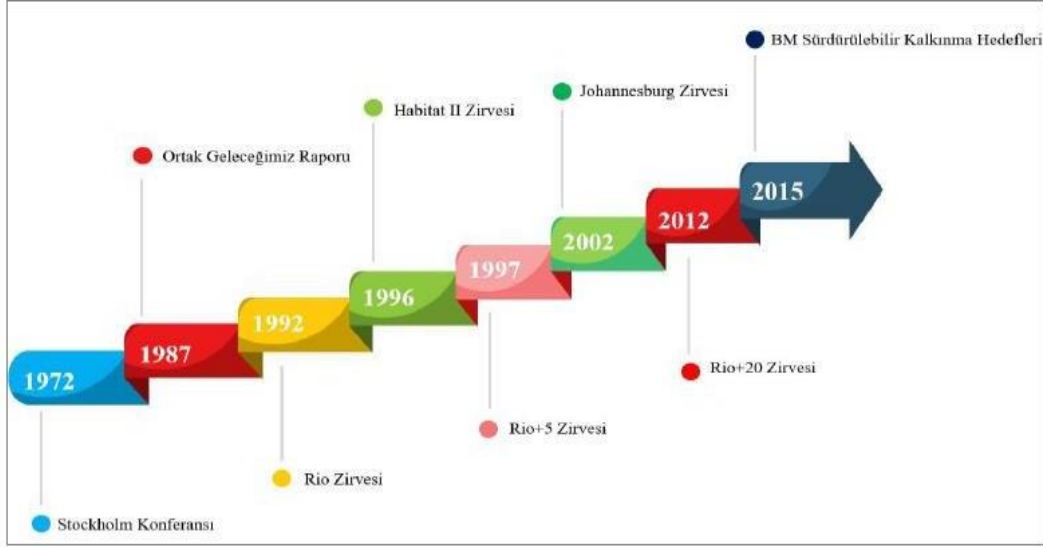
Çevresel faktörler sürdürülebilirlik ilkelerinde en büyük role sahiptir. Kültürel değişimler, endüstri faaliyetleri ve teknolojik alanda yaşanan gelişmeler sonucu meydana gelen çevresel sorunlara karşı ülkenin geliştirdiği planlama faaliyetleri ve hayata geçirmek için hazırladığı yeni politikalar çevresel sürdürülebilirliğin önemine değinmektedir. Sürdürülebilirliğin çevresel boyutta incelenmesi üniversitelerde bir araştırma konusu iken aynı zamanda üniversitenin kendi kampüslerinde zaman içerisinde uygulamaya başladığı bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu nedenle üniversiteler mevcut işleyişlerini tamamen değiştirerek yeniden revize etme yoluna girmektedirler (Yaşayacak, 2019). Çevresel anlamda kalkınma sağlanması sürdürülebilirlikte ekosistemin çeşitliliğini ve kapasitesini esas alarak var olan doğal kaynakların korunması ve gelecek kuşaklara aktarılmasını temel almaktadır (Goodland ve Daly, 1996).

Sürdürülebilirlik kavramının önemi doğal kaynakların azalması ve hatta yok olma eğilimi ile karşılaşması sonucu son yıllarda daha da artmaktadır. Mevcuttaki var olan kaynakları sonu olmayan bir kaynak anlayışıyla tüketmeyip, gelecekteki nesillerinde kullanacağı

düşüncesiyle hareket edildiğinde şu anda var olan hali hazırdaki kaynakların yok olmasının önüne geçilmiş olacaktır (Kurdoğlu, 2018).

2.2. Sürdürülebilir Kalkınma ve Amaçları

1960-1970’li yıllarda çevreye verilen zararlar birçok ülke tarafından fark edilmiş ve bu zararların nedenleri çevre ve ekoloji hareketleriyle irdelenmeye başlanmıştır. Çeşitli insan faaliyetleri sonucunda doğal kaynakların tükendiğini sorgulamak amacıyla birden çok platformda sürdürülebilirlik konusu tartışılmaya başlanmıştır. Küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi, habitatın bozulması ve türlerin neslinin tükenmesi gibi çevresel sorunlar sanayi devriminin olumsuz sonucu olarak meydana gelmiştir. Birleşmiş Millet Örgütü çevrenin korunması ve ekonomik büyüme arasında yaşanan rekabeti çözümlmek amacıyla ‘*sürdürülebilir kalkınma*’ kavramını kullanmıştır (Porras, 2009). Bütün bu gelişmeler, Birleşmiş Milletler tarafından 1983 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun kurularak yapılan çalışmalara destek sağlamalarına yol açmıştır. Komisyonda zamanla çevre sorunlarına çözümler, çevre ile kalkınma arasındaki ilişkinin ön plana çıktığı, 1987 yılında yayımlanan Brundtland Raporu ile sürdürülebilir kalkınma tanımının yapılarak hızlı sanayileşme, ekonomik büyüme ve endüstri devrimi sonrasında yaşanan çevre ve doğa felaketlerine dikkat çekmiştir. Ayrıca gelişme, büyüme ve çevrenin korunması maddelerinin hepsinin bir arada gerçekleştirilerek doğal kaynakların bilinçli ve etkin biçimde korunması gerektiği belirtilmiştir (WCDE, 1987). 1992 yılında Rio de Janeiro’da Birleşmiş Milletler Kalkınma Toplantısı ve Gündem 21’de öne çıkan kavramlardan birisi de ortak geleceğimiz raporunda bahsedilen sürdürülebilir kalkınma terimi nitelendirilmiştir (Adams, 2001). 1992 yılında gerçekleştirilen Rio Konferansı’nda alınan kararların sonrasında sırasıyla 1997 ve 2002 yıllarında gerçekleştirilen Rio+5 zirvesi ve Johannesburg zirvesi (Rio+10) gerçekleşmiş ve Rio konferansında onaylanmış ilkelerin tümünün bir bütünlük içinde nasıl uygulandığı belirtilmiştir. Uluslararası boyutta sürdürülebilir kalkınma kapsamında gerçekleştirilen adımlar Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Sürdürülebilir kalkınma için uluslararası platformlarda atılan adımlar

Dünya genelinde çevresel göstergelerin gelişimine ve daha sistematik ilerlemesine yönelik farklı yaklaşım çalışmaları uygulanmakta, farklı modeller ve kavramsal çerçeveler dahilinde göstergeler üzerinde çalışılmaktadır.

Uluslararası platformda çevresel göstergelerde belirgin role sahip bazı kuruluşlara örnek olarak Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa Komisyonu, Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası ve Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü verilebilir (ÇŞB, 2018). Çevresel göstergeler, çevre açısından olan baskı yükünün, halihazırda uygulanan çevreyi koruma politikalarının ve çevrede yaşanan değişimin değerlendirilmesinde dikkate alındığı gibi aynı zamanda çevresel raporlamalarda da önemli bir role sahiptirler (ÇŞB, 2019). Sürdürülebilir kalkınmanın ana ögesi olan sürdürülebilir çevre, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin bütünü için yapılan çalışmaların hepsinde dikkat edilmesi gereken bir odak noktasıdır. 2015 yılında Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde yayımlanmış olan *Dünyamızı Dönüştürmek: 2030 Sürdürülebilir Kalkınma gündemi* adlı bildirisi Genel Kurul tarafından kabul edilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma araçları bir başka deyişle küresel amaçlar bütün ülkelere daha yaşanılabilir bir dünya için yapılan bir çağrıdır. 2030 yılına kadar 2015 yılında yapılmış olan bu çağrı kapsamında her biri birbiri ile alakalı 17 hedefe dünya çapında ulaşılması beklenmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Birleşmiş Milletler 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçları

Bir kurumun, kuruluşun ya da şehrin sürdürülebilir olması için kaynağındaki veri tabanının güçlendirilmesi ve korunması gerekmektedir. Ayrıca kalkınma kavramı sadece ekonomik büyüme anlamını taşımaktan çok aynı zamanda çevresel ve sosyo-kültürel kalkınmayı da içerecek biçimde genişletilmelidir. 2030 gündemi, 17 amaç ve 169 alt amaçtan oluşmaktadır. Bahsedilen 17 ana hedefin açıklamaları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

Hedef 1: Yoksulluğu sona erdirmek,

Hedef 2: Sürdürülebilir tarımı desteklemek, açlığı bitirmek, iyi beslenme ve gıda güvenliğine ulaşmak,

Hedef 3: Kaliteli ve sağlıklı yaşamı her yaşta uygulamak,

Hedef 4: Her bir birey için yaşam boyu öğrenme ilkesini teşvik etmek, hakkaniyete dayanan ve kapsayıcı nitelikte eğitim sağlamak,

Hedef 5: Kız çocuklarını güçlendirmek ve cinsiyet eşitliğini sağlamak.

Hedef 6: Her bir birey için içme suyu ve atıksu hizmetini sağlamak ve sürdürülebilir su yönetimini kolaylıkla devam ettirmek,

Hedef 7: Her bir birey için sürdürülebilir, karşılanabilir, modern ve güvenilir enerjiye erişimini sağlamak,

Hedef 8: Her bir birey için insana yakışır şekilde olan işleri, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, üretken ve tam istihdamı desteklemek,

Hedef 9: Altyapı yönünden dayanıklılığı sağlamak, yenilikçiyi güçlendirmek ve sürdürülebilir sanayiye desteklemek,

Hedef 10: Ülkeler arasında ve içindeki eşitsizlikleri azaltmak,

Hedef 11: İnsanların yaşadıkları yerleri sürdürülebilir, güvenli ve dayanıklı olmasını sağlamak, *Hedef 12:* Bilinçli tüketim ve üretim kalıplarını sağlamak,

Hedef 13: İklim değişikliği ile mücadele etmek,

Hedef 14: Okyanusları, deniz kaynaklarını ve denizlerini sürdürülebilir şekilde kullanıp sürdürülebilir kalkınmaya destek vermek,

Hedef 15: Sürdürülebilir orman yönetimini desteklemek, çölleşmenin ve arazilerin bozulmasının önüne geçmek, karasal ekosistemlerin sürdürülebilir olmasını sağlamak ve biyolojik açıdan çeşitlilik kaybını önlemek,

Hedef 16: Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi amacıyla toplumlar arasında kapsayıcılık ve barışçılık ilkelerini yaymak, her bir bireyin adalete kolay ulaşımını sağlamak ve her seviyede etkili, kapsayıcı ve hesap verebilir kurumları oluşturmak,

Hedef 17: Sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla küresel ortaklığı canlandırmak ve uygulama araçlarını güçlendirmek,

Bu çerçeve; kapsayıcı ve bütüncül bir kalkınma perspektifinin ana ögesini meydana getirirken ayrıca 2030 gündemi insan hakları çerçevesine, Rio+20, uluslararası belgeler, Pekin Eylem Deklerasyonu ve Eylem platformu gibi birçok zirve ve üst düzey toplantının sonucuna dayanır. Sonuç olarak çevresel sürdürülebilirlik, adalet, eşitlik, barış ve ekonomik refah konularının hepsini içeren entegre bir çözüm anlayışı sunmaktadır.

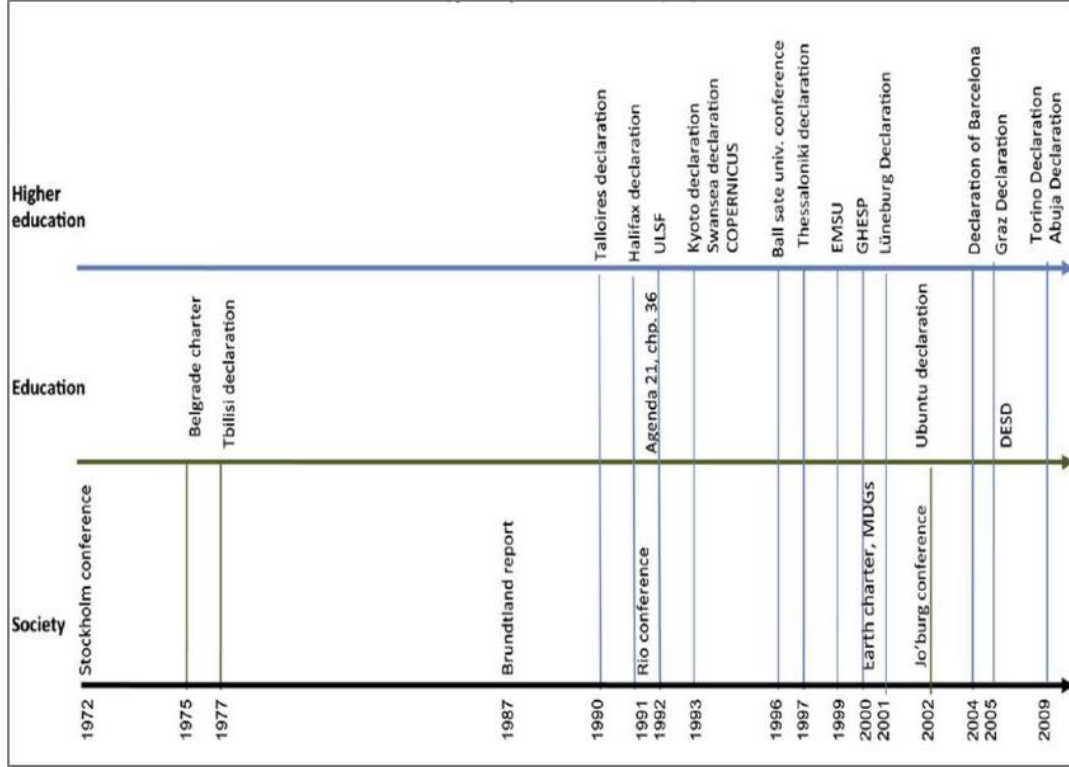
2.3. Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilirlik

Üniversiteler, kampüsteki faaliyetlerin toplum ve çevre üzerindeki etkileri ve büyüklükleri sebebiyle sürdürülebilirliği sağlamak açısından ‘küçük şehirler’ olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle kampüsler şehirlere ait özellikleri taşımak zorunda olduğundan sürdürülebilirlik kavramı kolay bir şekilde uygulanabilir niteliktedir (Kalaycı, 2020). Sürdürülebilir üniversite tanımı, sürdürülebilirliğin üç ana bileşeni ile doğrudan ilişkilidir. Üniversiteler refahı ve sağlığı teşvik etmekle, ayrıca bu değerleri küresel ölçekte yaymakla yükümlü olduklarından ekonomik, toplumsal ve çevresel etkilerin azaltılmasından sorumludurlar (Alshuwaikhat ve Abubakar, 2008; Velazquez ve diğerleri, 2006).

1970’lerde Üniversitelerde sürdürülebilirliğe olan eğilim sonucunda çevresel bozulmanın küresel bir boyut olarak gündeme yerleştiği görülmüştür. 1972 yılında ilan edilen Stockholm Deklarasyonu, yükseköğrenim kurumları ile sürdürülebilirlik ilkesi arasındaki ilişkiyi başlatan ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin belirlenerek bu kriterlerin dikkate alınmasını sağlayan ilk deklarasyondur ve 26 ilkeden oluşmaktadır. Deklarasyonun 20.İlkesinde *“Uluslararası ve ulusal çapta meydana gelen çevre sorunlarının nedenleri ve sonuçları hakkında başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm ülkelerde yeni bilimsel araştırmalar ve gelişmelerin yapılması teşvik edilmelidir. Bu kapsamda çevresel sorunları çözebilmek için bilimsel, güncel enformasyonun serbest dolaşımı ve tecrübe transferi desteklenmeli ve gerekli yardımlar yapılmalıdır. Çevreyi koruyan teknolojiler geliştirmekte olan ülkelere yaygınlaşmalı ve bu ülkelere ekstrasdan ekonomik yük getirmeyecek biçimde olmalıdır.”* (Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı Stockholm Deklarasyonu ER: 24/11/2024) şeklindeki ifadeye göre bu deklarasyonda kampüslerdeki yaşam biçimleri ya da sistem önerilerinden ziyade çevresel sorunlar ile ilgili bilimsel ve akademik çalışmalar yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

1990 yılında imzalanan on maddeden oluşan bir eylem planı niteliği taşıyan Talloires Deklarasyonuna; 40’ı aşkın ülkede, 300’ü aşkın üniversite yöneticisi, üniversite kapsamında araştırma, öğrenim ve sosyal yardım yapanlara çevre okuryazarlığı ve sürdürülebilirlik kavramlarını entegre etmek amacıyla imzalanmışlardır (Alshuwaikhat ve Abubakar, 2008). Talloires Deklarasyonunun ilan edilmesi birçok bildiri ve konferansa temel oluşturarak sürdürülebilir kalkınma konusundaki paylaşımların artmasına neden

olmuştur. Bu kapsamda sürdürülebilirlik konusunda imzalanan deklarasyonların kronolojik sıra ile verilmiş biçimi şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Yükseköğretimde sürdürülebilirlik için imzalanan deklarasyonlar (Koc, 2014)

Birleşmiş Milletler tarafından 1992 yılında Rio de Janeiro'da yapılan konferansta sürdürülebilirlikle eğitim arasındaki ilişki üzerine vurgu yapmışlardır. Bu anlaşma gündem 21'in alt maddesi olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir üniversitelerin sayını artırmak ve yönlendirmek için birçok eylem planı ve araştırmalar içeren bir anlaşmadır. Bunun devamında 1993 yılında Kyoto ve Swansea Deklarasyonları ve 2001 yılında UNESCO tarafından Lüneburg Deklarasyonu ilan edilmiştir. Birleşmiş Milletler 2005-2014 yılları arasında kalan süreyi sürdürülebilir kalkınma için eğitimin on yılı olarak ilan etmiştir (Mutdoğan, 2020).

Kampüslerde sürdürülebilir üniversiteleri değerlendirmek için ulusal ölçekte geliştirilmiş bir iletişim ağı ya da yazılım sistemi bulunmamaktadır. Fakat Uluslararası sürdürülebilir kampüs ağı, Green metric, Dünya Üniversite Liderleri Forumu, Birleşmiş Milletler Çevre Programı gibi sürdürülebilir üniversiteleri değerlendirme projelerine Türkiye'de bulunan birçok üniversite katılmaktadır (Yıldız, 2020). Kampüslerde sürdürülebilirlik kavramı için

yeşil ölçüm kriterlerinde ölçüm yapan sistemlere örnek olarak; yeşil ölçüm, üniversite yeşil ligi ve çevresel ve sosyal sorumluluk indeksi olarak verilebilir. Bunların içerisinde yeşil ölçüm kriterleri uluslararası kapsamda olan sıralama sisteminde de ilk sırada olma özelliği taşımaktadırlar (Benilay ve Gezer, 2019). Üniversiteler çevresel ve sosyal sorumluluk bakımından çok yakın bir tarihe kadar büyük ölçüde yok sayılan, önemli çevresel etkilere neden olacak faaliyetlerde açık potansiyeli olan ve karışık sistemlere sahip kurumlardır. Üniversitelerde yapılan önemli operasyon ve faaliyetler büyük ölçüde çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu faaliyetlere zemin-bina bakımı, laboratuvar-atölye kullanımı ve malzeme-enerji kullanımları örnek gösterilebilir. Bu çalışmaların her biri de çevresel kaliteyi büyük ölçüde etkilemektedir (Alshuwaikhat ve Abubakar, 2008). Üniversite kampüs ortamları sürdürülebilirlik uygulamalarının gelişmesi için oldukça elverişli bir ortamdır (Lauder ve diğerleri, 2015). Kampüslerde sürdürülebilirlik konusu atık yönetimi, su tüketimi, yeşil alanlar, ulaşım ve enerji ile ilişkili operasyonel birçok çalışmayı içermektedir (Dagiliute ve Liobikiene, 2015). Üniversite yerleşkelerinde nüfus yoğunluğunun fazla olması nedeniyle kampüsün çevresel etkilerinin nasıl ölçüleceği konusu akıllarda soru işareti bırakmaktadır. Bu hedef doğrultusunda birçok değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir (Savanick, 2004).

Uluslararası çevresel boyutta değerlendirme yöntemlerinden bazıları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

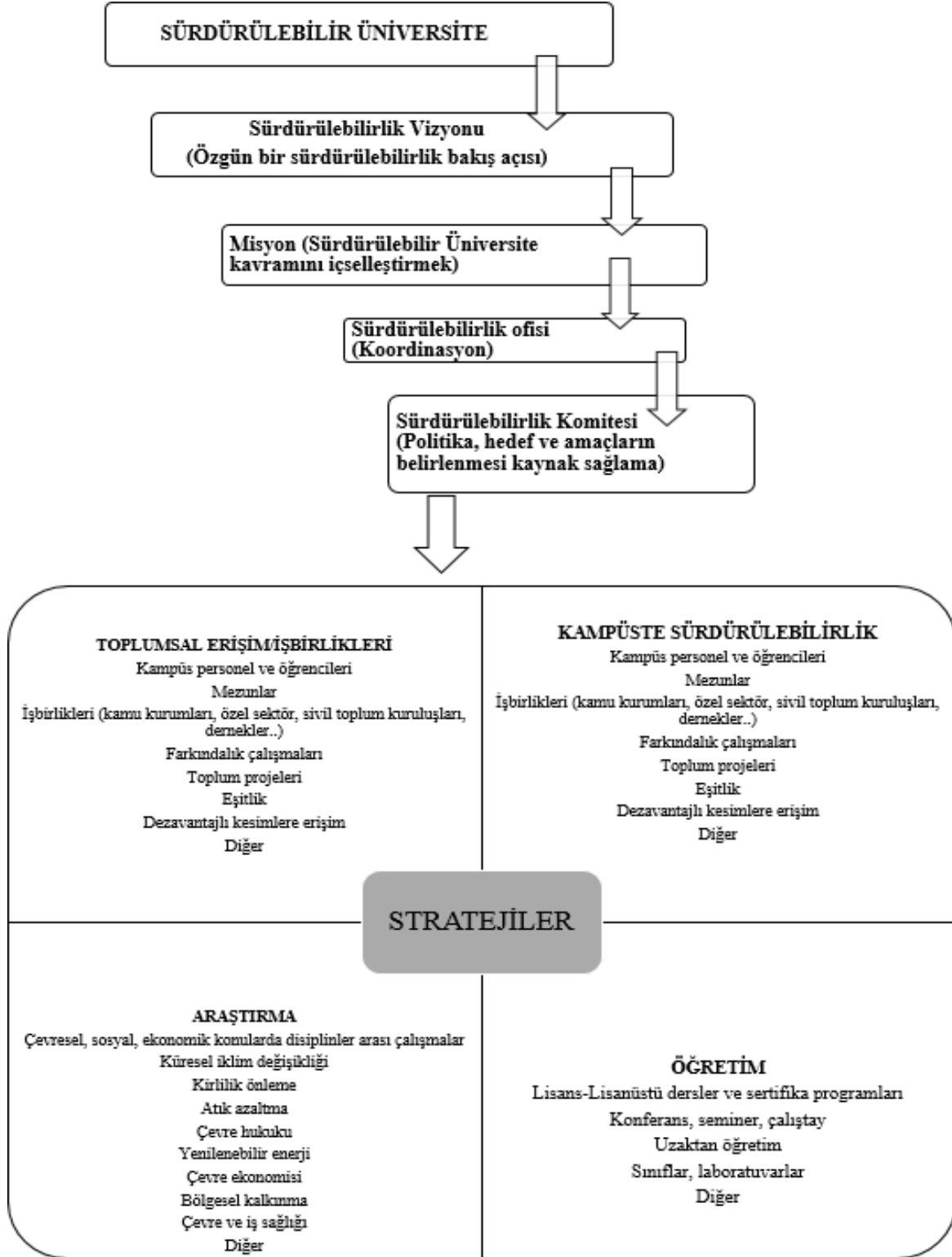
Çizelge 2.1. Üniversiteler için çevresel değerlendirme çerçeveleri (Savanick, 2004)

Değerlendirme	Kaynak	Açıklama	Üniversite Örnekleri
Blueprint for a Green Campus	Developed at a 1994 Campus Earth Summit at Yale University	Yeşil kampüs operasyonları, müfredat ve toplum ilişkisi için pratik öneriler	Öneri sunar ancak uygulama hakkında veri toplamaz
Campus Ecology Research Station	National Wildlife Federation Campus Ecology Program	Başlangıç projeleri hakkında öneriler sunar ve üniversitelerdeki en iyi yönetim uygulamalarını ayrıntıyla anlatır	Çok sayıda en iyi uygulama örneği kampüs çevre kitabı aracılığıyla kapsamlı web sitesinde mevcuttur
Clean Air Cool Planet	Based on Kyoto Protocol, international voluntary agreement to reduce carbon dioxide emissions	Sera gazı emisyon hesaplamalarını ve protokol hükmünü benimsemeyi savunur (Tufts Üniversitesi’nden temin edilen şablon)	Tufts Üniversitesi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü

Çizelge 2.1. (devam) Üniversiteler için çevresel değerlendirme çerçeveleri (Savanick, 2004)

ISO 14001 (University Version)	International Organization for Standardization (ISO) adapted for campuses by USEPA	Çevresel yönetim sistemi veri ihtiyacının ve çevre yönetim sürecini açıklar	Tulane Humboldt State University of Missouri- Rolla
The Natural Step	Founded in Sweden	Dört sistem koşulunu karşılayarak farklı sevilerdeki çevre sorununu kavramsal çerçevede ele almak	Georgia Institute of Technology University of Texas at Houston
Tallois Declaration	Policy commitment developed at conference of university presidents and chancellors	Çevre tahribatını azaltmak için on kampüs tabanlı eylem	265 imzalayan, uygulamaya ilişkin veri bulunmamakta
ULSF Sustainability Assessment	University Leaders for a Sustainable Future	Kısa anket özellikle kampüsler için sürdürülebilirlikle ilgili sorular	Araç ve en iyi uygulamalar vaka çalışmaları web sitesinde mevcut

Bu kapsamda yapılan çalışmalar göz önüne alınarak sürdürülebilir üniversite modeli örneği
şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Sürdürülebilir üniversite modeli (Günerhan ve diğerleri, 2019)

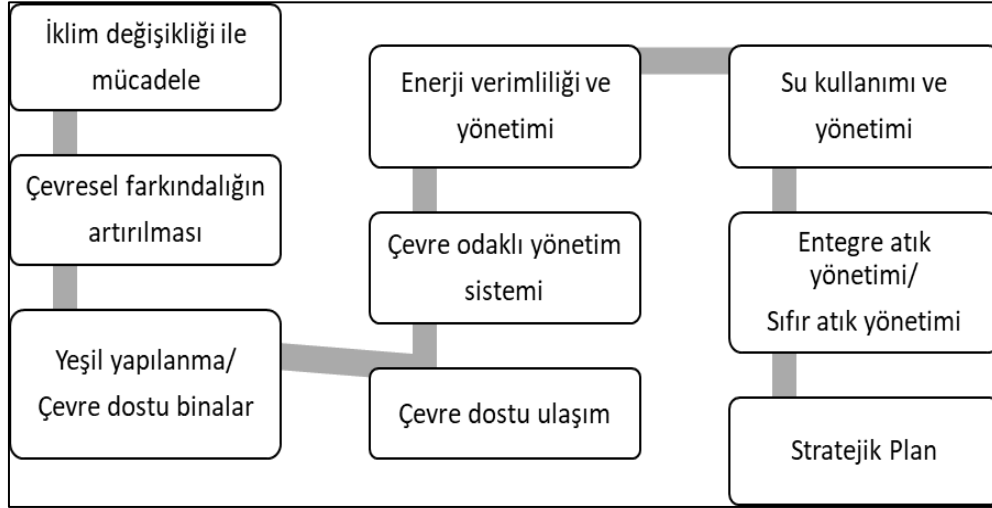
Üniversite kampüslerinde sürdürülebilir politikaların oluşması için çevresel, sosyal ve ekonomik hedefler arasındaki dengeyi uzun vadede koruyarak bu faaliyetlerin sonuçlarının alınabileceğine dair ortak bir görüş vardır. Sürdürülebilirlik ilkesi doğal kaynakların

kullanılmasında sosyal adalet dengesi ve etkinliğine dayalı olarak ekonomik açıdan büyümesi ile belirlenir. Sürdürülebilirlik hedeflerine tam anlamıyla ve etkili bir şekilde ulaşmak için tüm ortakların iş birliği içerisinde olması gerekmektedir (Lozano, 2006).

Gün geçtikçe üniversite faaliyetlerinin sosyal ve çevresel etkilerinin toplum üzerindeki etkilerinin belirginleşmesiyle akademisyenler, politikacılar, öğrenciler ve genel olarak kamuoyu tarafından daha da ilgi çekici hale gelmiştir (Yuan ve diğerleri, 2013). Sürdürülebilir Üniversite olma yolunda ilerleyen üniversitelerin ilk olarak kendi dinamiklerini de dikkate alarak model sistemlerini oluşturmaları gerekmektedir. Model sistemini oluşturan üniversiteler bu sistemin çevreye olan sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin neler olabileceği konusunda çalışma yapmalıdır ve ortaya çıkan olumsuz etkilerin minimum seviye indirilmesi sağlanmalıdır. İkinci adım olarak, belirlenen misyonun etkin bir şekilde tamamlanması gerekmektedir. Bu adımın yapılabilmesi için öncelikle üniversitenin sürdürülebilir açıdan ne durumda olduğu belirlenmeli ve gerekli planlama adımları yapılmalıdır. Üçüncü olarak bu çalışmaların yapılabilmesi için sürdürülebilirlik ofisi oluşturulmalıdır. Sürdürülebilirlik ile ilgili tüm çalışmaların burada yapılması gerektiği ve bir web sayfası oluşturularak konu ile ilgili yapılacak tüm çalışmaların burada duyurulması gerekmektedir. Dördüncü adım, bu konu ile ilgili çalışan uzmanların bir araya getirilip komite kurulması şeklinde olmalıdır. Bu komite sürdürülebilirlik politikalarını, amaçlarını ve hedeflerini net bir şekilde belirlemeli ve bunları günlük hayata entegre etme çalışmalarında bulunmalıdır. Beşinci aşama olarak, bu konu ile ilgili bir strateji oluşturulmalıdır. Bu stratejilerde başarı sağlanabilmesi için çevreye verilen zararı minimuma indirecek teknolojileri kullanmak ve sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığı artırmak gerekmektedir (Velaquez ve diğerleri, 2006).

Türkiye’de sürdürülebilir kampüs kavramı ve uygulamalarının dünya genelindeki kampüslerle karşılaştırıldığında oldukça yeni olduğu görülmektedir. Ülkemizde bu uygulamalar ilk olarak yeşil ölçüm göstergelerinden Greenmetric sistemi referans alınarak başlamıştır. Üniversite kampüslerinin sürdürülebilir kampüs olma nedenlerinin arasında gün geçtikçe artan enerji maliyetleri, enerji kullanımının çevreye etkileri, iç ortam kalitesi, ekonomik nedenler, çevre kirliliği, ekolojik sağlık ve iklim değişikliği gibi faktörler sıralanmaktadır. Üniversiteler topluma örnek teşkil eden kurumlar olduğundan dolayı sürdürülebilirlik uygulamaları ile toplumun sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yaşam anlayışının benimsenmesi açısından topluma katkıda bulunma sorumluluğunu taşırlar

(Anahtar, 2012). Sürdürülebilir kampüs uygulamalarında stratejik planlarda yer alması gereken başlıklar şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Sürdürülebilir yeşil üniversite stratejik plan ölçeği

Üniversitelerde entegre atık yönetiminin uygulanması, öğrenciler ve personelin kampüs içerisinde meydana gelecek atıkların en aza indirilmesi ve bu atıkların geri dönüştürülmesi hakkında bilgilendirilip bilinçlendirilmesini amaçlamaktadır. Atık yönetiminde birinci amaç atığı kaynağında azaltıp önlemek olup, ikinci amaçta meydana gelen her türlü atığın geri dönüşüm basamaklarını takip etmesini sağlamaktır. Üniversite yerleşkelerinde meydana gelen organik atıklardan kompost eldesinin yapılıyor olması atıkların hammadde olarak değerlendirilip yeniden kullanımı gibi önemli konuları içermektedir.

Üniversiteler, konumlandıkları şehirden sorumlu belediyeler ile karşılıklı iletişim ve etkileşim içerisindeyler. Şehir genelinde ve kampüslerde atıkların toplanmasından bertarafına kadar her türlü süreçten yerel yönetimler sorumludurlar. Bu kapsamda yerel yönetimlerin üniversiteler ile aralarında etkin bir iletişim kurulduğunda, Üniversitelerden gelecek olan atıklardan elde edilecek ekonomik kazanç hem üniversite hem de belediyeler için kaynak sağlayacaktır (Işıldar, 2015).

Su verimliliği çerçevesinde su yönetimi; atıksuların ileri teknolojilerle arıtılması ve yeniden kullanılması önemli bir yer tutmaktadır. Kampüslerde suyun verimli kullanılması için öncelikle personel ve öğrencilerin bu konuda farkındalık kazanması gerekmektedir. Ayrıca buna ek olarak su tüketimini en aza indiren teknolojik ekipmanların kullanılması,

yüksek verimli teknolojiler kullanılarak yapılan atıksu arıtımı ve yağmur sularının uygun mühendislik önlemleri alınarak toplanması gibi çevre dostu yöntemler de uygulanmaktadır. Üniversite kampüslerinde yıllık su tüketimindeki azalma, atıksuların ve içme sularının gelecekteki ve mevcuttaki su yönetiminin etkinliğinin kriterleri arasında yer almaktadır (Işıldar, 2015).

Kampüs sürdürülebilirliğinin etkin bir şekilde yürütülmesi için enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Halihazırda mevcut olan altyapıların verimliliğinin artırılması, hem de kullanıcıların bilinçli kullanılması bu alanda yapılacak çalışmaların başında gelmektedir (Faggihi ve diğerleri, 2015). Enerji verimliliğinin etkin bir şekilde artırılması için öncelikle sürdürülebilir kalkınma hedefleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji verimliliği için alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, karbon emisyonlarını minimuma indirecek teknolojilerin uygulanması ve atıkların geri dönüşümünün sağlanıp yeniden kullanılması gibi uygulamalar yapılmalıdır (Işıldar, 2015).

Üniversite kampüslerinde ortaya çıkan çevresel yükün azaltılması için karbon ayak izinin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atıkların etkin yönetimi ve verimlilik ve tasarruf politikalarının uygulanması gerekmektedir. Kampüslerin nüfus yoğunluğunun fazla olması ve bilinçsiz tüketim yapılması nedeniyle yönetimi oldukça zor olduğundan, burayı çevre dostu bir kampüse dönüştürmek uzun süreç isteyen bir durumdur. Üniversiteler; öğrenciler, personeller ve bulundukları yerlerde (bina, yol, otopark gibi) yapısal alanların olması sebebiyle konumlandırıldıkları şehirlerde çevreye etkisi olacak birçok faktörü içerisinde barındırmaktadırlar. Üniversitelerin sürdürülebilir kampüs konusuna yönelmesi ve bu konularda çalışmalarını hızlandırması hem yer aldığı şehirde örnek teşkil etmek, hem de kendi bünyesinde meydana gelen kirletici etmenleri minimuma indirmek amacı taşımaktadır. Kampüslerde çevresel yönetim sistemi döngüsünün belirlenebilmesi için kontrol mekanizmasına ihtiyaç vardır. Bu mekanizma planla, uygula, kontrol et ve önlem al şeklinde (PUKÖ) ilerlemektedir. Sürdürülebilir kampüs adı altında yapılan tüm çalışmaların sonuçları bu faaliyetlerin kampüs açısından yararlı olup olmadığının değerlendirilmesi için önemlidir. Son yıllarda birçok üniversitenin sürdürülebilir kampüs olma yolunda adımlar attığı da bilinmektedir.

2.4. Yeşil Kampüsler

‘Yeşil’ terimi kavramsal olarak üretimden teknolojiye, enerjiden ekonomiye ve tarımdan sanayiye kadar uzanan farklı alanlara kullanımı olan bir ifadedir. 1990’lı yıllarda literatürde eğitim alanına girmiş ve ‘üniversitelerin yeşillendirilmesi’ olarak karakterize edilmiştir. 2000’li yılların başlarında bu kavram daha da özelleşerek yeşil kampüs, yeşil üniversiteler ve yeşil müfredat gibi yeni isimler almıştır (Yaşayacak, 2019).

Yeşil kampüslerin çevreye verdiği olumlu etkiler yalnızca konumlandırıldıkları yerlerde kalmayıp, o bölgenin civarına da sürdürülebilirlik konusunda etki ederler. Bir üniversiteye sürdürülebilir ve yeşil kampüs denilebilmesi için o üniversitenin sürdürülebilirlik konusunda projeler geliştirmesi ve bu projeleri etkin bir şekilde uygulayıp geliştirmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir üniversite yolunda atılacak adımlardan birisi de öncelikle hedefleri doğru bir şekilde belirlemek olduğundan, kampüslerde çevre düzeni, enerji kaynaklarının kullanımı, su yönetimi, öğrencilerin/personelin ulaşımı, binaların yapısı, atık yönetimi gibi bir üniversiteyi meydana getiren temel faktörlerin etkin bir şekilde planlanarak yönetilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde son yıllarda daha çok üzerinde durulan yeşil kampüs uygulamaları giderek yaygın hale gelmektedir. Kampüslerde yapılan bu çalışmaların odak noktası verimli ve çevre dostu bir üniversite meydana getirerek öğrencilerde ve personelde doğal kaynakları daha bilinçli kullanma farkındalığını oluşturmaktır (Kiraz ve Alp, 2017). Üniversitelerin yeşil kampüs olma, sürdürülebilirlik ilkesini benimseme yolunda attığı adımlar ve geliştirdiği modeller hem ulusal hem de uluslararası platformda olumlu geri dönüş almalarına neden olmaktadır. Bu kapsamda birçok üniversite çevresel ayak izini azaltmaya yönelik çalışmalara başlamışlardır. Dünya geneline bakıldığında en iyi üniversitelerden birçoğu öncelikli olarak karbon ayak izlerini azaltmaya yönelik projeler geliştirip, iklim değişikliğiyle mücadele etme konusunda etkili yöntemler geliştirmeye başlamışlardır (Suwartha ve Sari, 2013).

2.5. Sıfır Atık ve Atık Yönetimi

Günümüzde atık kavramı azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme ve bertaraf edilmesi gereken maddeler için kullanılmaktadır (Singh ve diğerleri, 2017). Katı atıkların kontrolü

mevzuatına göre atık kavramı, üreticisi ya da fiilen elinde bulunduran tüzel ya da gerçek kişi tarafından çevreye bırakılan, atılan veya atılması zorunlu olan maddeler olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 2015). Atıklar günlük hayatımızda her alanda hızlı bir şekilde üretilmekte iken yönetimi de bir o kadar yavaş ve zor bir şekilde olmaktadır. Atık yönetimi anlayışında halihazırda üretilmiş olan atıkların bertaraf edilmeleri sırasında ekonomiye ve çevreye olan olumsuz etkilerini minimum düzeye indirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşmak için öncelikle üretilen atıkların azaltılması gerekmektedir. Atık; tüketim ve üretim faaliyetleri sonucunda meydana gelen, çevre ve insan sağlığına zarar verecek biçimde doğrudan ya da dolaylı şekilde alıcı ortama verilmesi tehlikeli olan maddelerin tümüne denilmektedir (Coker ve diğerleri, 2016). Genellikle atık malzemelerin kalitesi, bileşenleri ve doğası yönünden karakterizasyonu yapılmaktadır. Atığın miktarı, kalitesi ve içeriğindeki farklılıklar o atığı üreten kişilerin ekonomik, sosyal, finansal ve kültürel durumları gibi temel unsurlar ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Bu faktörler dikkate alınarak o alanda uygulanabilecek en verimli atık yönetim biçimini de belirlemektedir (Gül, 2019).

Nüfusun sürekli artmasıyla üretilen atıkların sayısı her geçen gün hızla artmaktadır. Çevreye önemli ölçüde baskı yaratan bu artışın kontrol edilmesinde tek yönlü planlamalar yetersiz kalmaktadır. Atık yönetimini bütüncül şekilde sağlayacak yöntemlerin birleştirilmesi sonucunda etkisi yüksek bir atık yönetim biçimine ulaşılabilir. Tüm dünyada kabul gören bu yaklaşım biçimi entegre atık yönetimi anlayışının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Entegre atık yönetimi anlayışı, çalışmadaki tüm parametreleri bütüncül açıdan dikkate alıp hem ekonomik hem de çevresel yönden sürdürülebilirliğin başarıya ulaşması hedeflemektedir. Fakat günümüzde her geçen gün daha da popüler hale gelen sıfır atık anlayışı gündeme gelmiştir. Sıfır atık uygulamalarının giderek her sektörde bilinir ve yaygın duruma gelmesi sonucunda atık yönetiminin daha verimli biçimde uygulanması amaçlanmaktadır.

21. yüzyılın en önemli yeniliklerinden biri olan sıfır atık, atık yönetimi anlayışında sürdürülebilirlik ve bütüncül anlayışı ele almaktadır (Zaman, 2015). Bu uygulama üretilen atığın kaynağında önlenmesini hedefleyen, kaynağını koruma odaklı ve üretilen ürünlerdeki bütün değerleri yeniden kazanmaya ve kullanmaya çalışan gibi yüksek verimli hedeflere sahip bir uygulamadır (Phillips ve diğerleri, 2011). Sıfır atık anlayışının bir diğer önemli amaçlarından birisi de doğal kaynakların tüketiminin sıfır olmasıdır (Zaman ve Lehmann,

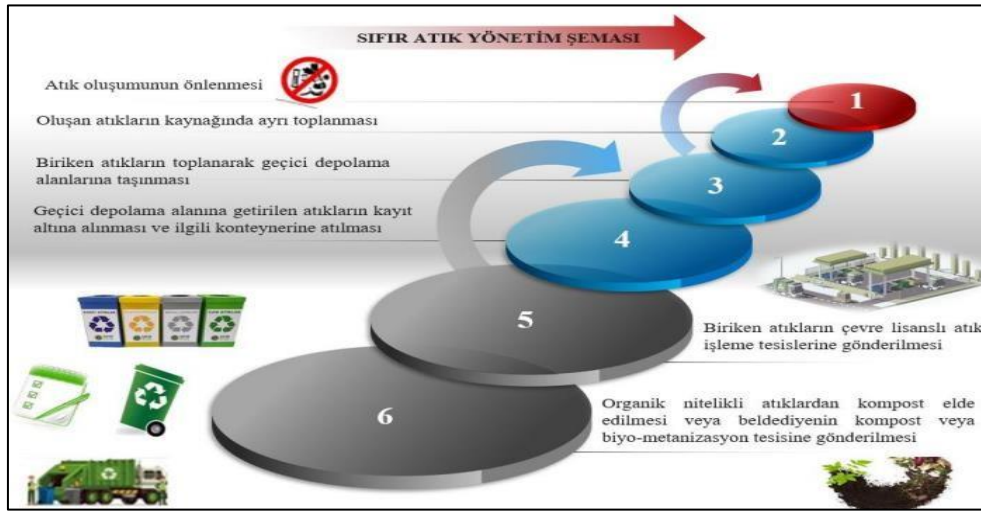
2013). Böylece hem tüketicilerin hem de üreticilerin maliyetlerini azaltarak ve daha yaşanılabilir bir dünya meydana getirmek amacıyla sürdürülebilir yaklaşımları kabul edip uygulamalarına teşvik etmektedir. 2012 yılında Curran ve Williams yaptıkları çalışmada sıfır atık kavramını atığı yönetmek yerine atığı ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir (Singh ve diğerleri, 2017). Dünyada sıfır atık anlayışına ilişkin bazı önemli tarihler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Dünyada sıfır atık gelişimine yönelik yapılan faaliyetler (Zaman, 2015)

YIL	ÜLKE	FAALİYET
1970	ABD	'Sıfır Atık' terimi Paul Palmer tarafından ortaya atıldı.
1986	ABD	Ulusal Kütle Yakma Koalisyonu kuruldu.
1988	ABD	Seattle, Kullandıkça Öde (PAYT) sistemini tanıttı.
1989	ABD	1995 yılına kadar düzenli depolama alanından % 25 ve 2000 yılına kadar % 50 atık saptırma elde etmek için Kaliforniya Entegre Atık Yönetimi Kanunu kabul edildi.
1990	İsveç	Thomas Lindhqvist 'Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu'nu tanıttı.
1995	Avustralya	Canberra '2010'a Kadar Atık Yok' faturasına geçti.
1997	Yeni Zelanda, ABD	Sıfır Atık Yeni Zelanda Vakfı kuruldu. Kaliforniya Kaynak Kurtarma Birliği (CRRRA) sıfır atık konferansı düzenledi.
1998	ABD	Sıfır atık Kuzey Carolina, Seattle, Washington ve Washington, DC'de yol gösterici ilkeler olarak dahil edildi.
1999	ABD	CRAA San Francisco'da sıfır atık konferansı düzenledi.
2000	ABD	Yakma Fırını Alternatifleri için Küresel İttifak kuruldu.
2001	ABD	GrassRoots Geri Dönüşüm Ağı 'Sıfır Atık için Vatandaşın Gündemi'ni yayınladı.
2002	Yeni Zelanda, ABD	Beşikten Beşiğe kitabı yayınlandı. Sıfır Atık Uluslararası İttifakı kuruldu. İlk Sıfır Atık Zirvesi Yeni Zelanda'da yapıldı.
2004	Avustralya, ABD	Sıfır atık tanımı verildi. GRRN, Sıfır Atık iş ilkelerini adapte edildi. Güney Avustralya'da Sıfır Atık SA kuruldu.
2008	ABD	Sierra Kulübü sıfır atık üreticisinin sorumluluk politikasını kabul etti.
2012	ABD	Çöpe atılan belgesel filminin prömiyeri Cannes Film Festivali'nde yapıldı. ABD'de Sıfır Atık İş Konseyi kuruldu.

Geleneksel sistemlerde atık kavramı, bir ürünün tüketimi sonucu meydana gelmiş haline, bir başka deyişle ömrünün sonuna gelmiş ürün olarak tanımlanır. Bu sebeple atık yönetimleri ürünlerin tüketimleri sonucu son aşamalarında çözüme kavuşturulmak istenilmektedir. Sıfır atık kavramı ise, atıkların kaynak tüketiminin ara aşamalarında yeniden kaynakların dönüştürülebilir olduğunu kabul eder, bu nedenle geleneksel sistemlerin atık tanımına ters düşmektedir.

Genel olarak değerlendirme yapıldığında tüketim faaliyetleri sonucunda atık durumuna gelen kaynakları sıfır atık yönetim prosedürleri ile tekrardan üretim aşamasına yönlendirilmelidir. Sıfır atık yönetimi, atık yönetimi ve entegre tasarım uygulamalarının birleşimi olarak düşünülebilir (Zaman, 2015). Ülkelerin sıfır atık hedeflerine ulaşabilmesi için öncelikle ulusalsıfır atık planlarını geliştirerek atık yönetimi politikalarıyla birleştirmeleri gerekmektedir. Bu hedefle ülkemizde uygulanmaya yeni başlanan sıfır atık yönetim prosedürlerinin basamakları şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Sıfır atık yönetim sistemi şeması

Sıfır atık yönetim sisteminin başlaması ile döngüsel ekonomiye doğru pozitif yönde bir hareket başlanılmış ve geleneksel atık yönetimindeki al, yap ve atık çıkar şeklindeki yönetim modeline karşı iklim değişikliğine uygun şekilde bir yaklaşım olarak hızla ivme kazanmıştır. Tüketime hızlanması, kaynakların sınırlı olması, hizmet ve ürünün yeniden tasarlanması ve kullanılması konularına dikkat çeken sıfır atık kavramı ile döngüsel ekonomide katkıda bulunmak amaçlı farkındalığı geliştirmek, daha ciddi amaçları ve önlemleri belirleyerek ilerlemek önemlidir (Veleva ve diğerleri, 2017).

2.6. Atık Yönetimi ve Sürdürülebilir Kampüsler

Üniversiteler çok geniş kitlelere hitap ettiğinden dolayı hem bilimsel hem de yerel uygulamaların rahatça uygulanabilir olduğu küçük şehirler olarak adlandırılır (Bahcelioglu ve diğerleri, 2020). Kampüsler pilot uygulama bölgeleri olarak düşünüldüğünde yapılacak her çalışmanın büyük şehirlerde uygulanabilirliğinin kontrol edilmesi açısından yol

gösterici nitelik taşımaktadır. Sürdürülebilir üniversite kavramı olarak, küresel ve bölgesel düzeyde meydana gelen çevresel, toplumsal, ekonomik ve sağlık üzerindeki etkisinin minimuma indirilmesine ilişkin, kaynakları bir bütün olarak değerlendirip araştırma, sosyal yardım, öğretim ve ortaklık görevlerini yerine getirmek ve toplumun sürdürülebilir yaşam biçimine geçiş yapmasına yardımcı olması adına gösterdiği yönetim biçimidir (Zhang ve diğerleri, 2011).

Sürdürülebilir kalkınmada en büyük pay atık yönetiminindir (Bui ve diğerleri, 2020). Kampüslerin sürdürülebilirlik uygulamalarını hayata geçirirken en çok kapsamlı şekilde yapılan katı atık yönetim faaliyetlerini uygulama aşaması bu çalışmaların en zorlu bölümüdür. Atık karakterizasyon çalışmasını yürütmek, üniversitelerin sürdürülebilirliğinin gelişmesinde ve atık yönetimi planının başarılı olmasında çok önemli bir adımdır (Smyth ve diğerleri, 2010). Atıklar hakkında veri envanterini oluşturmak için öncelikle atık hakkında detaylı bilgilere ulaşmak (atık miktarı, atığın yeri ve atığın içeriği), atıkların yönetiminden sorumlu personel ile görüşmek, atıkları görsel olarak değerlendirmek ve atık hakkında diğer ilgili kurumlardan temin edilen verilerin tahmin edilmesi gibi birçok yaklaşımlar geliştirilmiştir (Yu ve Maclaren, 1995). Bu yaklaşımlar atıkların türlerini belirlemede, yeniden kullanımında, azaltmada, kompostlamada ve geri dönüşüm gibi atıkların yönetim sürecinde yardımcı olmaktadır (Smyth ve diğerleri, 2010). Üniversitelerde sürdürülebilir çevre kavramı yer almaya başladıkça sıfır atık uygulamaları ve atık yönetim planları yaygın hale gelmiştir. Kampüs yaşamında meydana gelen atıkların kaynağında önlemek veya minimum düzeye getirmek için çeşitli politikalar geliştirilmeye başlanmıştır (Adeniran ve diğerleri, 2017). Üniversiteler hizmet veren eğitim kurumları olması nedeniyle bünyesinde bulundurdıkları laboratuvar, restoran, fotokopi, temizlik ve hastane gibi yerlerden de gelen atıkları yönetmekte ve bu konudaki kurumsal sorumluluklarını yerine getirmekle sorumludurlar (Gallardo ve diğerleri, 2016). Kampüsler atık yönetiminde en uygun mühendislik önlemlerini alarak çevreye verilen zararın etkisini minimuma indiren hedefler doğrultusunda hareket etmelidir.

2.7. Su Yönetimi

Su, her canlının yaşamanı sürdürebilmesi için temel ihtiyacı ve hakkıdır. Dünya genelinde nüfusun giderek yükselmesi ekosistem üzerindeki baskının artmasında önemli bir rol taşır (Köksal, 2022; Rosegrant ve diğerleri, 2003). Ayrıca nüfusun artması; ülkemiz açısından

su kaynaklarının tükenmesi, iklim değışikliğı ve sanayileşmenin üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle mevcutta var olan suyun korunması daha önemli bir konu haline gelmektedir ve suyu korumak sadece yerinde korumak anlamı taşımamaktadır (Amr, 2016). Suyun verimsiz tüketimindeki artış; ekonomik, çevresel ve sosyal boyutta ülkelerin kalkınmasının önüne geçen en önemli nedendir. Bu nedenle suyun verimsiz kullanımını azaltarak daha bilinçli ve çevre dostu yöntemler tercih edilmelidir. Suyun yönetiminin nasıl olacağı konusunda yapılan çalışmalarda, su kaynaklarının tüketiminin ekonomik açıdan kalkınma arasındaki ilişkiye, kaynakları tüketirken yapılan faktör analizine, hesaplanan verimlilik analizine ve kaynakların tüketiminin brüt olarak tahmininde bulunulması gibi konulara ağırlık verilmiştir (Long ve diğerleri, 2019).

Ülkemiz jeopolitik konumu dolayısıyla su zengini bir ülke olarak görülse de aslında su kıtlığı yaşayan bir ülkedir. Dünya geneli ile kıyaslandığında yıllık kişi başına tatlı suya erişim miktarı ortalamanın altında yer almaktadır (Muluk ve diğerleri, 2013). Bu nedenle suyun korunması, verimli kullanımı ve atıksuların yeniden kullanılması uygulamalarının geliştirilmesi konuları git gide önem kazanmaktadır.

Üniversite kampüslerinde suyun verimli kullanımı konusundaki bilinci artırmak ve yeşil kampüs olma çalışmaları hızla yayılmaktadır. Kampüslerin doğası gereğı birçok insanın ortak noktası olması sebebiyle burada suyu korumaya karşı alınan önlemler oldukça önem arz etmektedir. Suyun verimli kullanımını sağlayan teknolojilerden yararlanmak ve üniversite genelinde koruma planları geliştirmek çevre dostu sistemlere olan eğilimi teşvik etmektedir (Günerhan, 2019).

2.8. Enerji Verimliliğı

Artan nüfus ve ihtiyaçlar sebebiyle insanlar enerjiye daha fazla gereksinim duymaktadır. Ancak enerji maliyetlerinin yüksek olması ve çevre kirliliğinin kontrolünün giderek zorlaşması nedeniyle elde edilen enerjinin verimli ve sürdürülebilir olarak kullanılması gerekmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacımızın büyük bir bölümünü yenilenemeyen enerji kaynaklarından (kömür, doğalgaz, petrol, nükleer santraller ve hidroelektrik santralleri) elde etmemiz nedeniyle bu kaynaklarda bulunan rezervler her geçen gün tükenmektedir. Bu nedenle, son zamanlarda günlük hayatımızda yenilenemeyen enerji kaynaklarından

daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarına yer verilmeye başlanılmıştır. Bu durum aynı zamanda enerji verimliliği kavramını da gündeme getirmektedir.

Üniversiteler geniş bir kitleye ev sahipliği yaptığından dolayı enerji tüketimleri yüksek kurumlardır. Kampüslerin enerji taleplerinin minimuma indirilmesi ve yerleşkeler içerisinde enerji gereksiniminin yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması konusunda birden fazla çalışma yapılmıştır. Sürdürülebilir kampüs kavramının içerisinde enerji verimliliği de yer almakta ve hatta yenilenebilir enerji kaynaklarının kampüsler içerisinde kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Anahtar, 2012).

Son yıllarda üniversitelerde yapılan enerji verimliliği çalışmaları hem üniversitelerin sürdürülebilir kampüs çalışmalarını destekleyici bir adım olacak, hem de yüksek enerji maliyetlerinin yükünü üniversite bütçesinden alacaktır. Enerjinin verimli kullanılması yüksek maliyetleri azaltacağından sera gazlarının neden olduğu iklim değişikliği sorununun önüne de geçmeye yardımcı olacaktır (Rüşen ve diğerleri, 2018).

Günümüzde enerji tüketiminin en fazla olduğu yerler hastane, eğitim kurumları binaları, yaşam merkezleri ve konutlar olarak sıralanmaktadır. Bu kapsamda yapılarda enerji tasarrufunun sağlanması, tüketimin azaltılması, gün ışığından yeterince faydalanmak, ısınma için ayrıca enerji tüketimini azaltmak, binaların enerji sağlayan sistemlerini yenilenebilir enerji kaynaklarına çevirmek gibi alınacak önlemlerin enerji verimliliğindeki rolü çok büyüktür. Ayrıca binalar inşa edilirken doğal havalandırmanın önceden tasarlanması, elektrikli cihaz kullanımı ve binaların iç mekanların da verimli aydınlatma sağlanması gibi projeler son yıllarda yapılardaki enerji verimliliğini dikkate alarak yapılan uygulamalardır (Çakmanus ve diğerleri, 2010).

Üniversite yerleşkelerinde enerji tüketiminin en fazla olduğu noktaları belirleyip, bu bölümlerde enerji tasarrufunun nasıl sağlanacağına ve tasarruf sağlandığı takdirde verimliliğin miktarına dair çalışmalar yapılmalıdır (Rüşen, 2018). Sürdürülebilir kampüs çalışmaları kapsamında üniversite yerleşkeleri kendi bünyesindeki kaynakları etkin ve ekonomik biçimde değerlendirmeyi amaçlarken, bu durumun ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan yaratabileceği olumsuz etkileri de minimuma indirmesini sağla maktadır (Köksal, 2022).

2.9. Üniversite Kampüslerinin Sürdürülebilir ve Yeşil Kampüslere Dönüştürme Çalışmalarında Literatür Çalışmaları

Ulusal ölçekte bakıldığında Greening Universities Toolkit birbirinden farklı ülkelerde yer alan yeşil kampüs uygulamasına geçen üniversiteleri değerlendirmektedir. Çalışma kapsamında sürdürülebilir üniversite tanımı; bu alanda yapılan faaliyetleri sosyal, kültürel ve ekonomik yönden uygulanabilir nitelikte olarak ifade edilmiştir (Osmond ve diğerleri, 2013). Başlıca amaç ve stratejileri iklim değişikliği konusunu işlemek, düşük karbon emisyonu yayan kurumlar, kaynak verimliliğini artırmak, atıkları minimuma indirme politikaları ve yeşil kampüs olma yolunda ilerleyen üniversiteler için tasarlanmıştır. Bu konuda çalışma yapan örnek üniversiteler ise projelerini sürdürülebilir üniversite tanımına göre hayata geçirmektedirler. Çalışmalarını tamamlayan üniversitelerin sürdürülebilirlik konusundaki ilerlemeleri o üniversitenin bulunduğu bölge ve ülkenin kültürel, ekonomik, ekolojik ve sosyal şartları göz önünde bulundurularak değerlendirmeleri yapılmaktadır. Aynı paydada ve aynı amaca yönelik çalışma yapan üniversiteleri birbirinden ayıran ise uygulamaların farklı topluluk ve farklı ölçekteki topluluklar üzerinde yapılıyor olmasıdır. Belirtilen bu yaklaşımla kampüsleri değerlendirirken her biri için farklı araç seti kullanılmış ve değerlendirilmede bu husus dikkate alınmıştır. Bunlar bu çalışma kapsamında erişilebilirlik, geri dönüşüm, enerji, çevre koruma ve sürdürülebilir gıda olmak üzere beş başlıkta özetlenmiştir (Greening Universities Toolkit, 2013).

Avustralya’da yer alan New South Wales Üniversitesi kampüsünde Tyree Enerji Teknolojileri binaları bulunmakta ve yeşil binalar olarak tasarlanmıştır. Bu binaların yapılış amacı eğitim, sanayi ve araştırmaların aynı yerde sürdürülebilir enerji kaynakları üretimi yapabileceği ve bunu kullanabileceği ortak bir nokta yaratmaktır.

Söz konusu bu birim daha çok sürdürülebilir enerji üretimi konusunda çalışmakta olup, aynı zamanda bunun yanında atıkları yeniden kullanmak amacıyla geri dönüşüm konusunu da hedef almaktadır.

Avustralya’da bulunan Bond Üniversitesi’nin Sürdürülebilir Kalkınma Mirvac okulundaki yaşayan laboratuvarında toplumun ve öğrencilerin geleceklerini sürdürülebilir kalkınma amaçlarını araştırabileceği ve tüm halka açık olarak çalışan bu yapı geri dönüşüm politikalarını dikkate alarak çalışmaktadır. Bu binada geri dönüşüm malzemeleri

kullanımına yer verilmekte ve ayrıca su ve enerji tüketimi en alt seviyede tutulmaktadır. Tüketilen su, atıklar ve enerji son aşamada geri kazandırılmaktadır.

Kanada'da bulunan Northern British Columbia Üniversitesi yeşil politika hedeflerini ve sürdürülebilir kampüs olmayı amaçlamışlardır. Bu hedefler doğrultusunda sürdürülebilirlik göstergeleri ve ölçütlerinin geliştirmek gibi amaç parametreleri bulunmaktadır. Bu hedef parametreler; yenilenebilir enerji kaynakları kurma, enerjiyi verimli kullanma, gıda israfının önüne geçmek, atık ve ambalaj oluşumunu en alt seviyeye indirmek, yeşil alanları korumak, kampüsü temiz tutmak, suyu verimli kullanmak, geri dönüşümü etkin hale getirmek, karbon emisyonu salınımını azaltmaya yönelik çalışmalar ve ulaşım konusunda bireysel araç kullanımını azaltmaya yönelik teşvikler olarak sıralanabilir.

St. Louis-Washington Üniversitesi kampüs genelinde sürdürülebilirlik hedeflerini geliştirmeye yönelik çalışmalarda bulunmaktadır. Üniversite geneline bakıldığında geri dönüşüm konusunda neredeyse sıfır atık politikalarına uyan bir kampüs olduğu, kampüste sürdürülebilir alternatif ulaşım kullanımını desteklenmekte ve teşvikte bulunduğu belirtilmiştir. Sürdürülebilir kampüs olma yolunda atılan adımlar kampüs genelinde hem karbon salınımını azaltmış hem de üniversite bütçesinin araştırma ve eğitim gibi misyonlara aktarılması amaçlanmıştır. Kampüs genelinde yapılan uygulamalar; yeşil binalar, peyzaj düzeni, emisyon ve enerji azaltmaya yönelik çalışmalar, geri dönüşüm uygulamaları, sürdürülebilir gıda ve farkındalık topluluklarının kurulması olarak sıralanabilir.

1746 yılında kurulan Princeton Üniversitesi yüzölçümü 185.000 m² olan bir alanda 180 adet binadan meydana gelmektedir. Kampüs yerleşkesi gelişen teknoloji ve yaklaşımların uygulanması açısından canlı bir laboratuvar olarak görülmektedir. Üniversitede 2006 yılında akademik personeller ve öğrencilerden oluşan bir sürdürülebilirlik ofisi kurulmuştur ve 2008 yılında ilk sürdürülebilir kampüs planı hazırlanmıştır. Bu planda sürdürülebilir kampüs için üç ana konu belirlenmiştir. Bunlar sera gazlarında emisyon salınımının azaltılması, kaynak araştırma ve koruma, yönetim ve eğitim olarak sıralanmaktadır. Üniversite yerleşkesine bireysel araç erişimini %10 azaltılması ile otopark alanlarının küçültülmesi ve karbon emisyonu salınımını düşürülmesi planlanmıştır. Geri dönüşüm ve yeniden kullanım konusunda inşaat yapımı ve yıkımlarında meydana gelen kullanılabilir nitelikte olan atıkların değerlendirilip yeniden kullanıma sunulması ve

yerleşke içerisindeki yeşil alanların sulanmasında arıtılmış suların kullanılması planda yer alan hedefler arasındadır. Kaynak koruma ve araştırma bölümünde, üniversite yerleşkesindeki havzanın su akışının peyzaj planının doğru yapılması ve biyofiltre yöntemi ile kullanılması hedeflenmiştir. Kampüs yerleşkesi sınırlarında kullanıp atılan ürünler yerine doğada çözünebilen biyobozunur maddelerin kullanımının yaygınlaşması sağlanmıştır.

Harvard Üniversitesi 850.000 m² alan içerisinde kurulmuş 21000 öğrenciye ev sahipliği yapan bir eğitim kurumudur. Sürdürülebilirlik konularına özen gösteren ve bu konuda birçok projede yer almıştır. Bugüne kadar 183 adet sürdürülebilirlik temalı ödüller ve 100 adet LEED (yeşil binaları derecelendiren sistem) sertifikası almıştır. Kampüste enerji verimliliği çalışmaları yapılmış ve enerjinin %17'si güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Böylece enerji yönetim planına göre enerji kullanımında yılda 9 milyon dolar kar elde edilmiştir. 2050 yılına kadar kampüs genelinde karbon salınımının azaltma oranının %80 olması sürdürülebilir planların arasındadır. Üniversite yerleşkesinde inşaat ve zararlı atıkların geri dönüşümüne özen gösteren sıfır atık yaklaşımının benimsenmesi planlanmaktadır. Öğrencilerin daha bilinçli olması hedeflenerek yemekhanelerde meydana gelen atıkların %54 oranında azaltılması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım planı hazırlanarak kampüse ve kampüs içinde alternatif yöntemler desteklenmektedir (Altıntaş ve diğerleri, 2016).

Amerika'da yer alan Dallas Texas Üniversitesi yerleşkesinde yeşil bina uygulamaları, enerji-su tüketimi, çevre korunumu ve geri dönüşüm başlıkları çerçevesinde birçok proje yürütülmektedir. Kampüsün bulunduğu konum gereği iklim koşulları da dikkate alındığında bölgede dönemsel olarak kuraklık sıkıntısının olması sebebiyle su tüketiminin kontrollü olması gerektiği belirtilmiştir. Enerji verimliliği açısından incelendiğinde kampüslerde verimliliği göz önünde bulunduran ve kuraklık zamanları için su tasarrufuna dikkat çeken binalar tasarlanmıştır. Bu binalarda yağmur suları ve yerli içme sularının toplanması sonucunda %86 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri genelinde Üniversitelerde atıkları azaltma faaliyetlerini ve teşvik etme hedefiyle sekiz haftadan oluşan geri dönüşüme destek veren Recyclemania turnuvası düzenlenmektedir. Üniversite yerleşkesinde toplanan çim çırpıları, organik atıklar, ağaç yaprakları ve dalları gibi atıkların malç ve kompost meydana getirilmesi amacıyla kullanımı sağlanmıştır (Köksal, 2022).

2.10. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Yerküre ve dünyanın çevresini saran buhar ve gaz tabakasına atmosfer adı verilmektedir. Atmosferin oluşumunu sağlayan gazlar genellikle iç kısımlardaki orman, yanardağ ve okyanus faaliyetleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Su buharı ve atmosferde yer alan gazların yaklaşık

%75'i troposferde yer alır. Atmosferde (N₂) azot %78, oksijen (O₂) %21 ve asal gazlar %1 oranında bulunur. Bu gazların miktarı atmosferde değişmeden bir denge halinde bulunmakta ve canlı yaşamının devamlılığının sağlanması için gereklidir (Houghton, 2002).

Günümüzde giderek gelişen teknoloji sonucunda üretim-tüketim dengesinde de artış görülmektedir. Üretimin yapılabilmesi için gerekli olan enerjide karbon içeren kaynaklar kullanılmaktadır. Bu enerji temininde karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotoksit (N₂O), kloroflorokarbonlar (CFC) gibi ısı tutma potansiyeli yüksek ve moleküler ömrü uzun olan gazlar kullanılmaktadır. Söz konusu gazlar güneş ışınlarının dünya yüzeyine gelmesiyle birlikte ısıyı soğurup tutarlar. Atmosferde hapsolan ısı da küresel ısınmaya neden olmaktadır. Yaşanan küresel ısınma sonucunda buzulların erimesi, bölgesel kuraklıklar, aşırı yağışlar, deniz seviyesinin yükselmesi, seller, tarım arazilerinin verimliliğinin azalması ve erozyon gibi olumsuz iklim olayları gözlenmektedir (Güller, 2018).

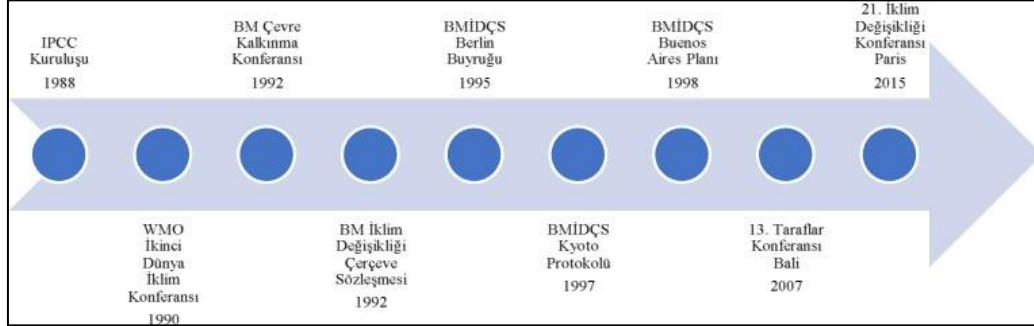
2.11. İklim Değişikliği ile İlgili Yapılan Uluslararası Çalışmalar

Küresel ısınmanın etkisiyle birlikte dünyada yaşanan olağan dışı doğa olayları (tsunami, seller, kuraklık, erozyon, toprak kaybı, aşırı ısınma/soğuma gibi) gittikçe bilim insanlarının dikkatini çekmekte ve ülkeleri bu konuda harekete geçirmektedir. Bu nedenle uluslararası düzeyde birçok protokoller imzalanmış ve görüşmeler yapılmıştır.

2.11.1. Birleşmiş Milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi (BMİDÇS)

Küresel ısınma sayesinde yaşanan iklim değişikliğindeki etkiler fark edilince bilim insanlarını ve kamuoyunu endişelendirmeye başlamıştır. Hükümetler uluslararası düzeyde

bu sorunu çözmek amacıyla kongreler düzenlemişlerdir. Bu çalışmaların kronolojik olarak sıralaması Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. İklim değişikliği konulu uluslararası görüşmeler ve dönüm noktaları (Türkeş, 2000)

BMİDÇS (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) 1992 yılında kamuoyunun iklim değişikliğine olan tepkisinin temelini oluşturmak için kabul edilmiştir. Sözleşme 21 Mart 1994 yılında resmi olarak yürürlüğe konulmuştur. Sözleşmenin 194 tarafı bulunmaktadır. Amacı, atmosferde birikmiş sera gazlarının insan kaynaklı etkilerini önleyecek biçimde durdurmaaktır. Sözleşmede yer alan tarafların iklim değişikliğinin etkilerine uyuma yönelik yükümlülüklerinden bahsetmektedir (İklim, 2024a).

2.11.2. Kyoto protokolü

Kyoto protokolü, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde gerçekleştirilen BMİDÇS 'nin 3.taraftar toplantısında kabul edilmiştir. Protokol, sözleşmenin kurum ve amaçlarını içermektedir. İki anlaşma arasındaki en önemli fark, düzenledikleri yükümlülüklerin hukuki yönü ile ilgilidir. Ülkelerin atmosfere verdikleri sera gazı salınımını; sözleşme stabil hale getirmelerini söylerken, protokol sera gazının salınmasında sınırlama ve azaltım yönünde çalışmalar sergilemeleri gerektiğini belirtmiştir. Protokol, Ülkelerin onayına sunulması ve uygulamaya hazır hale getirilmesi ile birlikte 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. 2010 yılının Mayıs ayı itibarıyla de 191 Ülke ve Avrupa Birliği taraftardır (İklim, 2024b).

Protokole taraf olan ülkeler 3 grupta incelenmektedirler. Ek-1 taraftarı ülkeler, 1992 yılında OECD'de yer almış gelişmiş ülkeler (Rusya, Baltık Ülkeleri ve bazı Avrupa ülkeleri). Bu gruptakiler, sera gazı emisyonlarını bildirmek, iklim değişikliğinin önüne

geçebilmek için aldıkları önlemleri ve izledikleri politikaları paylaşmak, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması için çalışma yapmak ve karbon tutucu olarak görülen (okyanus, göl ve orman) alanları artırmakla yükümlüdürler.

Ek-2 taraf ülkeleri ise geçiş ekonomisindeki ülkeler dışında Ek-1'de bulunan kalkınmış ülkelerdir. Bu gruptaki ülkeler Ek-1 ülkelerinin yapması gerekenleri ve çevre dostu yöntem/teknolojileri geliştirmekte olan taraf ülkelere aktarmak, durum ölçeğinde teşvik etmek ve hatta gerekirse finansal destekte bulunmakla sorumludurlar. Ek dışında kalan taraftar ülkelerin herhangi bir sorumluluğu yoktur. Fakat karbon tutucu alanlarını artırmaya, çevredostu teknolojilere finansal destekte bulunmaya ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya teşvik edilmişlerdir (Güller, 2018).

2.11.3. Paris anlaşması

Paris anlaşması, 4 Kasım 2016 tarihinde küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %55'ini oluşturan 55 taraf ülkenin bir araya gelip onaylaması sonucu yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmanın amacı, yoksulluğun ortadan kaldırılması ve sürdürülebilir kalkınmayı BMİDÇS ile uygulanmasını geliştirmektir. Bir diğer yandan anlaşmanın uzun dönemli bir hedefi daha vardır. Bu hedef, Sanayileşme öncesi döneme göre küresel ortalama sıcaklığın 2 °C'nin altında sabitlenmesi; ek olarak ise bu artışın 1,5 °C'nin altında tutulmasına yönelik çabaların sürdürülmesidir. Ayrıca düşük karbon emisyonlu kalkınma çalışmaları yapılırken bu durumdan gıda üretiminin herhangi bir zarar görmemesi de bir diğer hedef olarak belirlenmiştir. İklim dirençli ve düşük emisyonlu kalkınma planlanırken finans akışı dengesinin de istikrarlı olması da hedefler arasındadır.

Taraf ülkelerin belirtilen hedeflere kendi imkanları ve doğrultusunda katılmaları, ileride gerçekleştirecekleri finans, uyum, azalma, teknoloji transferi ve kapasiteleri konusundaki durumlarını her 5 yılda bir sunmaları öngörülmüştür (CSB, 2022).

2.12. Sera Gazları ve Özellikleri

Sera gazları, ısı tutma özelliğine sahip ve sera etkisine neden olan atmosferdeki birleşiklere verilen addır. Bunlar; Karbondioksit CO₂, metan CH₄, diazotoksit N₂O, kloroflorokarbonlar CFC, halokarbonlar, perflorokarbonlar PFC, hidroflorokarbonlar HFC,

kükürtheksa florit SF_6 , su buharı (H_2O), ozon (O_3) ve karbonmonoksit (CO) şeklinde sıralanabilir. İnsan faaliyetleri sonucu bu gazların konsantrasyonlarında artış görülür ve sera etkisi dünya yüzeyinde hissedilir.

2.12.1. Karbondioksit (CO_2)

Karbon, yeryüzünde bir döngü halinde hareket eder. Bu döngü atmosfer, bitki örtüsü ve okyanus yüzeyi arasında dönmektedir. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan CO_2 şeklinde bulunur (EPA, 2002). Karbondioksit saydam ve kokusuz bir gaz olup sera etkisine en fazla neden olan gazdır. Dünya'nın ısınmasındaki payı oldukça yüksektir. Karbondioksitin sera etkisi, güneş ışınlarını içeri alır ama içerdeki ısıyı geri vermez olarak tanımlanır. CO_2 dünyayı sararak yerkürenin geri verdiği ısıyı tutar ve uzaya kaçmasını engeller. Bu sayede dünyanın sıcaklığı $+15^\circ\text{C}$ 'de kalmasını sağlar (Uzunçakmak, 2014). Normal şartlar altında karbon dengesi belirli bir düzen içerisinde ilerlemektedir. Enerji ihtiyacı için fosil yakıt kullanımı, çimento gibi bazı sanayi kollarının yapmış olduğu ulaştırma, gübreleme, hayvancılık, üretim ve arazi kullanımındaki değişiklik gibi faaliyetler sonucunda atmosferde bulunan diğer sera gazları gibi karbon dengesi de değişime uğramıştır (DPT, 2000).

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu Sanayi Devrimi'nden sonra giderek artmıştır. Bunun başlıca nedenleri; ekonomik olarak büyüme için karbon temelli fosil yakıtların tüketimine ağırlık verilmesi, fotosentez için tonlarca CO_2 tüketen ormanların ve bitkisel planktonların tahribidir. Küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin ilk sırasında CO_2 salınımının azaltılması gelmektedir. Bu konuda uluslararası düzeyde çalışmalar yapılmaktadır (Topçu, 2008).

2.12.2. Metan (CH_4)

Metan gazı küresel ısınmaya etkili olan en önemli ikinci gazdır. Dünyadaki sera gazının oluşumunda en az karbondioksit kadar tehlikeli olan metan gazı birçok şekilde oluşmaktadır (Uzunçakmak, 2014). Sera etkisinin ortalama %14'ünü oluşturan metan gazı genellikle biyolojik maddelerin anaerobik ortamda parçalanmasıyla, petrol, doğalgaz ve kömür vs fosil yakıtların yeraltından çıkarılması sonucunda atmosfere salınmaktadır. Ayrıca çiftlik gübreleri, çöp yığınları, pirinç tarlaları gibi tarım arazileri, bataklıklar,

endüstriyel süreçlerin yan ürünleri ve doğalgaz borularının ek yerleri de metan gazının çıkış kaynakları olarak gösterilmektedir (IPCC, 2007).

Atmosferdeki metan miktarı Sanayi Devrimi'nden sonra %150 artış göstermiştir. Ayrıca IPCC atmosfere verilen metan miktarının çoğunun insan faaliyetleri sonucu gerçekleştirdiğini belirtmiştir (Özlem, 2013). Metan gazı atmosferde hidroksil radikali ile tepkimeye girer ve CO₂'ye dönüşür (Pekin, 2006).

2.12.3. Diazotmonoksit (N₂O)

Azot oksitler sera gazları içerisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Yüksek ısı tutma potansiyeli vardır ve atmosferde 120 yıl kalabilir (IPCC, 2007). N₂O'nun insan faaliyetleri sonucunda üretimindeki katkıları; tarım arazilerinde doğal ve sentetik gübre kullanımı, ulaştırma alanında fosil yakıt kullanılması, nitrik asit (HNO₃) üretimi, katı atıkların yakılması ve atıksu arıtımı oluşturmaktadır. Atmosferdeki N₂O miktarının Sanayi Devrimi'nden itibaren yaklaşık %16 arttığı tahmin edilmektedir (Özlem, 2013). Stratosferde güneş enerjisi ile elementin atomlarına ayrılması sonucu N₂O atmosferden eksilmektedir (Baird, 1999).

2.12.4. Halokarbonlar, Kloroflorokarbonlar (CFC), Perflorokarbonlar (PFC), Hidroflorokarbonlar (HFC) ve Kükürt Hekzaflorit (SF₆)

CFC, PFC, HFC, SF₆ ve halokarbonların üretimine 1930'larda başlanmıştır. Küresel ısınmaya etkileri oldukça fazladır. Isıyı tutma açısından karbondioksitten 20.000 kat daha etkindirler. Kimyasal kararlılıkları çok yüksek olduğundan atmosferde yaklaşık 100 yıla kadar parçalanmadan kalabilirler (Uzunçakmak, 2014). Kloroflorokarbonlar doğada bulunmazlar. Bu gazlar tamamen insan üretiminde atmosfere yayılırlar. Köpük üretiminde, araba klimalarında, buzdolaplarında, plastik üretiminde, soğutucularda, bilgisayar/elektronik aletleri temizlemede kullanılan çözücülerde, püskürtücü spreylerde, yangın söndürücü gibi birçok alanda kullanılmak amacıyla üretilmişlerdir (EPA, 2002).

Söz konusu gazların atmosferde uzun süreler boyunca kalmaları, kızılötesi ışınları tutabilmeleri ve hızlı bir büyüme oranına sahip olmaları sebebiyle iklim değişimine büyük oranda etki etmektedirler (Çevirgen, 2009; Özlem, 2013).

2.12.5. Su buharı

Su buharı, atmosferdeki en baskın sera gazıdır. Yeryüzünden yansıyan dalga boyu uzun kızılötesi ışınları tutmaktadır. Bu gazın yoğunluğu insan kaynaklı değil, tamamen iklim sistemlerinin etkili olduğu ve küresel ısınma ile miktarının artıp, iklim değişikliğine neden olacağı düşünülmektedir. Genel olarak sıcaklık artışı atmosferdeki su buharının artmasına, hava sıcaklığının artmasına ve buharlaşma oranının artıp atmosfere daha fazla miktarda su buharı verilmesine sebep olacaktır. Bunun sonucunda ise, ısınan hava fazla miktarda su buharı çekeceğinden, çok daha fazla ısı artışına neden olacaktır (Atabey, 2013; Özlem, 2013).

2.12.6. Ozon (O₃)

Ozon, oksijen moleküllerinin yüksek enerjili ultraviyole ışınlarına maruz kalması sonucu parçalanıp ortaya çıkan oksijen atomlarının birleşmesi ile meydana gelmektedir. Atmosferdeki sera etkisinin %7'sini oluşturmaktadır. Stratosferik ve Troposferik ozon olarak ayrı ayrı incelenirler. Stratosferik ozon güneşten gelen zararlı ışınların dünyaya ulaşmasını engeller. Troposferde bulunan ozon tabakası ise sera etkisine sahiptir. Yeryüzünden yansıyan dalga boyu uzun ışınların uzaya kaçmasını engellemektedir. Bu iki yapı dengeli bir biçimde çalışmaktadır. Fakat, ozon çabuk bozunan bir yapıya sahip olduğundan dolayı stratosferdeki ozon miktarı atmosfere verilen brom, halokarbon ve klor nedeniyle azalmıştır, bu durum sonucunda da ozon tabakası incelmıştır (Özlem, 2013; Uzunçakmak, 2014).

2.12.7. Karbonmonoksit (CO)

Karbon monoksit; karbon içeriği olan yakıtların eksik yanması sonucunda oluşmuş bir gazdır. Atmosferde bir dizi tepkime ile CO₂ formuna gelir. CO atmosferde kısa ömürlü iken, oluşumuna neden olduğu CO₂ atmosferde kalış süresi daha uzundur (EPA, 2002). Karbon monoksit, metan ve troposfer ozonunun atmosferdeki diğer gazlarla tepkimeye girmesi sonucunda metan ve troposfer ozonunun miktarı artar. Bu nedenle karbon monoksit dolaylı olarak sera etkisine sebep olmaktadır (Çevirgen, 2009; Özlem, 2013).

2.13. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDA)

Yaşam döngüsü analizi (YDA); bir ürün, süreç ya da insan faaliyetinin hammadde kullanımından üretim ve tüketim yoluyla atık yönetimine kadar genel çevresel etkilerini inceleyen analitik bir araçtır (Curran, 2013). Bu yöntem, hammaddenin elde edilmesinden, işlenip, taşınıp, kullanılıp, geri dönüştürülüp yeniden kullanılması ve atık durumuna geçilmesine kadar olan sürecini incelediğinden yönteme ‘beşikten mezara’ ifadesi de kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmaları incelenen projenin aşamasına bağlı bir şekilde ‘*beşikten mezara*’, ‘*beşikten beşiğe*’, ‘*beşikten kapıya*’ ve ‘*kapıdan kapıya*’ olarak adlandırılmaktadır. Beşik, ürünün üretiminde kullanılan hammaddenin çıkarılmasında ve üretilmesindeki doğal kaynakları; mezar ise üretilen ürünün ya da tüketilen kaynakların yeniden doğaya dönmesini ifade eder. Kapı ise hizmet veya ürünün üretim aşaması ya da üretim sonrasında kullanım aşaması olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca üretim sırasında sürdürülebilirliği amaçlayan pek çok sektörler tarafından benimsenmiştir (Avcıoğlu, 2020; Curran, 2006; Çamur, 2010; Paulsen, 2001).

Beşikten mezara: Bir sürecin veya ürünün bütün yaşam döngülerini içeren analiz çalışmalarını ifade eder.

Kapıdan kapıya: Bir süreç veya ürünün sadece bir aşamasına ait yaşam döngüsü analizinin yapılmasını ifade eder.

Beşikten beşiğe: Herhangi bir ürünün atık bertarafı sırasında geri kazanımı mümkün olunan durumlarda bu yaklaşım kullanılır. Bir ürünün kullanma ömrü bittiğinde ürün geri dönüşüme tabi tutulabilir. Bu nedenle süreci tekrardan ‘beşik’ noktasına geri döner.

Beşikten kapıya: Bir süreç ya da ürünün, hammadde eldesi (beşik) aşamasından direkt olarak fabrikaya (kapı) gönderildiği aşamaya kadar olan süreci ifade eder.

Yaşam döngüsü analizi metodolojisi uluslararası standardı tarafından ISO 14000 olarak belirlenmiştir. Metodolojinin prensipler ve çerçevesi ISO 14040, çalışmanın envanter analizi, amacı ve kapsamını ISO 14041; yaşam döngüsünün etki değerlendirmesini 14042; yorumlama bölümünü ISO 14043; çalışmanın ihtiyaçlar ve yönergesini ise ISO 14044 standardı içermektedir (Özbilen ve diğerleri, 2011). Yaşam döngüsü analizinin aşamalarını

özetleyecek olursak, ilk adımda bir hizmet veya ürünü elde ederken kullanılan su, enerji, diğer hammaddeler ile birlikte doğal kaynakların ve bununla beraber meydana gelen çevresel emisyonların envanterlerinin hazırlanması, ikinci adım olarak sistemin girdi ve çıktılarına göre oluşması muhtemel olan çevresel etkilerin incelenip değerlendirilmesi, üçüncü ve son adım olarak ise, elde edilen tüm sonuçların karşılaştırmalı ve sistematik olarak değerlendirilmesi yapılabilir (İşler, 2012).

2.13.1. Yaşam döngüsü analizinde amaç ve kapsam belirleme

Yaşam döngüsü analizi değerlendirmesinin amacı; planlanan uygulamanın gerçekleştirilme nedenlerini, belirlenen hedef kitleyi ve elde edilen sonuçların hangi amaçlarla kullanılacağını net bir şekilde açıklamaktır. Kapsam bölümünde ise; işlevsel birim, sistem sınırı, veri gereksinimleri, varsayımlar, sınırlamalar, ilk veri kalitesi gereklilikleri, raporun türü ve formatı, varsa eleştirel inceleme gücü, seçilen etki kategorileri ve etki değerlendirme kategorisi, tahsis prosedürleri, incelenen ürünün sistemi ve işlevi başlıkları incelenmektedir. Yaşam döngüsü analizi değerlendirilirken çalışma hakkında veriler ve bilgiler toplandıkça, çalışmanın asıl amacına ulaşmak adına kapsamın bölümünde incelenen başlıkların bazılarının değiştirilmesi gerekebilir.

İncelenecek ürün sistemi: Sistemin genelinde tanımlanmayı kolaylaştıran birim süreçlerin ayrı ayrı ifade edilme biçimidir. Birim süreçler bir dizi ürün akışları ile birbirine ve diğer ürün sistemleri ile çevreye bağlanır. Temel akışlar ise kaynakların nasıl kullanıldığı (toprak, su ve havaya salınımlarını) belirtir. Bu akışların incelenmesi yaşam döngüsü envanter ve etki analizi kavramları için veri oluşturur.

İşlevsel birim: Bir ürünün performans özelliklerini ve niceliğini ifade eder. Bu aşamanın amacı sisteme girdi ve çıktıların ilişkilendirildiği referansı sağlamaktır. Bu referans sonuçların karşılaştırılabilir olmasını sağladığı için sisteme önemli bir katkıda bulunur.

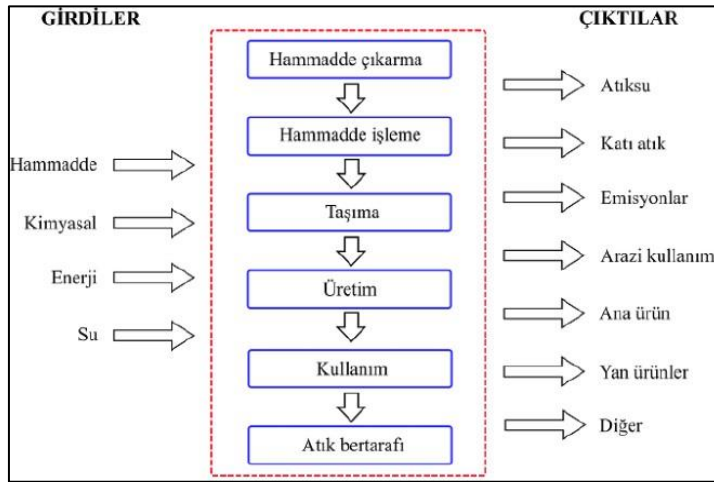
Sistem sınırı: Yaşam döngüsü analizi çalışmasına hangi birim süreçlerinin dahil edileceği belirlenir. Modellenecek sistemin önemli unsurlarının seçimine, çalışmanın amacı ve kapsamına, projenin hedef kitlesine, proje hakkında yapılan kabullere, maliyet ve veri kısıtlarına bağlıdır.

2.13.2. Yaşam döngüsü envanteri

Yaşam döngüsü analizi değerlendirmesinde birçok konu işlenmektedir. Genel olarak: Su tüketimi, iklim değişikliği, ötrofikasyon, su tüketimi, asidifikasyon, radyasyon, kanserojenik etkiler, fotokimyasal ozon oluşumu ve ekotoksitite konuları incelenmektedir (Alkaya ve diğerleri, 2012).

Genel olarak yaşam döngüsü analizi ele alındığında yetkililer tarafından atık yönetimi esnasında olabilecek çevresel etkileri kontrol altına alabilmek için öncelik sırasının nelere verilmesi gerektiği konusunda büyük rol oynamaktadır (Yay ve diğerleri, 2017).

Yaşam döngüsü analizinin girdileri, çıktıları ve ara süreçleri Şekil 2.9'da verilmiştir. Yaşam döngüsü analizleri sadece belirtilen süreçleri değerlendirmez aynı zamanda bu aşamaların çevreye olan etkilerini de inceler ve raporlar.



Şekil 2.9. Yaşam döngüsü analizi aşamaları (EPA, 2006).

2.13.3. Yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarında kullanılan araçlar

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi hesaplanırken kullanılan bazı yardımcı yazılım programları bulunmaktadır. Bahsedilen bu teknik yazılımlara sera gazı emisyonları, atık üretimi, su kullanımı ve enerji tüketim verileri işlediğinde yaşam döngüsü değerlendirme nicel boyutlarda tamamlanmış olur. Ayrıca yaşam döngüsü değerlendirmesinde kullanılan bu yazılımlardan elde edilen çıktılar tüm çevresel etkiyi değerlendiren nitelikte olduğundan dolayı karar veren mekanizmaların iyileştirme alanlarını net bir şekilde belirleyip o

alanlara odaklanmayı ve sürdürülebilir alternatifleri uygulamak için yeni yollar açarlar. Yaşam döngüsü analizi çalışmalar sırasında kullanılan yazılımlar ile ilgili Siegenthaler ve ark. 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada yaklaşık olarak 27 adet yaşam döngüsü analizi hesaplayan yazılım olduğunu ve bu yazılımların kullanıldıkları sektörler göre dağılımlarını belirtmişlerdir (Çizelge 2.3). Çalışmanın sonucu olarak Simapro yazılımının bütün endüstriyel sektörler için uygulanabilir olduğu ve %17 oranında diğer yazılımlara göre en fazla tercih edilen yazılım olduğunu ve onu Umberto, Gabi ve LCAiT yazılımlarının takip ettiğini belirlemişlerdir.

Çizelge 2.3. Yaşam döngüsü analizinde kullanılan bilgisayar yazılımları ve kullanıldıkları sektörler (Siegenthaler ve diğerleri, 2005; Tok, 2005).

LCA Yazılımı	İlgili Sektör	Tercih edilme (%)
AUDIT/APCC	Kağıt ve Çelik	3
Boustead Model 5.0	Metal, cam, polimer, kimyasal	1
CEDA	Tüm endüstriyel sektörler	1
CMLCA	Tüm endüstriyel sektörler	1
EcoScan Life	Elektrik elektronik, inşaat	4
EIME	Elektrik elektronik, mekanik, otomotiv	1
EIO-LCA	Tüm endüstriyel sektörler	1
EMIS	Genel üretim, hizmet sektörü	1
EPS	Genel Üretim	1
Gabi	Otomobil, kimya, plastik, elektronik, enerji, inşaat, metal	8
GEMIS	Tüm endüstriyel sektörler	1
JEMAI-LCA	Malzeme ve Enerji	1
KCL-ECO	Tüm endüstriyel sektörler	2
LCAiT	Tüm endüstriyel sektörler	12,5
LEGEP	İnşaat	3
NIRE-LCA	Elektrik, otomotiv	13
OGIP	İnşaat	3
REGIS	Tüm endüstriyel sektörler	3
Sima Pro Analyst	Tüm endüstriyel sektörler	17
SimaPro Compact	Tüm endüstriyel sektörler	
SimaPro Developer	Tüm endüstriyel sektörler	
SIMBOX	Belirli bir sektör yok	1

Çizelge 2.3. (devam) Yaşam döngüsü analizinde kullanılan bilgisayar yazılımları ve kullanıldıkları sektörler (Siegenthaler ve diğerleri, 2005; Tok, 2005).

TEAM	Enerji, hammadde, kimya, inşaat	7
TEAM Web Simulator	Enerji, hammadde, kimya, inşaat	
Umberto	Otomotiv, çelik, metal, kağıt, gıda	12,5
WISARD	Evsel ve endüstriyel atıklar	1
WWLCAW	Tüm endüstriyel sektörler	1

2.13.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin kullanım alanları

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin kullanıldığı alanlar ISO 14040'ta dört madde halinde verilmiştir. Bunlar;

1. Kurum ve kuruluşların yaşam döngüsünü belirlerken çeşitli ürünlerin çevresel yönlerini geliştirmek için farklı alternatifler üretmek
2. Kurum ve kuruluşlarda ölçüm tekniklerini çevresel performans göstergeleriyle belirlemek için politika oluşturmak
3. Çevresel ürün beyanları ya da çevre etiketi ürünlerinin pazarlamasının yapılmasında etkin rol oynamak
4. Kamu ve özel sektörde stratejik planlama, ürün/hizmet tasarımı, öncelik belirleme ve var olan tasarımların yenilenmesine karar verilmesinde kullanılmaktadır (Paulsen, 2001 ve Tok, 2015).

Ayrıca Nebel 2006 yılında yaşam döngüsü analizinin uygulama alanlarını ele alan bir çalışma yapmış ve yedi maddede özetlemiştir. Bunlar;

- ✓ Kamuya yasa çıkarma
- ✓ Stratejik planlama
- ✓ Ürün zincir yönetimi
- ✓ Pazarlama
- ✓ Ürün tasarımı ve geliştirme
- ✓ Ürün beyanları ve etiketleme
- ✓ Karşılaştırma alanlarında kullanım

Nebel, yukarıda belirtilen uygulamalarda yaşam döngüsü analizinin sonuçlarının kullanıldığını belirtmiş ve bunun sonucunda çevre etiketleri ve çevresel ürünlerin özellikleri hakkında bilgilerin elde edildiğini ifade etmiştir.

Yaşam döngüsü analizinin kullanım amaçları;

- ✓ Yaşam döngüsü analizi sonucunda elde edilen bulgular bir ürün, hizmet ya da zamanla ortaya çıkan durumların çevreye karşı etkilerinin anlaşılmasında kullanılabilir.
- ✓ Ürünlerin üretimleri sırasında ve dağıtım aşamalarında alternatif olarak sunulan yeni malzemelerin ya da işlemlerin çevreye karşı olumsuz etkilerini araştırıp, süreci olumlu yöne yönlendirmede kullanılabilir.
- ✓ Yaşam döngüsü analizi sırasında ürünlerin üretiminden kullanımına kadar süreçler o ürün hakkında referans bilgilerin belirlenmesinde yardımcı olabilir. Elde edilen bu referans bilgi ışığında o üründen dolayı oluşabilecek çevresel maliyetler tahmin edilebilir.
- ✓ Yaşam döngüsü analizi belirlenirken bazı verilerin eksik olup olmadığı ve eldeki verilerin kalitesi anlaşılabilir.
- ✓ Hükümet yetkilileri, sanayiciler ve tüketicilerin temsilcileri yaşam döngüsü analizi incelendiğinde alternatif yöntem, malzeme ve ürün kullanımı hakkında geniş çaplı bilgiye ulaşabilirler. Karar verme sürecinde bu bilgiler kullanılarak tüketim ve üretim politikalarını çevreye uyumlu biçime getirebilirler.
- ✓ Yaşam döngüsü analizi, bir ürünün kaynak ihtiyacının belirlenmesinde önemli bir rol oynayarak emisyon değerlerinin azaltılmasında sanayicilere yön gösterebilir. Yeni ürünlerin geliştirilmesinde alternatif yöntemler getirebilir.

2.14. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, bir ürünün, sürecin, faaliyetin veya varlığın hem doğrudan hem de dolaylı sera gazı emisyonlarını analiz eden ve ölçen bir göstergedir (Yao ve diğerleri, 2022). Karbon ayak izi miktarı, bir ortamda doğrudan ya da dolaylı şekilde oluşmuş sera gazı emisyonlarının molekül ağırlıkları katkısıyla birim karbondioksit (CO₂) cinsine çevrilmesi ile hesaplanır.

ISO 14064, GHG protokol, UNFCCC ve IPCC standartları karbon ayak izinin belirlenmesinde üreticilere, ülkelere ve işletmelere kılavuzluk etmektedirler. Çizelge 2.4'te karbon ayak izinin insan faaliyetleri sonucunda sınıflandırılmış biçimi gösterilmektedir.

Karbon ayak izi, birincil ve ikincil karbon ayak izi olarak iki grupta incelenmektedir.

Birincil karbon ayak izi; insanların evlerinde yakıt, elektrik ya da yapılan seyahatler sırasında kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan CO₂ konsantrasyonudur.

İkincil karbon ayak izi; İnsanların tükettiği bütün ürünlerin yaşam döngüsü sırasında, beşikten mezara olan tüm sürecinde ölçülen dolaylı CO₂ konsantrasyonudur.

Çizelge 2.4. Karbon ayak izi sınıflandırma (Koçer, 2015).

Parametre	Birincil Karbon Ayak İzi	İkincil Karbon Ayak İzi
Ulaşım	Yakıt	Toplu Taşıma Hava Ulaşımı Otomobil
Barınma	Doğalgaz	Elektrik Su ve Atık Isınma
Gıda	-	Tahıl Sebze Meyve Et
Ürün	-	Giyim Ev Ürünleri Kişisel Bakım
Hizmet	-	Sağlık Eğlence Eğitim

2.14.1. Kurumsal karbon ayak izi

Kurumların, kuruluşların ve firmaların yıllık faaliyetleri sonucunda doğaya saldıkları CO₂ konsantrasyonunu ifade eden kavramdır. Şekil 2.10'da gösterildiği gibi üç şekilde ele alınmıştır.

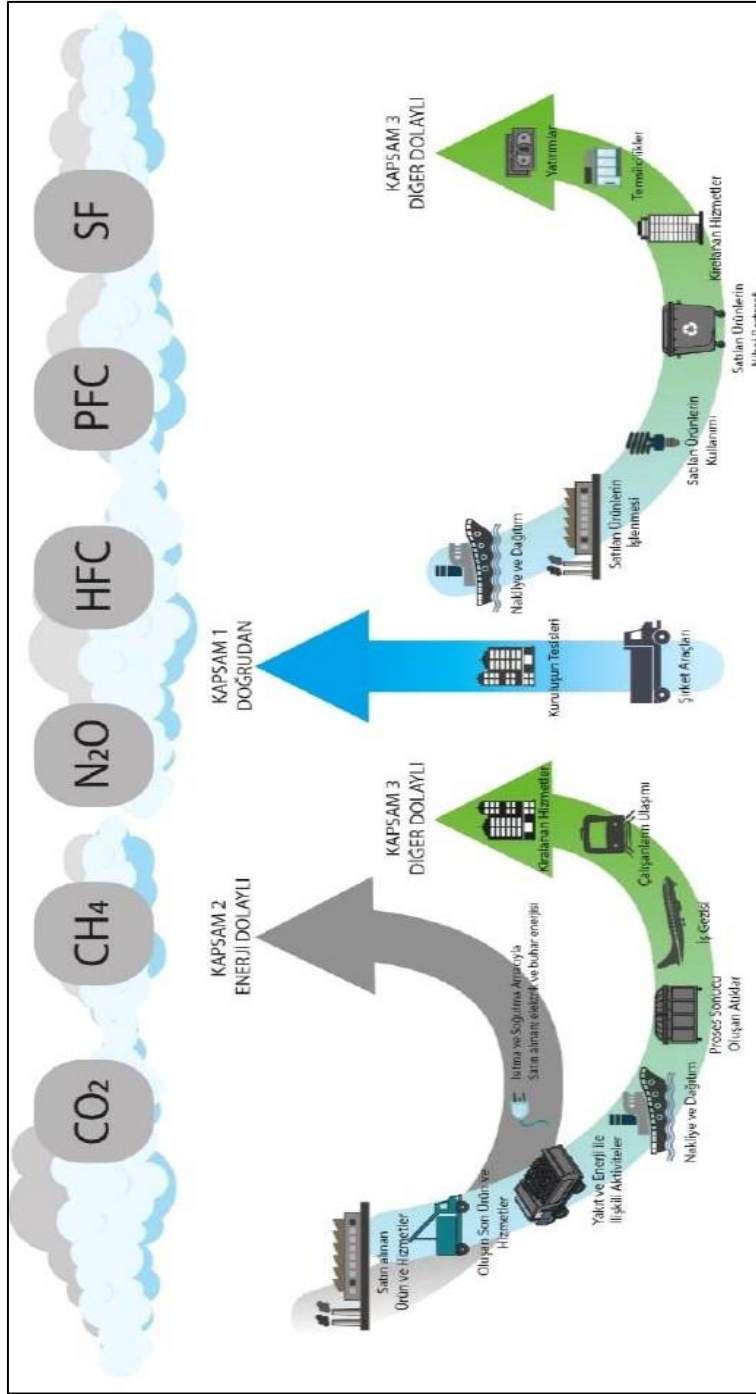
Doğrudan Karbon Ayak İzi; Bir kurumun kullandığı araçlar, üretim prosesi ve ısınma amaçlı tükettiği fosil yakıtların oluşturduğu CO₂ emisyonunu ifade eder. Kurum, sınırları içerisindeki proseslerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplamalı ve rapor etmelidir.

Dolaylı Karbon Ayak İzi; Bir kurumun tükettiği elektrik enerjisinin sebep olduğu ve başka bir kurumdan sağladığı sıcak su, buhar, soğutma suyu vs neden olduğu CO₂ emisyonlarını ifade eder.

Diğer Dolaylı Karbon Ayak İzi; Bir kurumun başka kuruluşlardan temin ettiği hizmetler sonucunda oluşan CO2 emisyonlarını ifade eder (Yılmaz, 2019).

Bu hizmetler;

- ✓ Çalışan personelin bireysel ya da toplu iş seyahatleri
- ✓ İmalat sözleşmeleri, gelir getiren faaliyetler ve kiralama
- ✓ Söz konusu kurumun atığının, malzemelerinin, ürünlerinin ya da çalışanlarının taşınmasının başka bir kurum tarafından yapılması
- ✓ Kaçak emisyonlar
- ✓ Satın alınmış hammaddenin ya da birincil malzemenin ilk üretimi sonucu ortaya çıkan emisyonlar
- ✓ Kurumun tükettiği elektrik, ısı ve buhar haricindeki enerji ürünlerinin üretimi ve dağıtımını sırasında meydana gelen emisyonlar
- ✓ Kurumun sunduğu hizmetlerin ve ürettiği ürünlerin kullanımı sonucu meydana gelen emisyonlar
- ✓ Kurumun üretilip başka bir kuruma gönderdiği atıkların neden olduğu emisyonlar (Ranganatham, 2004).



Şekil 2.10. Kurumsal karbon ayak izi ve kapsam şeması (Ranganatham, 2004).

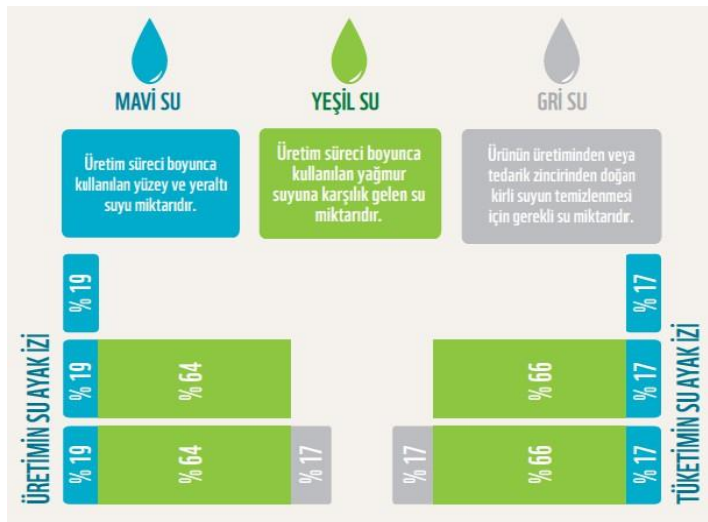
2.15. Su Ayak İzi

Su ayak izi kavramı ilk olarak Hoekstra tarafından tanımlanmıştır. Hoekstra su ayak izini ‘yalnızca bir üretici ya da tüketicinin doğrudan su kullanımı olarak değil, aynı zamanda dolaylı su kullanımını da kapsayan toplam tatlı su miktarı’ olarak tanımlamıştır (Hoekstra, 2003). Bu tanımdan yola çıkılacağı üzere, su ayak izi tüm tüketim ve üretim

aşamalarındaki kullanılan suyun tamamı olarak ifade edilebilir. Bu kavram, bir bölgedeki suyun sürdürülebilir kullanımını, mevcut durumunu ve bulunan su kaynaklarının korunarak analiz edilmesinde kullanılır (Hoekstra ve Chapagain, 2007).

İnsanların ya da herhangi bir sanayi dallarının su ayak izi; kişilerin ya da sanayi dalının bir hizmet veya ürün üretmek ya da tüketmek için kullandığı toplam temiz su kaynaklarını açıklayan bir terimdir (Water Footprint Network, 2012).

Su ayak izi terimi yeşil, mavi ve gri su olmak üzere üç başlıkta incelenmektedir (Hoekstra, 2003). Yeşil su ayak izi; biyoyakıt, ormancılık ve tarım ürünlerinde kullanılmış yağmur sularını belirtir (Veettil ve Mishra, 2016). Mavi su ayak izi; hizmet ve ürünlerin tedarik ve üretim süresince yer altı ve yüzey suyunun kullanımını ifade eder (Rodrigunes ve diğerleri, 2014). Gri su ayak izi ise, insan faaliyetlerinden kaynaklı suda yaratılan su kirliliğini göstermektedir (Avcıoğlu, 2020; Ge ve diğerleri, 2016; Morera ve diğerleri, 2016; Melody ve Mehrvar, 2019; Ricardo ve diğerleri, 2019). Türkiye'nin su ayak izi raporuna göre yeşil, mavi ve gri su ayak izi Şekil 2.11'de gösterilmiştir (WWF, 2014).



Şekil 2.11. Türkiye'deki tüketim ve üretimin su ayak izi (WWF, 2014).

Zirai, endüstriyel ve evsel su kullanımında su ayak izi hesaplaması yapılırken mavi su ayak izine bakılmaktadır (Avcıoğlu, 2020; Fereres ve diğerleri, 2017).

Su ayak izi hesaplamaları yapılırken yaşam döngüsü analizi prensipleri dikkate alınmaktadır. Sanayi kollarının, kişilerin, ürünlerin ve proseslerin su ayak izi hesabındaki tüm kurallar ISO 14046:2014 standardında bulunmaktadır (ISO, 2014).

20. yüzyıla kadar su kaynaklarının bilinçsiz kullanımının çevreyi ve sanayi dallarının ekonomik açıdan olumsuz etkileneceği düşünülmemiştir. Bu zaman süresince çevre sağlığının iyileştirilmesinden daha çok sanayi kuruluşları ekonomik büyümeyi hedeflemişlerdir (Mucan ve diğerleri, 2016). Türkiye'nin su ayak izi incelendiğinde tüketim ve üretim faaliyetlerinde %80 gibi bir oranın içilebilir su kaynağı olarak ifade edilmektedir. Bu orana bakıldığında tatlı su kaynaklarının ülkenin geleceği için büyük önem taşıdığını ve korunması gerektiği anlaşılmaktadır (Avcıoğlu, 2020; WWF, 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü (Merkez Yerleşke) Türkiye’de ilk eğitim-öğretim kampüsü yerleşke örneklerinden birisidir. Kampüste günümüzde rektörlük binası olarak bilinen Cumhuriyet döneminin ünlü mimarlarından olan Mimar Kemaleddin’in önemli eseri yer almaktadır. Gazi Üniversitesi Beşevler kampüsünde rektörlük binasının çevresinde zamanla kurulmuş birçok idari-eğitim birimi, sosyal-spor tesisleri bulunmaktadır.

Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü, Gazi Üniversitesi’nin Ankara Beşevler Emniyet Mahallesi’nde bulunan yerleşkesidir (Bkz: Şekil 3.1). Kampüsün temelini Eğitim Fakültesi ve Rektörlük binası oluşturmaktadır. 1926 yılında Beşevler Kampüsünde Gazi Eğitim Enstitüsünün kurulması ile Üniversite yerleşkesi büyümeye başlamıştır



Şekil 3.1. Gazi Üniversitesi Beşevler kampüsünün uydu görüntüsü (Gazi, 2024)

Beşevler kampüsünde bulunan akademik, idari ve sosyal birimler şöyledir:

Akademik Birimler:

- Gazi Eğitim Fakültesi
- Fen Fakültesi
- Spor Bilimleri Fakültesi
- Fen Bilimleri Enstitüsü
- Uygulamalı Bilimler Fakültesi
- Eğitim Bilimleri Enstitüsü
- Teknoloji Fakültesi
- Kazaları Araştırma ve Önleme Enstitüsü

İdari ve Sosyal Birimler:

- Rektörlük
- Sürekli Eğitim Merkezi (GAZİSEM)
- Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi (GUZEM)
- Kariyer Planma Uygulama ve Araştırma Merkezi
- Merkez Kütüphane
- Türkçe Öğrenim Uygulama ve Araştırma Merkezi (Gazi Üniversitesi TÖMER)
- Sağlık Kültür ve Spor Daire Başkanlığı
- Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı
- Gazi Kültür Merkezi
- Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi
- Gazi Resim Heykel Müzesi
- Zooloji Müzesi
- Merkez Yerleşke Polikliniği
- Gazi Spor Merkezi
- Selim Sırrı Tarcan Spor Salonu
- Mimar Kemalettin Salonu
- Gazi Konser Salonu
- Gazi Eğitim Fakültesi Anaokulu

Bu çalışmada Gazi Üniversitesinin Beşevler Kampüsüne bağlı idari ve akademik birimlerinden elde edilen veriler ile karbon ve su ayak izi hesaplanmıştır. Karbon ayak izi için çalışma kapsamında aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir.

1. Çalışma alanının ve sistem sınırının belirlenmesi
2. Çalışma metodunun belirlenmesi ve üniversiteden gerekli verilerin elde edilmesi
3. Verilerin Toplanması ve anket uygulaması
4. Simapro 9.5 programında verilerin işlenerek karbon ayak izinin kapsam-1, kapsam-2 ve kapsam-3 için hesaplanması

3.1. Çalışma Alanı ve Sistem Sınırı

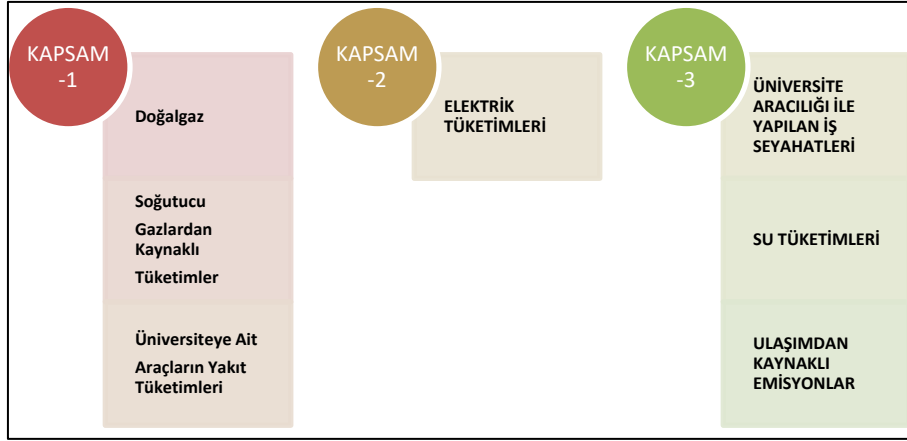
Çalışma alanı olarak Gazi Üniversitesi'nin yerleşkelerinden Beşevler kampüsü seçilmiştir. Karbon ayak izi hesaplanırken IPCC sera gazı protokolüne göre sera gazı muhasebesinin üç kapsamı vardır;

Kapsam-1: Sahip olunan veya doğrudan kontrol altında olan sera gazı emisyon kaynaklarını ifade eder.

Kapsam-2: Kurum ya da kuruluşların satın aldığı elektrik, ısı veya buhar üretiminden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonlarını ifade eder.

Kapsam-3: Doğrudan kontrol edilemeyen sera gazı emisyonlarını ifade eder (WRI ve WBCSD, 2004).

Bu çalışmada sistem sınırı farklı süreçlerde kampüs içi enerji kullanımı, soğutucu gazların yaydığı emisyonlar, yakıt tüketimleri, satın alınan elektrik, su kullanımı, iş seyahatleri ve öğrenci/personel ulaşımı olarak belirlenmiştir. Ayrıca sistem sınırı belirlenirken binaların konumları, idari ya da fakülte binası olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmanın sistem sınırı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırı

3.2. Çalışma Metodu ve Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada karbon ayak izi hesabı Simapro 9.5.0 modelleme yazılımının lisanslı sürümü ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yöntem olarak IPCC 2013 sera gazı metodolojisi kullanılmıştır. Bu yöntem IPCC tarafından belirlenen iklim değişikliği faktörlerini (karbondioksit emisyonlarını dikkate alarak) 100 yıllık olarak hesaplamaktadır ve Simapro 9.5.0 yazılımında dahili olarak mevcuttur. Simapro yazılımı geniş bir veri tabanına sahip olduğu için karbon ayak izi hesaplamalarında tercih edilmiştir. Yazılım toplam karbon ayak izi miktarını kgCO₂ referans birimi olarak ifade etmektedir. Programın içeriğinde hedef ve kapsam, etki değerlendirmesi, envanter ve yorum bölümleri bulunduğundan yapılan hesapların yorumlaması daha anlaşılır olmaktadır.

3.2.1. Simapro 9.5.0

Simapro 9.5 yazılımı, ürünlerin yaşam döngüsü analizini yapmak, sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek ve takip etmek amacıyla kullanılan bir programdır. Yazılım Pre Consultant (Hollanda) tarafından geliştirilmiştir. İsminin açılımı ‘System for integrated environmental assessment of products’ olarak literatürde geçmektedir (Tok, 2015).

Yazılım içerisinde sistemin envanter analizinin değerlendirilmesi için birçok parametre bulunmaktadır. Sahip olduğu veri kütüphanesi Ecoinvent Agri-foot Print, USLCI, ELCD ve birçok veri tabanının birleşimi bulunmaktadır. Bu nedenle hesaplamada doğruluk payı en yüksek yazılımlardan biridir.

3.2.2. Verilerin toplanması ve anket uygulaması

Çalışma kapsamında Gazi Üniversitesi Beşevler kampüsü yerleşkesinde bulunan akademik ve idari birimlerden 2021-2022 yıllarına ait doğalgaz faturaları, üniversiteye ait araç filosunun yıllık yakıt tüketimi, elektrik faturaları, su faturaları, üniversite aracılığı ile yapılan iş seyahatleri ve soğutucu gaz içeren demirbaşların sayısı (buzdolabı, su sebili, klima ve yangın tüpü) verileri temin edilmiştir.

Ayrıca kampüste görev yapan personelin ve öğrencilerin ulaşımını nasıl sağladığına dair üniversite kapsamında anket çalışması uygulanmıştır. Yapılan anket çalışmasının soruları Şekil 3.3'te verilmiştir

1)ÜNİVERSİTEDEKİ ROLÜNÜZ NEDİR?

A) ÖĞRENCİ
B) AKADEMİK PERSONEL
C) İDARİ PERSONEL

2)ÜNİVERSİTEDE ÖĞRENİM GÖRDÜĞÜNÜZ/ ÇALIŞTIĞINIZ BİRİM?

.....

3)ÜNİVERSİTEYE ULAŞIMI NASIL SAĞLIYORSUNUZ? (ŞAHSİ ARAÇ SEÇENEĞİNİ SEÇENLER YAKIT TÜRÜNÜ BELİRTMELİDİR)

A) TOPLU TAŞIMA
B) ŞAHSİ ARAÇ (DİZEL-BENZİNLİ)
C) YÜRÜYEREK
D) RAYLI SİSTEMLER

4)GÜN İÇERİSİNDE SADECE ÜNİVERSİTEYE ULAŞIM İÇİN KATTETTİĞİNİZ ORTALAMA TOPLAM KİLOMETREYİ GELİŞ VE GİDİŞ OLACAK ŞEKİLDE YAZINIZ.

.....

Şekil 3.3. Akademik/idari personelin ve öğrencilerin üniversiteye ulaşımı tespit etmek için yapılan anket.

3.3. Karbon Ayak İzi Hesabında Kullanılan Verilerin Sınıflandırılması

3.3.1. Kapsam-1

Doğalgaz tüketimleri

Üniversitede ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanılmakta ve doğalgaz alım işlemleri kartlı sistem ile yapılmaktadır. Üniversitenin doğalgaz tüketim miktarlarını belirten doğalgaz faturaları alınarak harcanan metreküp (m^3) miktarları hesaplamalar sırasında kullanılmıştır.

Düzgün ayarlanmış bir kazanda, doğal gazdaki karbon yakıtının neredeyse tamamı (%99,9) yanma sırasında CO_2 'ye dönüştürülür (EPA 1998), bu nedenle tam yanma varsayılarak hesaplar gerçekleştirilmiştir.

Üniversiteye ait araçların yakıt tüketimi

Çalışma kapsamında Üniversite bünyesinde bulunan araçların yakıt tüketim bilgileri (L) litre cinsinden miktarları hesaplamalar sırasında kullanılmıştır. Üniversitede sadece rektörlüğün bünyesinde bulunan dizel motora sahip araçlar bulunmaktadır.

Soğutucu gazlardan kaynaklı tüketimler

Karbon ayak izi hesabı yapılırken yangın söndürücü, klima, su sebili ve buzdolaplarının içerisinde bulunan soğutucu gazların atmosfere yayılması sonucu bıraktıkları karbondioksit emisyonları da hesaba katılmaktadır. Yangın tüplerinin karbon ayak izi hesaplanırken içinde sadece karbondioksit (CO_2) gazı bulunanlar hesaba dahil edilmiştir. Klima, su sebili ve buzdolaplarının karbon ayak izi hesaplanırken içlerinde bulunan R134a gazı aynı olduğu için hesapları ortak yapılmıştır.

3.3.2. Kapsam-2

Elektrik tüketimleri

Çalışma kapsamında üniversitenin elektrik faturalarından elde edilen tüketim miktarları kilowatt cinsinden (kWh) dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Kapsam-3

Üniversite aracılığı ile yapılan iş seyahatleri

Üniversitenin akademik ya da idari personelinin yıl içerisinde yaptığı iş seyahatleri, ilgili bölümlerden gerekli bilgiler alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yıl içerisinde yapılan seyahatlerde kat edilen kilometre ve seyahatlerin hepsinin hava yolu ile gerçekleştiği bilinmektedir. Kişi sayısının bilgisine net olarak ulaşılmadığından iki kişi olarak kabul yapılmış ve hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Su tüketimleri

Üniversitenin su tüketim miktarları su faturalarında bulunan metreküp cinsinden miktarlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Üniversite genelinde su kullanımının kartlı kullanım olmasından dolayı alınan su miktarları hesaplamalarda dikkate alınmıştır.

Ulaşımdan kaynaklı emisyonlar

Üniversiteye ulaşımdan kaynaklı emisyon verileri hesaplanırken akademik ve idari personele anket uygulaması yapılmıştır. Yapılan anket sonuçlarına göre ortalama bir hesaplama gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında karbon ayak izi ve su ayak izi hesaplamaları için gerekli veriler temin edildikten sonra Simapro 9.5.0 yazılımına işlenmiştir. Sonuçlar sırasıyla önce karbon ayak izi daha sonra su ayak izi olmak üzere belirtilmiştir.

4.1. Karbon Ayak İzi Hesaplamaları

4.1.1. Kapsam-1

Kapsam-1 bölümünde değerlendirilen doğalgaz tüketimleri, üniversiteye ait araçlar ve soğutucu gazlar incelendiğinde;

Doğalgaz tüketimleri ısıtılan alanın hacmi, ısınma sürekliliği, ısınma amacıyla yakılan yakıt tüketimi miktarı ve ısınma derecesine bağlıdır. Bu nedenle salınan karbondioksit emisyonu değeri de değişiklik göstermektedir (Üreden, 2019).

Türkiye ortalama sıcaklıkları dikkate alındığında 1998 yılından bu zamana kadar pozitif yönde sıcaklık farkları görülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün yayınladığı 2021 ve 2022 iklim raporlarına göre 2010 yılı 15.5 °C ile en sıcak yıl olurken, 2021 yılı 14.9 °C ile en sıcak 4. yıl, 2022 yılı ise 14.5 °C en sıcak 7. yıl olarak sıralanmıştır. Ayrıca 2020-2021 yıllarında kış mevsimine ait ortalama sıcaklığın 6.2 °C olduğu, 2021-2022 yıllarına ait ortalama sıcaklığın ise 4.5 °C olduğu belirtilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2022;). Bu ifadelerle göre 2021 yılının 2022 yılına göre daha sıcak bir yıl olduğu söylenebilir.

2021 yılında doğal gazdan kaynaklanan karbon emisyonu 2022 yılına göre daha az olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak üniversite genelinde doğalgaz satın alma işleminin kartlı sistem ile olması ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen bilgilere göre 2021 yılının kış ayları sıcaklık ortalamasının 2022 yılının kış aylarının sıcaklık ortalamasından yüksek oluşunun olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 2021 yılında pandemi dönemi olduğundan üniversitelerde eğitim-öğretim yüz yüze olarak yapılamamıştır. Bu dönemde öğrenciler okula hiç gelmemiş, akademik/ idari personel ise okula vardiyalı sistem şeklinde gelmişlerdir. Bu nedenle üniversitenin belli bölümlerine doğal gaz alımı yıl boyunca

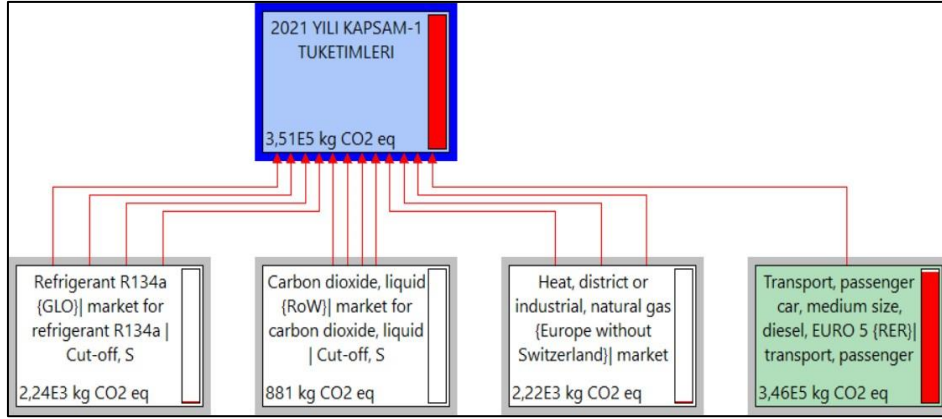
ihtiyaç olmadığından mevcut kartta bir önceki yıldan kalan bakiyenin yeterli olacağı düşünülmüş ve yapılmamıştır. Yapılan hesaplarda karbon emisyonunun 2021 yılı için %0,63'ünün, 2022 yılı için ise %46,2'sinin doğal gaz tüketiminden kaynaklandığı görülmüştür.

Kapsam-1 hesaplarına dahil bir diğer faktör ise üniversitede bulunan buzdolabı, su sebili ve klimaların içerisindeki soğutucu gazlardır. Cihazların üzerinde yazan tip etiketlerinden ve üniversite demirbaş kayıtlarından soğutucu olarak kullanılan gazın türünün R134a olduğu bilgisi alınmıştır. Yangın tüplerinin içerisinde yer alan karbondioksit veya diğer gazların yaklaşık olarak %1 civarının kaçak olarak atmosfere yayılmakta ve atmosferde sera etkisine neden olmaktadır (IPCC 2006, GHG 2018, SISAV 2017). Buna göre yapılan hesaplamalar sonucu 2021 ve 2022 yıllarında soğutucu gazlardan kaynaklanan karbon salınımı emisyonunda bir değişiklik görülmemiş ve 2021 yılında kapsam-1 bölümünün %0,63'ünü, 2022 yılında ise %0,24'ünü oluşturmuştur. Bunun nedeni ise soğutucu gazların bulunduğu cihazların sayılarında bir değişiklik olmamasıdır. Yangın tüplerinden kaynaklı karbon emisyonları incelendiğinde 2021 yılı için %0,25'ini, 2022 yılı için ise %0,09'ünü oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Kapsam-1 bölümünde 2021 ve 2022 yılları için yapılan karbon ayak izi hesabında en fazla karbon emisyonunun üniversiteye ait araç filosundan kaynaklandığı görülmektedir. 2021 yılının %98,5 'ini, 2022 yılının ise %53,5'ini oluşturmaktadır. Üniversiteye ait araç filosunun 2022 yılında 2021 yılına göre daha fazla kullanılmış olmasına rağmen, 2021 yılında araçların kullanım oranı daha yüksek dolayısıyla karbon emisyonu daha fazla olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeninin 2021 yılında kapsam-1 bölümünde hesaplanan doğalgaz ve soğutucu gazlara ait verilerde değişiklik olmaması ya da yeni alım yapılmaması olduğu, bu nedenle de 2021 yılında gözle görülür farkın sadece üniversiteye ait araç filosundan kaynaklığı düşünülmektedir.

Buna göre 2021 yılı için Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1'de; 2022 yılı için ise Şekil 4.3 ve Çizelge 4.2'de kapsam-1 bölümlerinin Simapro 9.5 yazılımında hesaplanması sonucunda elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

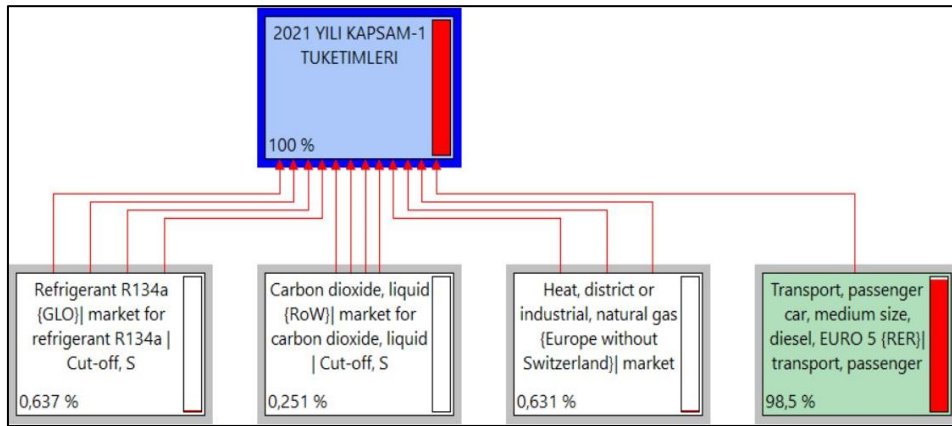
Şekil 4.2 ve Şekil 4.4'te ise 2021 ve 2022 yıllarının kapsam-1 bölümlerinin Simapro 9.5 yazılımında hesaplanan yüzdelik dilimi gösteren şemaları bulunmaktadır.



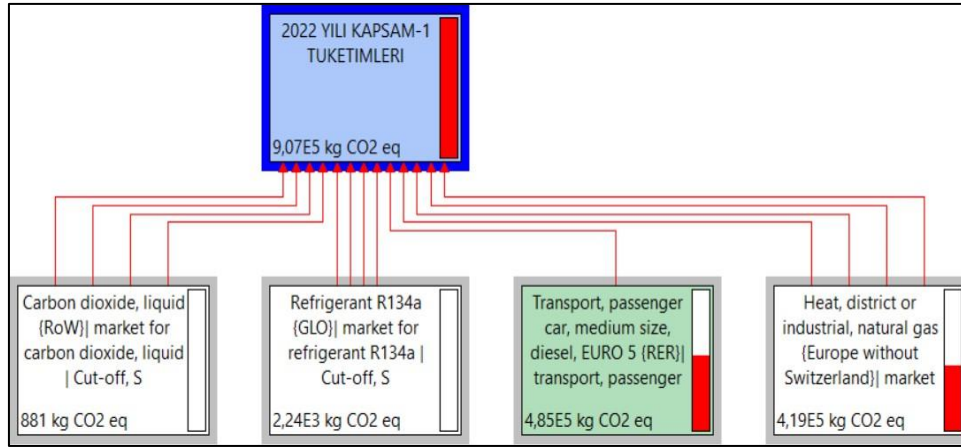
Şekil 4.1. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları

Çizelge 4.1. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi sonuçları

2021 YILINA AİT KAPSAM-1 BÖLÜMÜNÜN KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI	
KAPSAM-1	SONUÇLAR
Soğutucu Gazlardan Kaynaklı Tüketimler	2,24E3 kg CO ₂
Doğalgaz Tüketimi	2,22E3 kg CO ₂
Üniversiteye Ait Araçların Yakıt Tüketimi	3,46E5 kg CO ₂
Yangın Tüplerinden gelen CO ₂ emisyonu	881 kg CO ₂



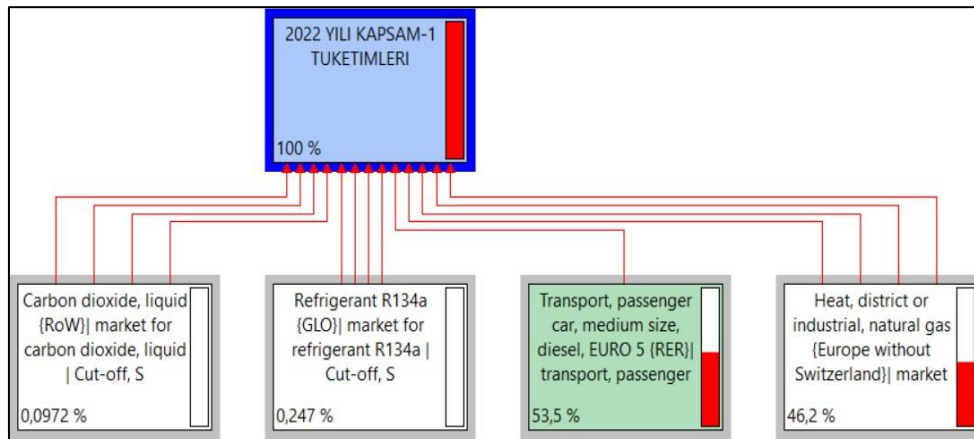
Şekil 4.2. 2021 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği



Şekil 4.3. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları

Çizelge 4.2. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi sonuçları

2022 YILINA AİT KAPSAM-1 BÖLÜMÜNÜN KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI	
KAPSAM-1	SONUÇLAR
Soğutucu Gazlardan Kaynaklı Tüketimler	2,24E3 kg CO ₂
Doğalgaz Tüketimi	4,19E5 kg CO ₂
Üniversiteye Ait Araçların Yakıt Tüketimi	4,85E5 kg CO ₂
Yangın Tüplerinden Gelen CO ₂ Emisyonu	881 kg CO ₂



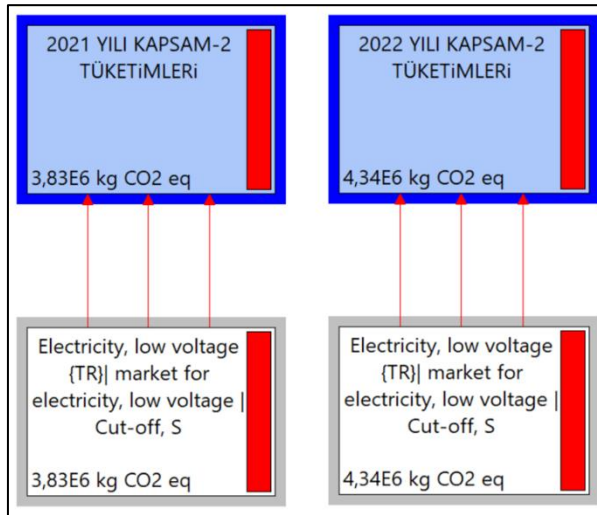
Şekil 4.4. 2022 yılına ait kapsam-1 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği

4.1.2. Kapsam-2

Üniversite genelinde enerji kullanımının sonucu olarak meydana gelen fakat üniversiteye ait olmayan ya da üniversite tarafından kontrol edilemeyen kaynaklardan meydana gelen dolaylı emisyonlar kapsam-2 bölümünde değerlendirilmektedir. Kampüs genelinde

kullanılan elektrik kullanımı da bu bölümde yer almaktadır (IPCC 2006, GHG 2018, SISAV 2017). Buna göre Beşevler Kampüsü genelinde yapılan hesaplar incelendiğinde;

Karbon ayak izi hesabında elektrik tüketimleri için iki yıl arasında kıyaslama yapıldığında 2021 yılının 2022 yılına göre daha az tüketime sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise 2021 yılında pandemi yılı olduğu için uzaktan eğitime geçilmesi ve elektrik tüketiminin 2022 yılına göre daha az sarfiyatı olduğu düşünülmektedir. Üniversite geneline bakıldığında 2021 yılında kapsam- 2 bölümü toplam karbon ayak izi miktarının %8,81 'ini oluştururken, 2022 yılında bu oran %82,4 olmuştur. 2022 yılında uzaktan eğitimden yüz yüze eğitime geçilmesi ile üniversite genelinde kullanılan elektrikli cihazların kullanımı, laboratuvar çalışmaları ve yemekhanenin kullanımının artması ile elektrik tüketimi artmıştır. Elektrik tüketimine bağlı kaynaklanan karbon emisyonlarındaki artışın tamamen tüketimle doğru orantılı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle 2022 yılının 2021 yılına göre daha fazla oranda elektrik tüketiminin gerçekleştiği söylenebilir. Şekil 4.5 ve Çizelge 4.3'te 2021 ve 2022 yıllarının kapsam-2 bölümlerinin Simapro 9.5 yazılımında hesaplanmasının sonuçları yer almaktadır.



Şekil 4.5. 2021 ve 2022 yılına ait kapsam-2 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları

Çizelge 4.3. 2021-2022 yılına ait kapsam-2 bölümünün karbon ayak izi sonuçları

2021-2022 YILINA AİT KAPSAM-2 BÖLÜMÜNÜN KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI		
KAPSAM-2	SONUÇLAR	
	2021	2022
Elektrik Tüketimleri	3,83E6 kg CO ₂	4,34E6 kg CO ₂

4.1.3. Kapsam-3

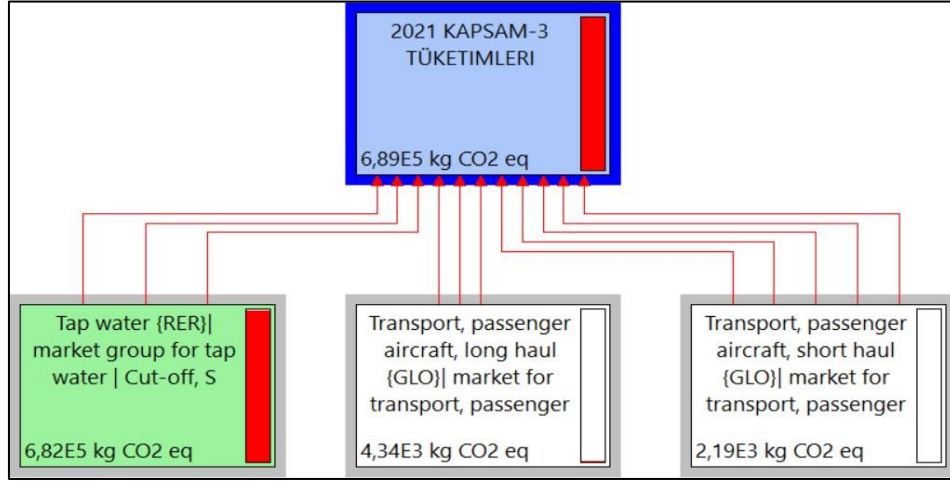
Üniversitenin kendi içinde yaptığı faaliyetler sonucu meydana gelen ancak okulun kontrolünde olmayan ve kapsam-2 bölümüne dahil edilemeyen kaynaklardan ortaya çıkan dolaylı emisyonlar kapsam-3 emisyonlarıdır. Bu bölümde bu bölümde üniversitenin görevlendirmesi ile yapılan iş seyahatleri, üniversiteye ulaşımdan kaynaklı emisyonlar ve su tüketimlerinin yer aldığı görülmektedir (Aroonsrimorakot, 2013). Buna göre Beşevler Kampüsü genelinde yapılan hesaplar incelendiğinde;

2021 ve 2022 yılları için yapılan karbon ayak izi hesabında kapsam-3 bölümü değerlendirildiğinde; 2021 yılında en fazla karbon salınımının su tüketiminden kaynaklı olduğu görülmektedir. 2021 yılında su tüketiminden kaynaklanan karbon salınımı kapsam-3 bölümünün %99,1'ini, 2022 yılı ise %20,2'sini oluşturmuştur. Bunun nedeni, 2021 yılının pandemi yılı olması ve dolayısıyla üniversitede uzaktan eğitime geçilmesidir. Üniversitede su tüketiminin kaydı kartlı sayaçlar ile tutulduğundan 2021 yılının su tüketiminin 2022 yılından fazla olmasının nedeninin mevcut kartlı sayaçlarda 2020 yılından kalan su miktarının olduğu ve 2021 yılında yeni su alımının yapılmasına gerek duyulmadan mevcut bakiyede kalan suyun kullanıldığı düşünülmektedir.

Ulaşımdan kaynaklı emisyonların karbon salınımı hesaplamak için üniversite kapsamında anket yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre üniversitenin ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izi hesaplanmış olup, 2021 yılı pandemi yılı olduğundan karbon salınım miktarı hesaplanırken ulaşım kaynaklı emisyonlar hesaba dahil edilmemiştir.

Bu nedenle 2022 yılı için hesaplanan karbon ayak izi miktarı kapsam-3 bölümünün % 5,148'ini oluşturmaktadır.

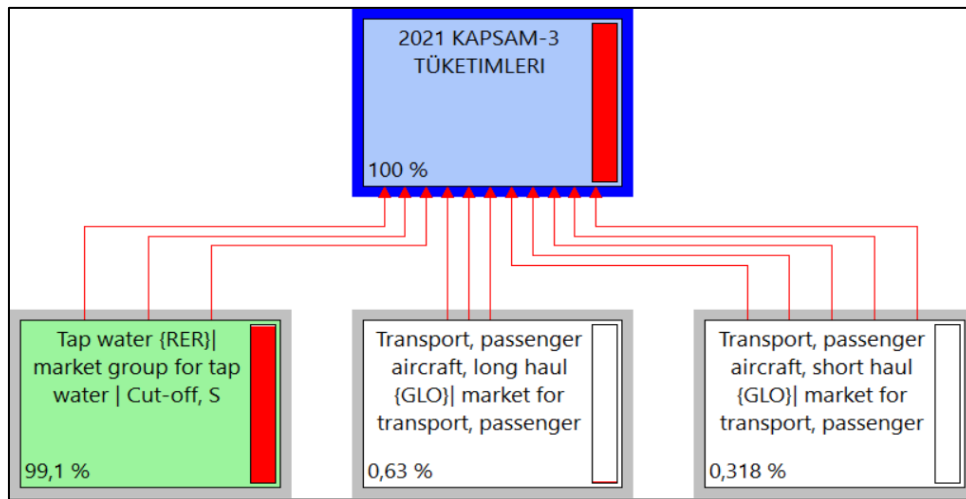
Buna göre 2021 yılı için Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Çizelge 4.4'te; 2022 yılı için ise Şekil 4.8 ve Çizelge 4.5'te kapsam-3 bölümlerinin Simapro 9.5 yazılımında hesaplanması sonucunda elde edilen sonuçlar yer almaktadır.



Şekil 4.6. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları

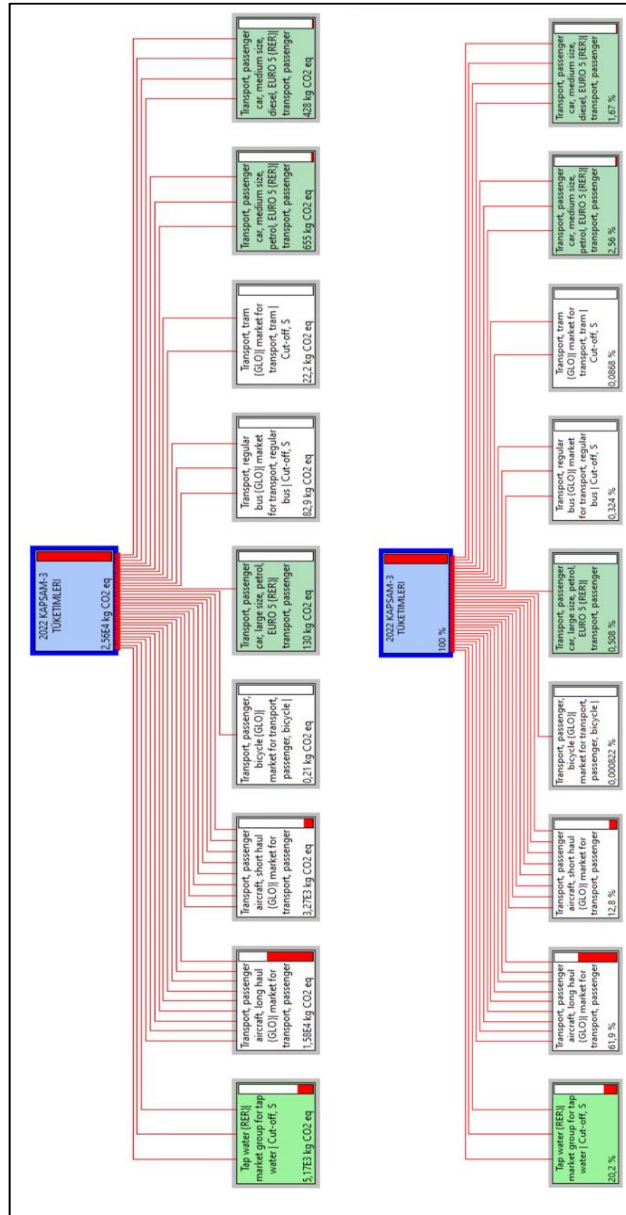
Çizelge 4.4. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi sonuçları

2021 YILINA AİT KAPSAM-3 BÖLÜMÜNÜN KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI	
KAPSAM-3	SONUÇLAR
Su Tüketimi	6,82E5 kg CO2
Üniversite Aracılığıyla Yapılan İş Seyahatleri	4,34E3 kg CO2 + 2,19E3 kg CO2
Üniversiteye Ulaşımdan Kaynaklı Emisyonlar	(Pandemi yılı olduğu için Üniversitelerde eğitim-öğretim olmadığından öğrencilerin Üniversiteye ulaşımında karbon emisyonu hesaplanmamıştır)



Şekil 4.7. 2021 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi yüzde sonuçları grafiği

Üniversite aracılığı ile yapılan iş seyahatleri incelendiğinde en fazla hava yolu ulaşımı ile yapıldığı görülmüştür. Yapılan uçuşlar sırasında tüketilen jet yakıtları nedeniyle oluşan karbon salınımları da iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle, kurumların karbon ayak izi hesaplanırken hava yolu tercih edilmişse bu uçuşlar sonucu meydana gelen karbon salınım miktarları da dahil edilmektedir (Üreden, 2019). 2022 yılında gerçekleştirilen iş seyahatleri 2021 yılından daha fazladır. Bu nedenle kapsam-3 bölümünün 2021 yılı için karbon ayak izi %0,94'ünü, 2022 yılında %74,7'sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.8. 2022 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi hesap sonuçları

Çizelge 4.5. 2022 yılına ait kapsam-3 bölümünün karbon ayak izi sonuçları

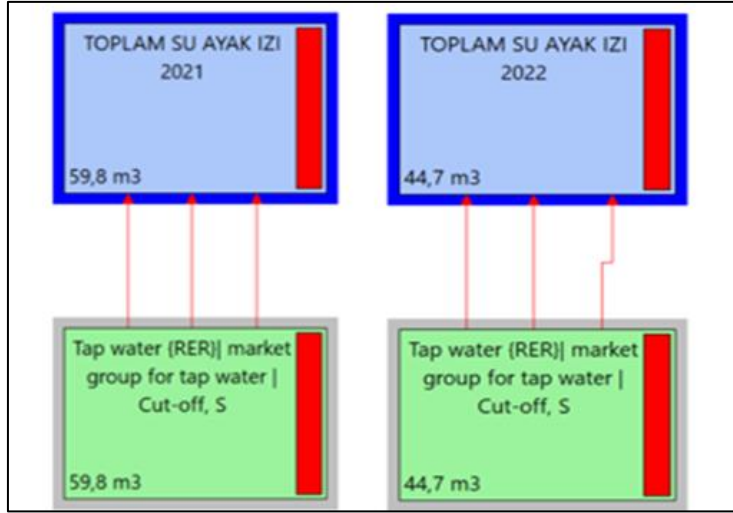
2022 YILINA AİT KAPSAM-3 BÖLÜMÜNÜN KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI	
KAPSAM-3	SONUÇLAR
Su Tüketimi	5,17E3 kg CO ₂
Üniversite Aracılığıyla Yapılan İş Seyahatleri	1,58E4 kg CO ₂ + 3,27E3 kg CO ₂
Üniversiteye Ulaşımdan Kaynaklı Emisyonlar	1318,31 kg CO ₂

Sonuç olarak Gazi Üniversitesi'nin 2021 ve 2022 yılındaki kapsamlara ve genel toplamına göre Simapro 9.5 yazılımında hesaplanmış karbon ayak izi miktarlarının sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. 2022 yılındaki karbon salınım emisyonunun 2021 yılına göre daha fazla çıkmasının nedenini 2020 yılında yaşanan covid-19 pandemi süreci sebebiyle olduğu düşünülmektedir. 2020-2021 eğitim-öğretim yılında üniversitelerde uzaktan eğitime geçiş yapılması sebebiyle üniversite genelinde tüketimlerde belli oranda azalma görülmüştür.

4.2. Su Ayak İzi Hesaplamaları

Bu çalışmada Gazi Üniversitesi'nin 2021 ve 2022 yılları arasındaki su ayak izi miktarları belirlenmiştir. Çalışmada üniversiteden elde edilen su faturalarında tüketilen su miktarı üzerinden hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalar Simapro 9.5 programındaki Hoekstra yöntemi ile tamamlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, su ayak izi bilgileri bulunan üniversiteler (Gazi Üniversitesi de dahil olmak üzere) ile Türkiye'nin belediyeler açısından değerlendirilen su ayak izi verileri (Boyacıoğlu, 2018 çalışmasını esas alarak) ile karşılaştırılarak, üniversite kampüslerindeki su kullanımının nasıl farklılaştığını ve önemini ortaya koymaktır.

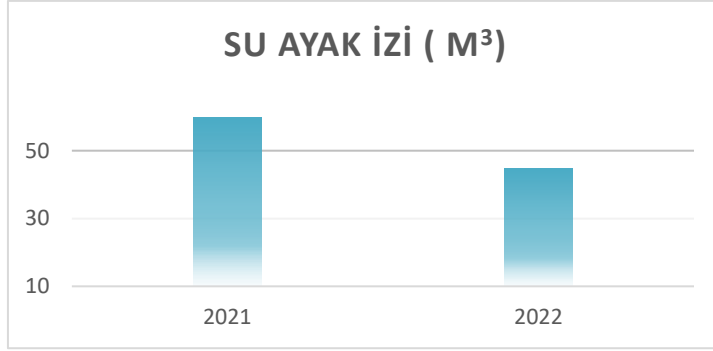
Üniversite genelinde su ayak izi hesaplamalarının yapılabilmesi için öncelikle akademik ve idari birimlerin su faturaları temin edilmiştir. Üniversitede su sayaçları kartlı sistemle çalıştığından, satın alınan su miktarı metreküp cinsinden mavi su olarak tanımlanmıştır ve Simapro 9.5 yazılımındaki Hoekstra yöntemine göre veriler işlenerek su ayak izi hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. 2021-2022 yılına ait su ayak izi hesabı sonuçları

Kartlı sayaç sistemi, abonelerin su kullanım bedelini peşin olarak ödenmesi ve su kullanma miktarlarının hesaplanması sistemine dayanan bir ödeme biçimidir. Her sayaca bir abone kartı tanımlanıp aboneye verilir. Abone verilen bu kartlarla kredi yükleme merkezlerinden istediği miktarda kredi yükleyebilirler. Abone kartı, su sayacına okutulduğu zaman karta yüklenmiş olan bu krediler sayaca aktarılmış olur ve böylece su abonelere temin edilmiş olur (ASKİ, 2024).

Simapro 9.5 programında Hoekstra yöntemine göre 2021 ve 2022 yıllarının toplam su ayak izlerinin sonuçlarının grafiği Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Buna göre iki yıl kıyaslandığında su ayak izi açısından anlamlı bir fark görülmemekte ve hatta 2022 yılında tüketilen su miktarında azalma görülmüştür. Bunun nedeni olarak, üniversitedeki su sayaçlarının çalışma prensibinin kartlı sisteme dayalı olmasıdır. Bu sistemde azalan su miktarının üzerine yeni su miktarı eklendiğinden 2021 yılında sistemde bir önceki pandemi yılından artan su miktarlarının eklendiği, bu sebeple de 2022 yılında su satın alım miktarı önceki yıllara göre daha az olmuştur.



Şekil 4.10. 2021-2022 yıllarının su ayak izi karşılaştırması

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Karbon ayak izinin büyüklüğü insan faaliyetleri sonucu sera gazı emisyonlarının atmosfere yayılması ile orantılıdır. Dolayısıyla bu oran ne kadar büyük olursa iklim değişikliği o kadar hızlı ilerleyecek, doğa ve insanlık iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine maruz kalacaktır (Sreng ve diğerleri, 2017).

Bu çalışmada Gazi Üniversitesi'nin Beşevler Kampüsünün 2021 ve 2022 yıllarını kapsayan karbon ve su ayak izi miktarları Simapro 9.5 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Kampüs bazında karbon ayak izi hesabı ele alındığında çalışma sonucunda karbon salınımının en fazla payının 2021 yılında %80,8 ile üniversiteye ait araçlara ait olduğu, 2022 yılında ise %82,4 elektrik tüketiminden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

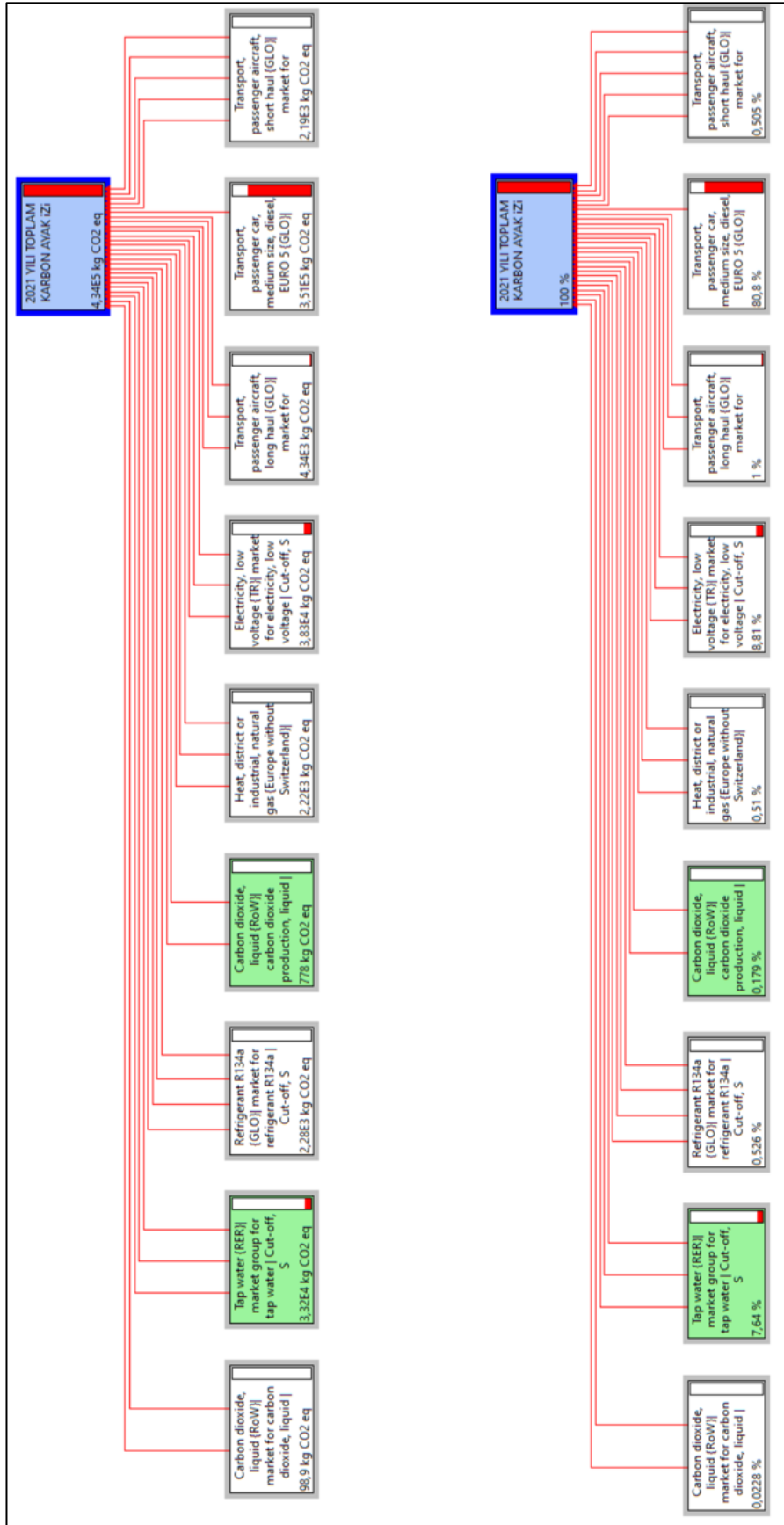
Sonuç olarak Gazi Üniversitesi'nin 2021 ve 2022 yılındaki kapsamlara ve genel toplamına göre Simapro 9.5 yazılımında hesaplanmış karbon ayak izi miktarlarının sonuçları Çizelge 5.1'de gösterilmiştir. 2022 yılındaki karbon salınım emisyonunun 2021 yılına göre daha fazla çıkmasının nedenini 2020 yılında yaşanan covid-19 pandemi süreci sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü yerleşkesinde 2020-2021 eğitim-öğretim yılında üniversitelerde uzaktan eğitime geçiş yapılması sebebiyle kampüs genelinde tüketimlerde belli oranda azalma görülmüş, bu da kampüsün genel olarak karbon ayak izinde düşüş gösterdiği düşünülmektedir. 2021 ve 2022 yıllarına ait Şekil 5.1'de toplam karbon ayak izi miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü 2021-2022 yılı toplam karbon ayak izi sonuçları

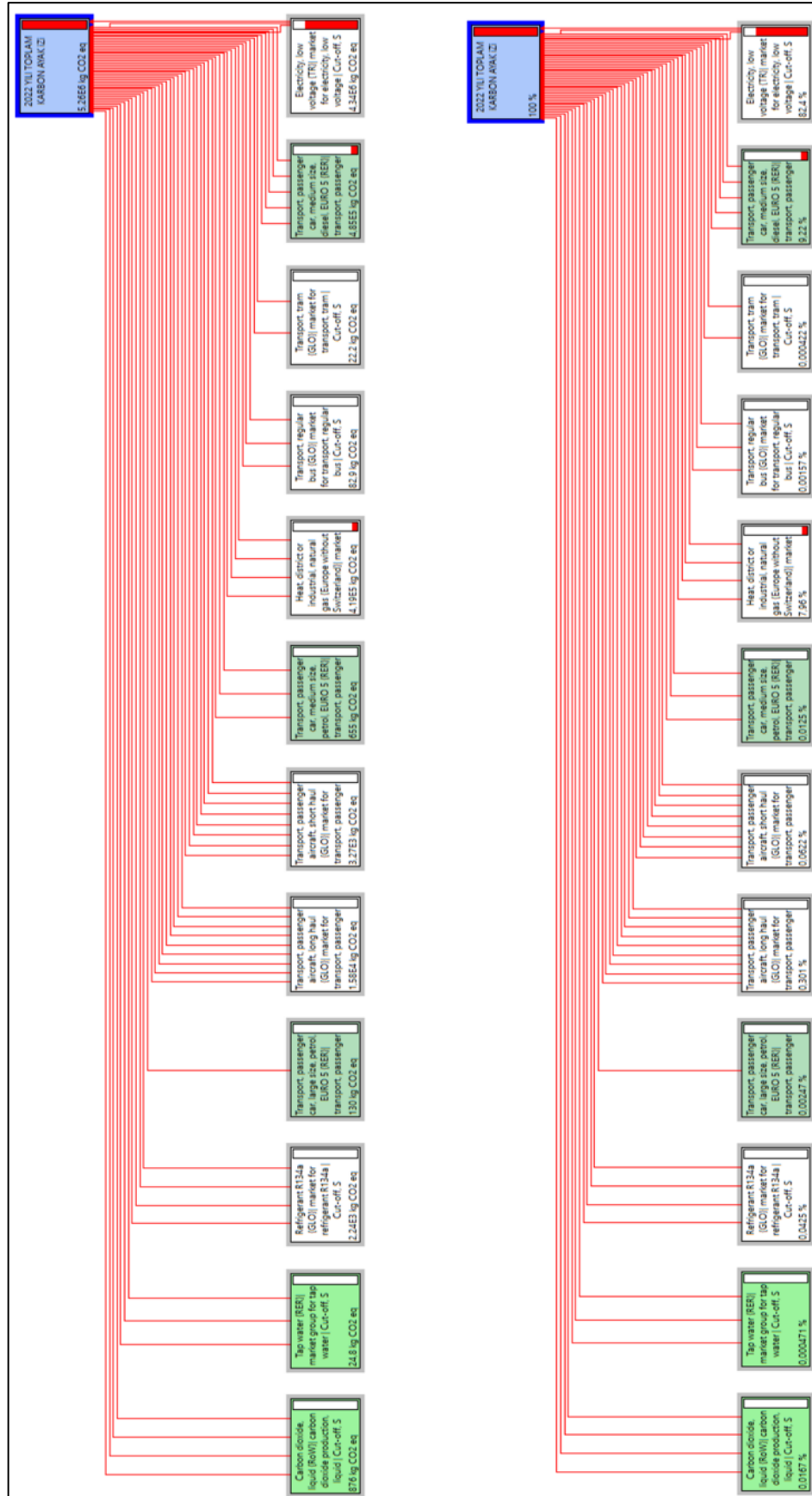
TOPLAM KARBON AYAK İZİ SONUÇLARI (kg CO ₂ eq)			
KAPSAMLAR		2021	2022
		SONUÇLAR	
KAPSAM-1	Soğutucu Gazlardan Kaynaklı Tüketimler	3,51E5 kg CO ₂ eq	9,07E5 kg CO ₂ eq
	Doğalgaz Tüketimi		
	Üniversiteye Ait Araçların Yakıt Tüketimi		

Çizelge 5.1. (devam) Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü 2021-2022 yılı toplam karbon ayak izi sonuçları

	Yangın Tüplerinden gelen CO ₂ emisyonu		
KAPSAM-2	Elektrik Tüketimleri	3,83E6 kg CO ₂ eq	4,34E6 kg CO ₂ eq
KAPSAM-3	Su Tüketimi	6,89E5 kg CO ₂ eq	2,56E4 kg CO ₂ eq
	Üniversite Aracılığıyla Yapılan İş Seyahatleri		
	Üniversiteye Ulaşımdan Kaynaklı Emisyonlar		
TOPLAM		4,34E5 kg CO ₂ eq	5,26E6 kg CO ₂ eq



Şekil 5.1. 2021 yılına ait toplam karbon ayak izi sonuçları (kg Co₂eq)



Şekil 5.2. 2022 yılına ait toplam karbon ayak izi sonuçları (kg CO₂eq)

Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü ve literatürde üniversite çapında hesaplanan karbon ayak izi çalışmalarından bazıları Çizelge 5.2’de özetlenmiştir.

Literatürde yapılan diğer karbon ayak izi çalışmaları;

- Clebeaux ve diğerleri 2020 yılında Clemson Üniversitesi kampüsünün karbon ayak izini yaşam döngüsü analizi yaklaşımı ile hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda 2014 yılı toplam karbon ayak izini 95.000 metrik ton CO₂ eq olarak hesaplamışlardır. İzlenen metoda göre hesaplamalar kapsam-1, kapsam-2 ve kapsam-3 olarak gruplandırılmış ve toplam karbon ayak izinin yaklaşık %19’unu kapsam-1’in, kapsam-2 ve kapsam-3’ün ise yaklaşık olarak %41’inin oluşturduğunu görmüşlerdir. Çalışma sonucunda en büyük karbon salınımının elektrik tüketiminden kaynaklandığı ve ikinci olarak ise ulaşımdan kaynaklı emisyonların meydana getirdiğini ifade etmişlerdir.
- Varon-Hoyos ve diğerleri (2021) Pereira Teknoloji Üniversitesinin karbon ayak izini sera gazı protokolüne ve ISO 14064-1 protokolüne göre hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda 2017 yılının toplam karbon ayak izini 8969 kg CO₂ eq olarak hesaplamışlardır ve bu oranın %97’sinin üniversitede bulunan öğrenci ve personelin günlük hareketlerinden (kapsam-3) kaynaklandığını görmüşlerdir. Kapsam-2 bölümünde değerlendirilen elektrik tüketiminin karbon salınımının %2.5 olduğunu ve üniversitenin elektrik ihtiyacının %70’ini bu şekilde karşıladıklarını belirtmişlerdir.
- Ullah ve diğerleri 2020 yılında Hariour Üniverssinin karbon ayak izini simapro 8.4 yazılımını kullanarak hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda 2016-2017 yıllarının belli dönemindeki veriler temin edilmiş ve toplam karbon ayak izinin 578.898 kg CO₂ eq olarak hesaplamışlardır. Bu hesabın %40’ının kapsam-2, %36’sının kapsam-1 ve %24’ünün kapsam-3’te yer alan parametrelerden kaynaklanan karbon salınımı olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuç olarak üniversite çapında karbon salınımında en fazla payı satın alınan elektriğin oluşturduğunu ifade etmişlerdir.
- Boardman ve diğerlerinin 2009 yılında Miami Üniversitesinde yaşam döngüsü analizi yaklaşımı ile yaptıkları karbon ayak izi hesabında toplam karbon ayak izini 125.039 metrik ton CO₂ eq olarak bulmuşlardır. Bu hesabın %79’unun elektrik tüketiminden, %19,6’sının ulaşım ve %1’inin ise kampüsteki atık tüketiminden kaynaklanan karbon salınım oranları olduğunu belirtmişlerdir.
- Aroonsrimorakot ve diğerleri 2013 yılında Mahidol Üniversitesi’nin yaşam döngüsü analizi (GHGs protokolü) ile karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışmanın

sonucunda 2010 yılının karbon ayak izini 1.091,85 ton CO₂ eq olarak hesaplamışlar ve en çok karbon salınımının kampüsteki elektrik tüketiminden kaynaklandığını açıklamışlardır.

- Özçelik 2017 yılında Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesinin Terzioğlu Kampüsü'nün karbon ve enerji ayak izini hesaplamıştır. Çalışmada üniversitenin araç filosu, su verileri, kampüsteki atık miktarı, kampüsteki doğalgaz tüketimi, elektrik tüketimi, üniversite personeli ve öğrencilerinin ulaşımdan kaynaklı emisyonlarının verileri kullanılmıştır. Üniversiteye ulaşım sağlanırken kaynaklanan emisyonların karbon ayak izi tahmini yapılırken iki farklı yaklaşım şeklinde çalışma yapılmıştır. Birinci yaklaşımda akademik-idari personele ve öğrencilere anket uygulaması yapılmıştır. İkinci yaklaşımda ise kampüse giren-çıkan araçları kamera sisteminde tespit edilerek ortalama bir hesap ortaya çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda birinci yaklaşımda karbon ayak izi 19706.084 ton CO₂'e bulunurken, ikinci yaklaşımda karbon ayak izi miktarı 10122.154 ton CO₂'e olarak hesaplandığı belirtilmiştir.
- Başoğlu 2018 yılında Adıyaman Üniversitesinin Mühendislik Fakültesinde görev yapan akademik ve idari personelin karbon ve ekolojik ayak izini hesaplamıştır. Çalışma sırasında fakülte genelinde 46 idari personel ve akademisyene ekolojik ayak izi hesaplama anketi çalışması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ekolojik ve karbon ayak izi miktarının fakülte genelinde %56'dan fazlasının seyahat kaynaklı emisyonlar olduğu belirlemişlerdir. İş seyahatleri sayısının fakülte genelinde fazla olduğu ve bu seyahatlerde kişilerin kendi ulaşım araçlarını kullandıklarını tespit etmiştir. Fakülte bulunan bölümler bazında değerlendirme yapıldığında en düşük karbon ve ekolojik ayak izi emisyonunun Harita Mühendisliğinde görev yapan akademik personele ait olduğu sonucuna varılmıştır.
- Binboğa ve Ünal 2018 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesinin 2016 yılına ait Birincil karbon ayak izini IPCC Metodolojisi Tier-1 yaklaşımını kullanarak hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda 2016 yılının birincil karbon ayak izini 8.953,906 ton CO₂ olarak hesaplanmıştır. Bu değer %87.85'inin üniversitedeki elektrik tüketiminden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır.
- Kumaş ve diğerleri 2019 yılında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesine bağlı Bucak Sağlık Yüksekokulunun karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışmada doğalgaz, elektrik tüketimi, ulaşım kaynaklı emisyonlar gibi parametreler kullanılmıştır. Karbon ayak izi değerlendirmesi Defra Annex ölçütlerine göre

yapılmıştır. Çalışma sonucunda karbon emisyonunun en fazla doğalgaz kaynaklı, en az ise benzinli araçlardan kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

- Üreden 2019 yılında Çankırı Karatekin Üniversitesinin 2017 yılına ait karbon ayak izini hesaplamıştır. Çalışma kapsam-1, kapsam-2 ve kapsam-3 başlıkları altında incelenmiştir. Çalışma sonucunda en fazla karbon salınımının 2527.72 ton tCO₂eq ile kapsam-2 (elektrik tüketimi) bölümünden kaynaklandığını belirtmiştir. Kapsam-1 ve kapsam-3 bölümlerinin sonuçları sırasıyla 2175.58 ton tCO₂eq ve 946.76 ton tCO₂eq olarak hesaplamıştır. Çalışma sonucunda elektrik tüketiminden kaynaklı karbon salınımının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelebileceği ve bu durumda %25 tasarruf sağlanacağı belirtilmiştir.
- Kurnuç ve Çerçi 2022 yılında Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi'nin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışmada 2019 ve 2020 yıllarına ait karbon ayak izi hesaplamışlardır. Kampüs genelinde sadece elektrik ve doğalgaz tüketimi dikkate almışlardır. Kapsam-1'de doğalgaz tüketimi, kapsam-2'de elektrik tüketimi yer almıştır. Çalışma sonucunda 2020 yılının karbon salınımının 2019 yılına göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.
- Karakaya 2022 yılında Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsünün karbon ayak izini hesaplamıştır. Çalışma kapsam-1, kapsam-2 ve kapsam-3 başlıkları altında hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Kapsam-1 1132 ton CO₂eq, kapsam-2 5060 ton CO₂eq ve kapsam-3 emisyonunun 17422 ton CO₂eq olarak hesaplamıştır.
- Yavuz ve diğerleri 2023 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitenin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışma ISO 14064-1 metodolojisi ve Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinde belirlenmiş emisyon faktörleri kullanılarak 2019, 2020 ve 2021 yıllarının karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışmada kapsam-1 ve kapsam-2 bölümleri yer almaktadır. 2019 yılı için 2955.30 ton CO₂eq, 2020 yılı için 1913.96 ton CO₂eq ve 2021 yılı için 2659.14 ton CO₂eq olarak hesaplandıklarını belirtmişlerdir.
- Kiehle ve diğerleri 2023 yılında Finlandiya'da yer alan Oulu Üniversitesi'nin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışmada iki farklı model kullanılmıştır. Bunlar çevresel olarak genişletilen girdi-çıktı analizi ve yaşam döngüsü analizidir. Çalışma kapsam-1 (ulaşım kaynaklı emisyonlar ve doğalgaz tüketimi) , kapsam-2 (elektrik tüketimi) ve kapsam-3 (iş seyahatleri ve genel satın almalar) şeklinde gruplandırılmıştır. Çalışma sonucunda karbon ayak izinin en yüksek payını %40 oranında doğalgaz tüketiminden meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

- Sileybi 2023 yılında Harran Üniversitesinin Osmanbey Kampüsünün 2021 yılına ait karbon ayak izini belirlemiştir. Çalışma IPCC metodolojisine göre gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak Kampüsün 2021 yılındaki karbon ayak izi 11840 ton CO₂ olarak hesaplanmış ve bu miktarın 7334 ton CO₂ kadarının elektrik tüketiminden kaynaklandığını ifade etmiştir.
- Tosun 2023 yılında Giresun Üniversitesinin 2020 ve 2022 yılları arasındaki karbon ayak izini hesaplamıştır. Çalışma yapılırken Sera Gazı Emisyon Protokolü ve ISO 14064-1 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ise 2020 yılı için 1696.23 tCO₂eq, 2021 yılı için 1638.93 tCO₂eq ve 2022 yılı için ise 2618.03 tCO₂eq sonuçları elde edildiği ifade edilmiştir.
- Gürsoy 2023 yılında Erciyes Üniversitesine ait 2017-2018 ve 2019 yıllarının karbon ayak izi miktarını Amerika Birleşik Devletleri'nin Çevre Koruma Ajansı formülleri (EPA), sera gazı emisyonları protokolü (GHG) ile Green metric derecelendirme platformunun hesapladığı karbon emisyon miktarı ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda 2017 yılında 27304 ton tCO₂e, 2018 yılında 25243 ton t CO₂e ve 2019 yılı için ise 25721 ton tCO₂e karbon emisyonunun meydana geldiği tespit edilmiştir. Hesaplanan üç yılın ortalaması olarak 0.4 ton tCO₂e bulunmuştur.
- Özcan 2024 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinin karbon ayak izini belirlemiştir. Çalışma 2020 ve 2022 yılları arasındaki karbon emisyonunu incelemiş ve IPCC Tier-1 yaklaşımı ve standart yöntemeye dayalı metodolojiler kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda 2020 yılında en fazla doğalgaz tüketiminin meydana gelmesinden dolayı karbon salınımının en fazla bu bölümde gerçekleştiği ve 2022 yılında en fazla karbon emisyonunun elektrik tüketiminden ve üniversiteye kayıtlı olmayan araçların sayısının fazla olması sebebiyle yakıt tüketiminden kaynaklandığı belirtmişlerdir.
- Gökçek ve diğerleri 2019 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi'nin karbon ayak izini belirlemişlerdir. 9 fakülteye anket uygulaması gerçekleştirerek istatistiksel hesaplamalarla sonuç elde etmişlerdir. Sonuç olarak CO₂ emisyonunun fakülteye göre artıp azaldığını, erkek öğrencilerin CO₂ emisyonunun kız öğrencilere göre daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Kampus gibi bir alanda bireysel CO₂ emisyonunun mekansal dağılımı incelenerek, bu dağılımın fakülteler arasında dengelenmesine yönelik öneriler sunmuşlardır.

- Doğancılı ve diğerleri 2019 yılında Sinop Üniversitesi'nin karbon ayak izini ölçen bir çalışma yürütmüşlerdir. Üniversite ölçeğinde karbon ayak izi hesaplaması yapılırken Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (WWF) belirlediği ölçümleri kullanmışlardır. Hesaplamaları Üniversite personeli üzerinden yapmışlardır. Sonuç olarak yenilebilir enerji kaynaklarının, toplu taşıma araçlarının kullanılması ve gereksiz yere uçuş yapmamak gibi birtakım önerilerde bulunmuşlardır.
- TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) Üniversitesi 2017 yılında tüm Üniversiteyi kapsayacak şekilde karbon ayak izi raporu çıkarmışlardır. Karbon ayak izi hesaplarını ISO 14064-1 standartlarına uygun biçimde hesaplamışlardır. Sonuç olarak kampüs ölçeğinde sera gazı emisyonlarının azaltılması yönünde öneri ve hedeflerde bulunmuşlardır.

Çizelge 5.2. Diğer üniversitelerin karbon ayak izi hesapları

ÇALIŞMANIN YERİ	ÇALIŞMANIN YILI	YÖNTEMİ	SONUÇ (Yıllık kişi başı olarak hesaplanmıştır)
Clemson Üniversitesi	2020	ISO 14064-1	95.000 metrik ton CO ₂ eq
Pereira Teknoloji Üniversitesi	2017	ISO 14064-1	8969 kg CO ₂
Hariour Üniversitesi	2016-2017	IPCC 2007	578,898 kg CO ₂
Miami Üniversitesi	2009	GHG Protokolü	125,039 metrik ton CO ₂
Mahidol Üniversitesi	2010	GHG Protokolü	1,091,85 ton CO ₂
Oulu Üniversitesi	2019	IPCC 2014- GHG Protokolü	19,072 ton CO ₂
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	2017	Anket çalışması (1. Ve 2. Yaklaşım sonuçları sırasıyla verilmiştir)	19706,084 ton tCO ₂ -10122,154 ton tCO ₂ -
Adıyaman Üniversitesi	2018	Anket çalışması	-
Manisa Celal Bayar Üniversitesi	2016	IPCC ve Tier-1	8,953,906 ton CO ₂
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2019	Defra Annex	-
Çankırı Karatekin Üniversitesi	2017	ISO 14064-1 (Kapsam-1,Kapsam-2 ve Kapsam-3 sırasıyla verilmiştir)	2175,58 ton tCO ₂ -2527,72 ton tCO ₂ - 946,76 ton tCO ₂
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	2019-2020	IPCC-Defra Annex	-
Mersin Üniversitesi	2022	ISO 14064-1 (Kapsam-1, Kapsam-2 ve Kapsam-3 sırasıyla verilmiştir)	1132 ton CO ₂ - 5060 ton CO ₂ -17422 ton CO ₂
Osmaniye Korkutata Üniversitesi	2019-2020-2021	ISO 14064-1 ve IPCC	2955,30 ton CO ₂ -1913,96 ton CO ₂ -2659,14 ton CO ₂
Harran Üniversitesi	2021	IPCC	11840 ton CO ₂
Giresun Üniversitesi	2020-2021-2022	ISO 14064-1	1696,23 tCO ₂ -1638,93 tCO ₂ - 2618,03 tCO ₂
Erciyes Üniversitesi	2017-2018-2019	GHG Protokolü ve Green Metric	27304 ton tCO ₂ -25243 ton tCO ₂ - 25721 ton tCO ₂
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	2020-2021-2022	IPCC Tier-1-Analitik Yöntem	-
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	2019	Anket	-
Sinop Üniversitesi	2019	Anket	-
TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) Üniversitesi	2017	ISO 14064-1	16.934,21 ton CO ₂ e
Gazi Üniversitesi	2021-2022	IPCC 2013	4,34E5 kg CO ₂ eq- 5,26E6 kg CO ₂ eq

Literatür çalışmaları incelendiğinde, karbon ayak izi miktarının yükselten etkenlerin başında elektrik tüketiminin geldiği ve bu sırayı doğalgaz tüketimi ile ulaşımdan kaynaklı

karbon emisyonlarının oluşturduğu söylenebilir. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsünde yapılan karbon ayak izi hesaplama çalışmasının sonucunda ise karbon ayak izi miktarının yüksek olmasındaki en büyük payın insan kullanımına bağlı olarak kampüsteki elektrik tüketimine ait olduğu, bu sırayı üniversitenin kendi bünyelerindeki araç filosundan kaynaklı tüketimler ile doğalgaz tüketimlerinin takip ettiği görülmektedir. Bu kapsamda üniversitelerin sürdürülebilir kampüs olma çalışmalarında karbon ayak izini azaltma yönünde atacağı ilk adımın elektrik tüketiminin kontrol altına alınması yönünde olması gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde kampüs bazında su ayak izi hesaplanmıştır. Çalışma boyunca 2021 ve 2022 yılları birlikte hesaplanmış ve sadece mavi su ayak izi dikkate alınmıştır. Bu nedenle de Simaoro 9.5.0 yazılında bulunan Hoekstra yöntemi uygulanmıştır. 2021 yılında 59.8 m^3 (59800 Litre) iken, 2022 yılında 44.7 m^3 'e (44700 Litre) kadar azalmıştır. Bunun nedeninin 2021 yılının pandemi yılı olması ve bu nedenle üniversiteye öğrenci ve akademik personelin gelmemesi sebebiyle kartlı sayaçlarda biriken su miktarlarının bir sonraki yıla aktarılmış olduğu düşünülmektedir.

Vaidya ve diğerlerinin 2021 yılında Nepal Katmandu Üniversitesinde gıda-su-enerji sistemlerinin su ayak izini değerlendirmişlerdir. Su ayak izini yaşam döngüsü perspektifine dayalı olarak yapılan anket usulüne göre ve Üniversitenin ilgili birimlerinden temin edilen veriler ile Birleşmiş Milletlerden alınan ortalama kabul değerleri ile karşılaştırılarak hesapladıklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak suyun verimli kullanımı için atık su arıtma tesisi kurulması, gıda tüketiminde daha duyarlı davranışın teşvik edilmesini ve anaerobik çürümeden enerji üretebilmek için tüm gıda atıklarının toplanıp alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesine öncelik verilmesini içeren su ayak izini azaltmaya yönelik bulguları vurgulamışlardır.

Literatürde su ayak izi için yapılan diğer çalışmalar

- Okutan ve diğerleri 2018-2019 akademik yılında Boğaziçi Üniversitesinde su ayak izini hem lisans hem de yüksek lisans öğrencileri arasında anket yaparak hesaplamıştır. Çalışmada öğrencilerin su kullanım alışkanlıklarını raporlamayı hedeflemişlerdir. Sonuç olarak yapılan ankete 394 kişi katılmış ve bir kişinin günlük su tüketim miktarının 6082 L olduğu sonucuna varmışlardır. Dünya ortalamasına bakıldığında bir

kişinin günlük ortalama tükettiği su miktarı 3794 L iken, Türkiye ortalamasında 4498 L'dir. Sonuç olarak, Boğaziçi Üniversitesinin su ayak izinin hem Dünya hem de Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu görmüşlerdir.

- Özyeğin Üniversitesi 2018-2022 yılları arasında Kurumsal su ayak izi raporunu ISO 14046 Su Ayak İzi standardına göre hazırlamıştır. Sonuç olarak Özyeğin Üniversitesi'nin yıllık kişi başına $18,9 \text{ m}^3$ / kişi (18900 litre) su tüketimi olduğunun sonucuna varılmıştır. Üniversite olarak çevresel duyarlılık ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda su kaynaklarının verimli bir şekilde yönetme konusunda çalışmalarını sürdürmektedirler.
- Mesutoğlu, 2024 yılında Konya Teknik Üniversitesinin su ayak izini Üniversite kapsamında anket uygulayarak hesaplamıştır. Çalışmada Üniversitedeki akademik ve İdari personelin su ayak izini ölçmeyi amaçlanmıştır. Sonuç olarak yapılan ankete 476 kişi katılmış ve kişi başına 1694 m^3 (1694000 litre) bulunmuştur. Üniversite olarak su ayak izi çalışmalarının hızla sürmesi ve su ayak izinin azaltılması adına önlemler alınacağı belirtilmiştir.
- Dursun, 2019 yılında Ardahan Yenisey Üniversitesinin su ayak izini anket yöntemini kullanarak hesaplamıştır. Çalışma Üniversitenin yıllık su ayak izi miktarını hesaplamayı amaçlamıştır. Yapılan ankete toplam 320 kişi katılım göstermiş ve kişi başına yıllık su tüketimi $1455,2 \text{ m}^3$ (1455200 Litre) olarak bulunmuştur. Sonuç olarak su tüketiminin büyük bir bölümünün gıda tüketim oranı dolayısıyla tarımsal sulamadan kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Kampüs bazında değerlendirildiğinde içme ve kullanma su miktarlarının tüketiminde su ayak izini azaltan çalışmalarda bulunacaklarını belirtmişlerdir.
- Sütürmak, 2020 yılında İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesinin su ayak izini anket yöntemini uygulayarak hesaplamıştır. Yapılan ankete 559 kişi katılmış ve kişi başına yıllık su tüketimi $1848,78 \text{ m}^3$ (1848780 Litre) olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak 2014 yılında Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1422 m^3 iken, Üniversite için hesaplanan değer Türkiye ortalamasının üstünde olduğu belirtilmiştir. Üniversite olarak su ayak izini azaltma konusunda çalışmalarda bulunacaklarını ifade etmişlerdir.
- Zengin ve Yalın 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada Kastamonu Üniversitesinin karbon ve su ayak izini üniversite yemekhanesi üzerinden bir aylık menüleri değerlendirerek hesaplamışlardır. Değerlendirme yapılırken Garzillo ve diğerleri 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada kullandıkları hazırlıksız ve çiğ olarak sunulmuş besinlerin değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, kırmızı et içeren yemek gruplarının

bitkisel kaynaklı yemek gruplarına göre daha fazla suya ihtiyacı olduğu dolayısıyla su ayak izinin daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir.

Su ayak izini yaşam döngüsü analizi kapsamında değerlendirme yapan yazılım programlarında hesaplamak anket yöntemi olarak hesaplamaktan daha avantajlıdır. Yazılım programlarına ilgili birimin ya da yerin faturalandırılmış rakamsal değeri olan verileri işlenerek işlem yapılırken, anket usulünde ilgili birimde ya da yerde çalışan veya yerleşik yaşayan bireylerin alışkanlıkları üzerine verdikleri beyanlar değerlendirilmektedir. Bu nedenle yazılım programlarına sunulan veriler beyan usulünden daha fazla gerçekleri yansıtacağından dolayı yazılım programları güvenilir bilgiye ulaşma açısından daha avantajlı ve kullanışlıdır.

Ayrıca Türkiye'deki üniversitelerin su ayak izi hesaplanarak mevcut su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltacak sürdürülebilir uygulamalar hayata geçirilebilir. Bunlar, halihazırda su kıtlığı yaşayan geniş bölgelerde mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi zorunlu hale getirilirken, ekonomik büyümenin sağlanması için de turizm dahil farklı sektörlerde gelecekteki su talebinin arzla karşılanmasının sağlanması gerekmektedir. Tarım sektörü tatlı suyu en çok kullanan sektör olduğundan iklim değişikliği ve artan gıda ihtiyaçları karşısında sulamanın rolünün artacağı öngörülmektedir. Verimli su kaynakları yönetimini sağlamak amacıyla sulama suyu ihtiyaçlarına yönelik modellerin geliştirilmesi de su ayak izi hesabında özellikle önem teşkil etmektedir.

5.1. Türkiye'de Belediyelerin Su Ayak İzi Ortalaması ile Üniversitelerin Su Ayak İzi Verilerinin Karşılaştırılması

Üniversiteler kapsamında hesaplanan su ayak izi çalışmaları Çizelge 5.3'te özetlenmiş şekilde verilmiştir. Simapro 9.5 yazılımı, istatistiksel model, ISO:14046 standartları ve literatürde yer alan Garzillo ve diğerleri 2019 yılında gıdaların su içeriklerine göre yapmış oldukları çalışmaların verilerine göre hesaplanan su ayak izi miktarları anket yöntemine göre hesaplanan miktarlara göre farklılık göstermektedir. Ayrıca üniversitenin büyüklüğüne ve su ayak izi hesaplanılmak istenilen alanın kişi sayına bağlı olarak su tüketimlerinin dolayısıyla su ayak izlerinin miktarı değişkenlik göstermektedir.

Boyacıoğlu tarafından 2018 yılında yapılan bir başka çalışmada Türkiye'deki belediyelerin ortalama su tüketimlerinin mavi su ayak izini belirlemiştir. Hesaplar yapılırken ortalama

değerler üzerinden modelleme yapılmıştır. Sonuç olarak Türkiye’de belediyelerin ortalama su ayak izi 140 L/yıl olarak bulunmuştur. Bu rakam bazı şehirlerde 300 L/ yıla kadar artış göstermektedir. Evsel su ayak izi hesaplandığında yaklaşık 100 L/gün olarak bulunmuş, ülkemizin kuzeybatı ve güneydoğusundaki şehirlerin diğer bölgelere göre daha düşük tüketim değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Ülkemiz genelinde endüstriyel faaliyetler için günde ortalama 10 litre su tüketimi olduğu hesaplanmıştır. Bu değerın kullanılan sanayi kuruluşuna ve bulunduğu bölgeye göre değişiklik gösterdiği vurgulanmıştır. Kurumsal olarak kamu su ayak izi hesaplandığında ise günde ortalama 30 Litre su tüketimi olduğu gözlenmiş ve en uç değerin Türkiye’nin doğu kesimlerinde olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak su tüketiminde önemli farkındalıklara ihtiyacımız olduğu vurgulanmıştır.

Üniversitelerde hesaplanan su ayak izi miktarları ile Türkiye’deki Belediyeler için yapılan su ayak izi hesabı karşılaştırıldığında, anket yöntemiyle hesaplanan üniversitelerde su ayak izi miktarının ISO:14046 standartları, simapro yazılımı, istatistiksel yöntem ve gıdaların belirli su içeriğini gösteren katsayılara göre yapılmış çalışmalardan daha yüksek oranda olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin anket yönteminin kişilerin beyanına dayalı bir sistem olduğu, diğer yöntemlerin ise üniversitelerden ve ilgili kurumlardan alınan faturalandırılmış veriler doğrultusunda yapılmış olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile çok sağlıklı bir karşılaştırma yapılamamıştır.

Bu çalışmada Gazi Üniversitesi’nin Beşevler kampüsünden 2021 ve 2022 yıllarına ait elde edilen kısıtlı verilerle öğrencilerin, akademik ve idari personelin su ayak izi hesabı simapro yazılımında Hoekstra yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 5.3’te Gazi Üniversitesi için sırasıyla 2021 ve 2022 yılları için hesaplanan su ayak izi miktarlarının litre cinsinden 13,2 L ve 9,9 L değerleri ile diğer üniversitelerde yapılan çalışmalar ve Türkiyede’ki Belediyelerin su ayak izi çalışmalarının sonuçları bulunmaktadır (Şencan ve diğerleri, 2024).

Çizelge 5.3. Diğer üniversitelerin su ayak izi hesapları

ÇALIŞMANIN YERİ	ÇALIŞMANIN YILI (1 akademik yıl)	YÖNTEMİ	SONUÇ (Yıllık kişi başı olarak hesaplanmıştır)
Boğaziçi Üniversitesi	2018-2019	Anket	6082 L
Özyeğin Üniversitesi	2022	ISO 14046	18,9 L
Konya Teknik Üniversitesi	2024	Anket	3558,8 L
Ardahan Yenisey Üniversitesi	2019	Anket	4547,5 L
İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi	2018-2019	Anket	3307,2 L
Kastamonu Üniversitesi	2023	Yemekhanede çıkan yemeklerin üzerinden	-
Gazi Üniversitesi	2021-2022	Hoekstra yöntemi	13,2 L – 9,9 L
Türkiye’deki Belediyelerin Su Ayak İzi	2014	İstatistiksel Model (Faktör analizi ve Mann Kendal Testi)	140 L/ yıl- 300 L/ yıl (Hesaplanan iller arasında en az ve en çokbulunan değerler ifade edilmiştir)

6. ÖNERİLER

Karbon ayak izi hesaplanırken üniversite bünyesinde kullanılan kaynakların sürdürülebilir kullanımına ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede yapılması gerekenlere dikkat edilmelidir. Böylece üniversitelerin ve kurumların üzerine düşen sorumluluklar açıklanmakta ve karbon ayak izini düşürebilecek öneriler sunulmaktadır. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsünün karbon ayak izini azaltmak için sunulan öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

- Rektörlüğe ait araç filosunda uygun olan araçlar tam veya hibrit olan elektrikli araçlar ile, otobüsler enerji verimliliği daha yüksek olan modellerle ile değiştirilebilir.
- İdari/Akademik personelleri ve öğrencileri toplu taşıma ile ulaşım teışvik etmek karbon ayak izinin dolaylı yoldan azaltılmasını sağlayacaktır.
- Elektrik tüketimine dikkat edilerek kullanılmayan durumlarda elektrik enerjisi harcayan tüm sistemler kapatılabilir, yenilenebilir enerji kaynakları için bütçe ayrılarak elektrik tüketimi bunlardan karşılanarak ithal edilen elektriğin önüne geçilebilir ve sensörlü aydınlatma cihazları kullanılarak elektrik tüketiminde tasarruf elde edilebilir.
- Üniversitede öğrencilere ve tüm akademik/ıdari personellere iklim değişikliği, çevre, sera gazı emisyonları ve ekosistem konularında bilinçlendirme ve eğitim çalışmaları yapılarak karbon salınımı miktarında düşüş sağlanabilir.
- Üniversite içerisinde yer alan bütün elektrik sistemleri tüketim gücü daha düşük olan sistemler ile değiştirilebilir.
- Üniversite bünyesinde kullanılan ulaşım araçlarının, mekanik-elektronik sistem ve eşyaların periyodik olarak onarım ve bakımlarının yaptırılması da sera gazı emisyonlarının salınım miktarında azalma gösterecektir.
- Üniversite bünyesinde kullanılan tüm elektrikli cihazların enerji tasarruf modlarının etkinleştirilmesi, enerji kullanımının izlenmesi ve verimliliğinin incelenmesi sera gazı emisyonlarını azaltmaya yardımcı olacaktır.
- Kampüs genelinde bulunan aydınlatma sistemleri güneş enerji panelleri ile desteklenebilir.
- Üniversite yerleşkesinde bulunan yapım tarihi eski olan binalarda ısı yalıtım çalışmaları (mantoloma) yapılmalıdır.

- Kampüste yer alan binaların pencerelerinde soğuk hava girişine izin vermeyecek biçimde tadilat yapılmalıdır. Ayrıca binaların tüm giriş-çıkış kapılarında çift kapı sistemi tercih edilerek ısı kaybı minimuma indirilmelidir.

Yukarıda sıralanan öneriler karbon ayak izini düşürmede alınabilecek başlıca tedbirlerdir. Karbon ayak izini azaltmada en kalıcı yöntem karbon emisyonlarının salınımını minimum seviyeye indirecek teknolojilerin geliştirip günlük yaşamda kullanılması olacaktır.

Belirtilen tedbirler karbon ayak izini bir miktar düşürse de sürdürülebilirlik açısından bakıldığında yeterli olmayabilir. Bu nedenle daha büyük çaplı diğer alternatif yöntemlere başvurulabilir. Bu yöntemlere örnek olarak karbonun karbon rezervuarlarında tutulması, karbon ihracatı ve yeni karbon yutak alanlarının belirlenip kurulması verilebilir. Bilim ve teknoloji bu konuda ilerleme kaydettikçe daha farklı, ekonomik ve uygulanabilirliği kolay olan çözüm yolları da gelişecektir.

Sonuç olarak, Türkiye'deki kampüslerin su ayak izi hesaplanarak su kaynakları üzerindeki etkinin azaltılmasına yönelik uygulamalar hayata geçirilebilir. Örneğin, su tasarrufu sağlayan teknolojilerin uygulanması, yağmur suyu ve peyzajda verimli su kullanımını içerebilir. Kampüsler bu adımları atarak Türkiye'deki su kaynaklarının genel olarak sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunabilir, acil su kıtlığının giderilmesine yardımcı olabilir ve ülke için daha sürdürülebilir bir gelecek sağlayabilir. Bu kapsamda Türkiye'deki kampüslerin su ayak izinin hesaplanmasının, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından hayati önem taşıdığı ve kurumlar içindeki davranış ve tutumları potansiyel olarak etkilemede önem arz ettiği söylenebilir. Buna ifadeye göre her Üniversitenin kendi kampüsündeki şartlar göz önünde tutularak su ayak izini azaltması için alabileceği önlemler üzerinde çalışılmalıdır.

Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsünün su ayak izini azaltmak için alınabilecek diğer önlemler ise aşağıda sıralanmıştır.

- Kampüs genelinde muslukların kullanımı bittikten sonra sızıntı olmayacak şekilde dikkatlice kapatılmalıdır.
- Kampüsün tamamında su tesisatından kaynaklı su kayıp kaçaklarının tespit edilip dikkatlice onarılması gerekmektedir.

- Bahçe sulama tekniklerinde sulama sistemlerinin daha az su kullanacak yeni teknoloji çözümleri ile hareket edilmelidir.
- Kampüs genelinde çalışan personel ve öğrencilere suyun verimli ve tasarruflu kullanımını öğretecek bilinçlendirici eğitimler verilmelidir. Bu kapsamda projeler başlatılmalı ve yeşil kampüs olma yolunda ilerlenmelidir.

Yağmur suları ayrıca toplanarak sulama suyu olarak kullanımı sağlanabilir. Böylece sürdürülebilir su uygulamaları ile niversite genelinde verimli su kullanımını teşvik etmek etmek için umut verici bir yaklaşım olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adams, W. M. (2001). *Green development: Environment and sustainability in the third world*. London: Routledge, 78-82.
- Adeniran, A. E., Nubi, A. T., Adelopo, A. O. (2017). Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Management*, 67, 3-10.
- Alshuwaikhat, H. M., Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: Assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777-1785.
- Amaral, A. R., Rodriguez, E., Gaspar, A. and Gomes, A. (2019). A review of empirical data of sustainability initiatives in university campus operations. *Journal of Cleaner Production*, 119558.
- Amr, A. I., Kamel, S., Gohary, G. E. and Hamhaber, J. (2016). Water as an ecological factor for a sustainable campus landscape. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 181-193.
- Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R. and Buadit, T. (2013). Carbon footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand. *APCBEE Procedia*, 5, 175-180.
- Atabey, T. (2013). *Karbon ayak izinin hesaplanması: Diyarbakır örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 78-93.
- Avcioğlu, A. (2020). *Üzüm suyu konsantresi üretiminde yaşam döngüsü değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 66-77.
- Bahçelioğlu, E., Buğdaycı, E. S., Doğan, N. B., Şimşek, N., Kaya, S. Ö. and Alp, E. (2020). Integrated solid waste management strategy of a large campus: A comprehensive study on METU campus, Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121715.
- Baird, C. (1999). The greenhouse effect and global warming. *Environmental Chemistry Part IV*, 173-213.
- Başoğlu, Y. (2018). Akademisyen ve idari personelin ekolojik ve karbon ayak izinin belirlenmesi: Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 464-470.
- Benilay, A., Gezer, N. B. (2019). Üniversite yerleşkeleri için çevresel sürdürülebilirlik dizinleri: Akdeniz Üniversitesi örneği. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2, 40-49.
- Binboğa, G., Aylin, Ü. (2018). Sürdürülebilirlik ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izinin hesaplanmasına yönelik bir araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 21, 187-202.

- Boardman, M., Woy-Hazleton, S., McCollum, D., Ford, C., Lehmann, A., Liu, S. and Wunderly, K. S. M. (2009). *The carbon footprint of Miami University*, Oxford, Ohio, USA, 78-93.
- Boyacıoğlu, H. (2018). Internal (blue) water footprint of municipal consumption: A case study for Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 403.
- Bui, T. D., Tsai, F. M., Tseng, M.-L. and Ali, M. H. (2020). Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy Delphi method. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104625.
- Clabeaux, R., Carbajales-Dale, M., Ladner, D. and Walker, T. (2020). Assessing the carbon footprint of a university campus using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122600.
- Coker, A. O., Achi, C. G., Sridhar, M. K. C. and Donnet, C. J. (2016). Solid waste management practices at a private institution of higher learning in Nigeria. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 28-39.
- Curran, M. A. (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice*. EPA/600/R-06/060. Scientific Applications International Corporation (SAIC), National Risk Management Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 1-12.
- Curran, M. A. (2013). Life cycle assessment: A review of the methodology and its application to sustainability. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2, 273-277.
- Çakmanus, İ., Kaş, İ., Künar, A. and Gülbeden, A. (2010). Yüksek performanslı sürdürülebilir binalara ilişkin bir değerlendirme. *Yeşil Bina Dergisi*, 3(4), 461-462.
- Çamur, C. (2010). *Isı yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemiyle çevresel etkilerinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 32-48.
- Çerçi, M. (2021). *IPCC Tier 1 ve DEFRA metotları ile karbon ayak izinin belirlenmesi: Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan, 122-136.
- Çevirgen, M. S. (2009). *İstanbul'da denizyolu ulaşımının sera gazı emisyonlarına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 26-45.
- Çolak, G., Türkmen, A. B. (2023). Kurumsal karbon ayak izi analizi: Bir kimya fabrikası için örnek hesaplama. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(1), 191-201.
- Dagiliute, R., Liobikiene, G. (2015). University contributions to environmental sustainability: Challenges and opportunities from the Lithuanian case. *Journal of Cleaner Production*, 108, Part A, 891-899.
- Demirbaş, F. (2018). *Geri kazanım tesisinde karbon ayak izinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 75-93.

- Devlet Planlama Teşkilatı (2000). Sekizinci beş yıllık kalkınma planı: iklim değişikliği özel ihtisas raporu, *DPT*, Ankara, 2532-548, 123.
- Doğancılı, S. O., Karaçar, E., Korkmaz, N. (2019). *Sinop Üniversitesi'nin karbon ayak izini ölçme üzerine bir araştırma*. 8th International Vocational Schools Symposium (UMYOS'19), Sinop, 26-48.
- Dursun, N. (2019). Ardahan Üniversitesi Yenisey Kampüsü'nde görev yapan personel ve öğrenim gören öğrencilerin su ayak izinin belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3, 1526-1536.
- Environmental Protection Agency (2002). Greenhouse gases and global warming potential values. The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000, *EPA*, New York, 4-9.
- EPA. (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice*. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC: EPA/600/R-06/060.
- Faghihi, V., Hessami, A. R., Ford, D. N. (2015). Sustainable campus improvement program design using energy efficiency and conservation. *Journal of Cleaner Production*, 107, 400-409.
- Fereres, E., Villalobos, F. J., Orgaz, F., Minguez, M. I., Van Halsema, G. and Perry, C. J. (2017). On the water footprint as an indicator of water use in food production. *Irrigation Science*, 35(2), 83-85.
- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N. and Wintrip. (2021). The carbon footprint of a UK university during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 756, 143964.
- Gallardo, A., Edo-Alcon, N., Carlos, M. and Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composting as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*, 53, 3-11.
- Ge, L., Xie, G., Li, S. (2016). The analysis of water footprint of production and water stress in China. *Journal of Resources and Ecology*, 7(5), 334-340.
- Goodland, R., Daly, H. (1996). Environmental sustainability: Universal and non-negotiable. *Ecological Applications*, 6(4), 1002-1017.
- Gökçek, B. Ö., Bozdağ, A., Demirbağ, H. (2019). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi örneğinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 721-730.
- Greening Universities Toolkit. (2013). *Transforming universities into green and sustainable campuses: A toolkit for implementers*. United Nations Environment Programme, 12-28.
- Gül, B. (2019). *Sürdürülebilir sıfır atık yönetimi için eğitim alanlarında katı atık oluşumu ve karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 98-103.

- Güller, S. (2018). *Muğla evsel atıksu arıtma tesisi karbon ayak izinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 45-62.
- Günerhan, S., Günerhan, H. (2019). Türkiye için sürdürülebilir üniversite modeli. *Mühendis ve Makina*, 57(682), 54-62.
- Gürsoy, F. B. (2023). *Erciyes Üniversitesi Kampüsünde karbon ayak izinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 78-93.
- Hoekstra, A. Y. (2003). *Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*. Delft, The Netherlands: Value of Water Research Report Series, No: 12.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2007). The water footprint of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, 64(1), 143-151.
- Houghton, J. T. (2002). *Physics of atmospheres*. Cambridge University Press, UK, 340.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (2006). Energy, Volumes 1 and 2, IPCC, New York, 48-62.
- IPCC. (2007). Method. Impact Assessment Methods, IPCC, New York, 78-103.
- ISO. (2014). *Environmental management—Water footprint—Principles, requirements and guidelines*. ISO 14046:2014, ISO, Geneva, Switzerland.
- İnternet: Anahtar, (2012). Dünyada ve Türkiye'de sürdürülebilir kampüs uygulamaları. Web: <http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/dunyada-ve-turkiyede-surdurulebilirkampusuygulamaları/53>, Son Erişim Tarihi: 24/10/2024.
- İnternet: ASKİ, 2024, Web: www.aski.gov.tr, Son Erişim tarihi: 24/10/2024.
- İnternet: Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı Stockholm Deklarasyonu. Web: https://www.suvecevre.com/yayin/1085/1972-stockholm-insan-ve-cevre-konferansi_30630.html, Son Erişim Tarihi: 26/08/2024.
- İnternet: CSB, Web: www.csb.gov.tr; Son Erişim Tarihi: 25/01/2024.
- İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB). (2019). *Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023*. Ankara, Web: <https://cygm.csb.gov.tr/ulusal-atik-yonetimi-ve-eylem-planı-2016-2023-hazirlandi.-haber-221234>, Son Erişim Tarihi: 12/08/2024.
- İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021, Web: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>, Son Erişim tarihi:24/10/2024.
- İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2022, Web: <https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/yillikiklim/2022-iklim-raporu.pdf>, Son Erişim tarihi:24/10/2024.

- İnternet: EPA, (1998). *Natural Gas Combustion*. Web: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>, Son Erişim tarihi:24/10/2024.
- İnternet: EPA, (2017). What is Sustainability, Web: <https://www.epa.gov/sustainability/learn-about-sustainability#what>, Son Erişim tarihi:24/10/2024.
- İnternet: Eşkin, Ö. P. (2019). Sürdürülebilirlik nedir?. Web: <https://ekolojist.net/surdurulebilirlik-nedir/>. Son Erişim Tarihi: 02/11/2024.
- İnternet: Gazi Üniversitesi, Web: <https://gazi.edu.tr/view/page/75389/merkez-yerleske-rektorluk-yerleskesi>. Son Erişim tarihi:14/10/2024.
- İnternet: GHG, (2018). *Sera Gazı Protokolü ve Hesaplama Araçları*. Web: <https://ghgprotocol.org/>. Son Erişim tarihi:24/10/2024.
- İnternet: IPCC, 2006. The Intergovernmental Panel On Climate Change. Web: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Son Erişim tarihi:24/10/2024.
- İnternet: Kyoto Protokolü - İklim Değişikliği Başkanlığı, Web: <https://iklim.gov.tr/> Erişim Son Erişim tarihi:03/11/2024.
- İnternet: Mesutoğlu, Ç. Ö. (2024). Quantifying water footprint: A study on the academic and administrative personnel at Konya Technical University. *Research Square*, Web: <https://www.researchsquare.com/article/rs-4480336/v1>, Son Erişim Tarihi: 26/06/2024.
- İnternet: Özyeğin Üniversitesi. (2023). Su ayak izi envanteri, Web: https://www.ozyegin.edu.tr/sites/default/files/upload/HSE/ozyegin_universitesi_iso_14046_kurumsal_su_ayak_izi_raporu2023.pdf, Son Erişim Tarihi: 26/06/2024.
- İnternet: Ritchie H., Roser M., Rosado P. (2020). Co₂ and greenhouse gas emissions, our world in data, Web: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. Son Erişim Tarihi: 04/10/2023.
- İnternet: SISAV, (2017). Yangın söndürme cihazları testleri ve dolumu ile ilgili bilgiler. Web: <http://www.sisav.com.tr/>, Son Erişim Tarihi: 04/03/2019
- İnternet: TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi. (2017). Karbon ayakizi raporu, Web: <https://www.etu.edu.tr/files/dosyalar/2019/01/24/5812ad20bee7563209da3168cfd9c1da.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26/03/2024.
- İnternet: Water Footprint Network. (2012). Web: <https://waterfootprint.org>, Son Erişim Tarihi: 22/06/2024.
- İnternet: WWF. (2014). Türkiye'nin su ayak izi raporu: Su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi, Web: <https://www.wwf.org.tr/?2720/trkiyeninsuayakiziraporu>, Son Erişim Tarihi: 26/03/2024.

- İşler, A. (2012). *Aspir yağı etil esteri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 78-102.
- Kalaycı, E., Öktem, M. K., Mutdoğan, A. S. (Eds.). (2020). *Sosyal hizmet perspektifi ile sürdürülebilir kalkınmayı düşünmek: Yeşil kampüsler örneği*. Yeşil Kampüs Kapsam Uygulama Yönetim. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 127-146.
- Karakaya, H. (2022). *Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsü kurumsal karbon ayak izi hesaplaması ve değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 102-105.
- Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M. and Pongrácz, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu. *Journal of Environmental Management*, 329, 117056.
- Kiraz, M., Alp, E. (2017). Orta Doğu Teknik Üniversitesinde su-enerji bağı: Zorluklar ve imkanlar. *Çevre Bilim ve Teknoloji Teknik Dergisi*, 2(2), 82-96.
- Koç, H. (2014). *Environmental sustainability of university campuses: A practical assessment tool*. Master Thesis, Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, 38-52.
- Koçer, A., Yaka, F., Güngör, A. (2015). Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu karbon ayak izinin belirlenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12, 37-45.
- Korkmaz, E. (2021). *Uzaktan algılama tekniklerinin tarımsal üretimdeki su ayak izinin hesaplanmasında kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, 65-78.
- Köksal, Ö. (2022). *Üniversite kampüslerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi: Ondokuz Mayıs Üniversitesi örneği*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun, 106-122.
- Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M. ve Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: Makü Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 6(1), 108-117.
- Kurdoğlu, B., Yurdakul, N. M., Bayramoğlu, M. (2018). Investigation of green campus approach with a special evaluation method. *Social Sciences Studies Journal*, 4(19), 2064-2071.
- Kurnuç, S. A., Çerçi, M. (2022). IPCC Tier 1 ve DEFRA metotları ile karbon ayak izinin belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin yakıt ve elektrik tüketimi örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 386-397.
- Lauder, A., Sari, R. F., Suwartha, N. and Tjahjono, G. (2015). Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric. *Journal of Cleaner Production*, 108, 852-863.

- Long, H., Lin, B., Ou, Y. and Chen, Q. (2019). Spatio-temporal analysis of driving factors of water resources consumption in China. *Science of the Total Environment*, 690, 1321-1330.
- Lozano, R. (2006). A tool for a graphical assessment of sustainability in universities (GASU). *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 963-972.
- Ma, B., Bashir, F. M., Peng, X., Strielkowski, W. and Kirikkaleli, D. (2023). Analyzing research trends of universities' carbon footprint: An integrated review. *Gondwana Research*, 121, 259-275.
- Marans, R. W., Edelstein, J. Y. (2010). The human dimension of energy conservation and sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(1), 6-18.
- Melody, B. J., Mehrvar, M. (2019). An assessment of the grey water footprint of winery wastewater in the Niagata region of Ontario, Canada. *Journal of Cleaner Production*, 214(3), 623-632.
- Morera, S., Corominas, L., Poch, M., Aldaya, M. M. and Comas, J. (2016). Water footprint assessment in wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 112(5), 4741-4748.
- Mucan, B., Kayabaşı, A., Madran, C. (2016). Yöneticilerde sürdürülebilirlik algısı ve firma uygulamalarına yönelik değerlendirme. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12, 48-52.
- Muluk, B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G. ve Zeydanlı, U. (2013). *Türkiye'de suyun durumu ve su yönetimine yeni yaklaşımlar: Çevresel perspektif*. Ankara: Golden Medya Matbaacılık ve Ticaret A.Ş., Doğa Koruma Merkezi, 1-13.
- Mutdoğan, A. S., Öktem, M. K., Mutdoğan, A. S. (Eds.). (2020). *Yeşil yerleşkelerde sertifika sistemleri*. Yeşil Kampüs Kapsam Uygulama Yönetim. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 31-49.
- Nebel, B. (2006). White paper-life cycle assessment and the building and construction industry. Beacon Pathway Limited, Auckland, 5-9.
- Okutan, P., Akkoyunlu, A. (2021). Identification of water use behavior and calculation of water footprint: a case study. *Applied Water Science*, 11, 1-13.
- Osmond, P., Dave, M., Prasad, D. and Li, F. (2013). *Greening universities toolkit: Transforming universities into green and sustainable campuses: A toolkit for implementers*. 978-92-807-3345-7.
- Ozbilen, A., Dincer, I., Rosen, M. A. (2011). A comparative life cycle analysis of hydrogen production via thermochemical water splitting using a Cu-Cl cycle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(17), 11321-11327.

- Özcan, C. B. (2024). *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsünün karbon ayak izinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 26-38.
- Özçelik, G. (2017). *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsünün enerji ve karbon ayak izi açısından değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, 52-63.
- Özlem, B. (2013). *Seçilen bir kâğıt fabrikasında karbon ayak izi belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 76-85.
- Paulsen, J. (2001). *Life cycle assessment for building products: The significance of the usage phase*. Master Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 23-35.
- Pekin, M. A. (2006). *Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 102-126.
- Phillips, P. S., Tudor, T., Bird, H. (2011). A critical review of a key waste strategy initiative in England: Zero Waste Places Projects 2008–2009. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 335-343.
- Porras, I. M. (2009). The city and international law: In pursuit of sustainable development. *Fordham Urban Law Journal*, 36(3), 537, 541.
- Ranganatham, J. (2004). *A corporate accounting and reporting standard*. World Resources Institute, Washington, DC, USA.
- Ricardo, L. V., Andre, M. N., Bruno, T. L. X., Mikaela, L. P. B. and Paulo, S. S. (2019). Assessment of the gray water footprint of the pesticide mixture in a soil cultivated with sugarcane in the northern area of the state of Pernambuco, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 234(10), 925-932.
- Rodrigunes, D. B., Gupta, H. V., Menciondo, E. M. (2014). A blue/green water-based accounting framework for assessment of water security. *Water Resources Research*, 50(9), 7187-7205.
- Rosegrant, M. W., Cai, X., Cline, S. (2003). Will the world run dry? *Environment*, 45, 24–36.
- Rüşen, S., Topçu, M., Karanfil Celep, G., Çeltek, S. ve Rüşen, A. (2018). Üniversite kampüs binaları için enerji etüdü: Örnek çalışma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 83-92.
- Savanick, S. (2004). *Campus ecology: Bridging the gap between campus sustainability efforts and urban ecology*. Master Thesis, University of Minnesota, Minnesota, 75-93.
- Sıleybi, L. (2023). *Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü karbon ayak izinin hesaplanması*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 104-136.

- Siegenthaler, C. P., Braunschweig, A., Oeterli, G. and Furter, S. (2005). *LCA software guide 2005 market overview: Software portraits*. Zurich, İsviçre, 26-38.
- Singh, S., Ramakrishna, S., Gupta, M. K. (2017). Towards zero waste manufacturing: A multidisciplinary review. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1230-1243.
- Smyth, D. P., Fredeen, A. L., Booth, A. L. (2010). Reducing solid waste in higher education: The first step towards ‘greening’ a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 1007-1016.
- Sreng, R., Gümrükçüoğlu, Y. M. (2017). Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü 2015 yılı karbon ayak izi çalışması. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5), 1-1.
- Sustainable Waste Management at Higher Education Institutions*. *Waste Management*, 31(7), 1606-1316.
- Suwartha, N., Sari, F. R. (2013). Evaluating UI GreenMetric as a tool to support green universities development: Assessment of the year 2011 ranking. *Journal of Cleaner Production*, 61, 46-53.
- Sütürmak, T. (2020). *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü su ayak izi profili*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 202-206.
- Şencan, A., Işıldar, G. A., Günal, Ç. A. (2024). Üniversite kampüslerinde su ayak izi hesaplamasının önemi: Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü örneği. *Mühendislik Alanında Orijinal Araştırma ve Derlemeler*, Ankara: Platanus Yayınevi, 47-67.
- Tok, G. (2015). *Refrakter tuğla üretiminin yaşam döngüsü analizi ve yaşam döngüsü maliyeti yöntemleriyle değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 185-193.
- Topçu, L. (2008). *Toplu taşımacılık sistemlerin sera gazı emisyonlarına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 166-178.
- Tosun, G. (2023). *Enerji tüketiminin karbon ayak izindeki yeri: Giresun Üniversitesi örnek çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun, 65-78.
- Türkeş, M. (2000). *Küresel ısınma, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Kyoto Protokolü*. 6. Uluslararası Kojenerasyon ve Çevre Konferansı, İstanbul, 147-162.
- Ullah, I., Habiba, U., Din, I. and Hussain, M. (2020). Carbon footprint as an environmental sustainability indicator for a higher education institution. *International Journal of Global Warming*, 20(4), 45-63.
- Uzunçakmak, M. (2014). *Ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması*. Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ankara, 17-22.

- Üreden, A. (2019). *Sürdürülebilir yaşam için karbon ayak izi (Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği)*. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 26-35.
- Vaidya, B., Shrestha, S., Ghimire, A. (2021). Water footprint assessment of food-water-energy systems at Kathmandu University, Nepal. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100044.
- Varón-Hoyos, M., Osorio-Tejada, J., Morales-Pinzón, T. (2021). Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management*, 12(1), 93-107.
- Veetil, A. V., Mishra, A. K. (2016). Water security assessment using blue and green water footprint concepts. *Journal of Hydrology*, 542(11), 589-602.
- Velazquez, L., Munguia, N., Platt, A. and Taddei, J. (2006). Sustainable university: What can be the matter? *Journal of Cleaner Production*, 14(9-11), 810-819.
- Veleva, V., Bodkin, G., Todorova, S. (2017). The need for better measurement and employee engagement to advance a circular economy: Lessons from Biogen's "Zero Waste" journey. *Journal of Cleaner Production*, 154, 517-529.
- World Commission on Environment and Development (1987). Our common future. Brundtland Report, WCDE, New York, 12-36.
- WRI, WBCSD. (2004). *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard (revised edition)*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, Washington, DC.
- Yao, D., Xu, Z., Qi, H., Zhu, Z., Gao, J. and Wang, Y. (2022). Carbon footprint and water footprint analysis of generating synthetic natural gas from biomass. *Renewable Energy*, 186, 780-789.
- Yaşayacak, G. (2019). *Dünya üniversitelerinin çevreci yaklaşımları ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 112-125.
- Yavuz, A. B., Kara, O., Yanıktepe, B. (2023). Karbon ayak izi tespiti: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1523-1530.
- Yay, A., Suna, E. (2017). Yaşam döngüsü analizinin ambalaj atıklarının yönetiminde kullanılması. *Sakarya Üniversitesi Journal of Science*, 1008-1017.
- Yıldız, P., Öktem, M. K., Mutdoğan, A. S. (Eds.). (2020). *Üniversite yerleşkelerinde atık yönetimi ve sıfır atık yaklaşımı- İç mimarlık eğitimi ile olan etkileşimi*. Yeşil Kampüs Kapsam Uygulama Yönetim. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 72-89.
- Yılmaz, D. (2019). *Elektronik atık geri dönüşüm tesisinde yaşam döngüsü yönetimi: Karbon ayak izinin hesaplanması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 38-42.

- Yu, C., Maclaren, V. (1995). A comparison of two waste stream quantification and characterization methodologies. *Waste Management and Research*, 13(4), 343-361.
- Yuan, X., Zuo, J., Huisingh, D. (2013). Green universities in China-What matters? *Journal of Cleaner Production*, 61, 36-45.
- Yücel Işıldar, Y. (2015). Sürdürülebilir Kentler İçin Üniversite Yerleşkelerinin Rolü. *Yerel Politikalar*, (1), 26-103.
- Zaman, A. U. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 91, 12-25.
- Zaman, A. U., Lehmann, S. (2013). The Zero Waste Index: A performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. *Journal of Cleaner Production*, 50, 123-132.
- Zengin, H. F., Yalın, D. (2023). *Kastamonu Üniversitesi'nin yemekhanesinin menüsünün karbon ve su ayak izi bakımından incelenmesi*. 2. Uluslararası Geleneksel Gıdalar ve Sürdürülebilir Beslenme Sempozyumu, Mersin, 45-63.
- Zhang, N., Williams, I. D., Kemp, S. and Smith, N. F. (2011). Greening academia: Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions. *Waste Management*, 31(7), 1606-1616.



Gazili olmak ayrıcalıktır