GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Gazi

1926

BİYOLOJİ VE FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOMİMİKRİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLERİ

Burçin Çelik

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

BİYOLOJİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KASIM, 2024

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı : Burçin

Soyadı : Çelik

Bölümü : Biyoloji Eğitimi

İmza :

Teslim tarihi :

TEZİN

Türkçe Adı : Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikri İle İlgili Görüşleri

İngilizce Adı : Views of Biology and Science Teachers on Biomimicry

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı: Burçin Çelik

İmza:

JÜRİ ONAY SAYFASI

Burçin Çelik tarafından hazırlanan "Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikri İle İlgili Görüşleri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Gazi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL

(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi) …..……

Başkan: Doç. Dr. Ferhat KARAKAYA

(Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yozgat Bozok Üniversitesi) …..……

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Özlem TAŞDELEN

(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi) …..……

Tez Savunma Tarihi: 16.10.2024

Bu tezin Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Şaban ÇETİN

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü ……

TEŞEKKÜR

Kıymetli danışmanım Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL, sizin önderliğinizde yüksek lisans tez çalışmamı yürütmek ve bu yolu sizinle yürümek büyük bir ayrıcalıktı. Samimiyetiniz, bana olan güveniniz, hiçbir koşulda esirgemediğiniz desteğiniz, şefkatiniz tüm zorlukları kolay kıldı. Bu süreci sizinle tamamladığım için çok mutluyum. Yüksek lisans çalışmam boyunca verdiğiniz rehberlik, motivasyon ve öğretici yaklaşımınız için teşekkür ederim. Bu süreçte her zaman yanımda olan, karşılaştığım zorlukların üstesinden gelmemi sağlayan, deneyimlerini benimle paylaşmaktan hiç çekinmeyen Dr. Tuğba DEMİR hocama, güler yüzüyle ve bana olan güveniyle destekçim olan Prof. Dr. Ezgi GÜVEN YILDIRIM hocama teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın ortaya çıkmasında büyük katkıları olan, kıymetli vakitlerini bana ayıran ve yönelttiğim sorulara tüm içtenlikleriyle cevap veren öğretmenlerimize teşekkür ediyorum.

Attığım her adımda yanımda olan, bugünlere gelmeme sebep olan, emeklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem Sema ÇELİK ve babam Mehmet ÇELİK'e, her koşulda beni destekleyen, sevgisiyle sarıp sarmalayan, yol göstericim sevgili ablam Gülçin ÇELİK'e en büyük şansım oldukları için teşekkür ederim. Hayattaki en değerli varlığım olan sevgili aileme minnettarım. Sizin evladınız olduğum için gurur duyuyorum. İyi ki varsınız, iyi ki benim ailemsiniz.

İsimlerini sayamadığım, bu süreçte maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen, yorulduğumda destek olan, tökezlediğimde elimden tutup kaldıran dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

BİYOLOJİ VE FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOMİMİKRİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Burçin Çelik

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2024

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşlerinin belirlenmesidir. Araştırmanın amacına yönelik verileri elde etmek için nitel araştırma yöntemlerinden fenomenoloji deseni kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, Ankara ilinde Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı kamu kurumlarında biyoloji ve fen bilimleri öğretmenliği yapmakta olan 19 öğretmen oluşturmuştur. Çalışma grubunun tespitinde belli özellikleri karşılayan öğretmenlerle görüşmeler yapıldığından, ölçüt örneklem tercih edilmiştir. Çalışmada veri toplama aracı olarak, araştırmacı tarafından hazırlanan "Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikriye İlişkin Görüşleri" isimli yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Bu araştırmanın uygulama sürecinde gerçekleştirilen görüşmeler, yüz yüze ve online olarak yapılmıştır. Çalışmanın verileri, içerik analizi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar, öğretmenlerin biyomimikri kavramına hâkim olduklarını ancak bazı öğretmenlerin kavram karmaşası yaşadıklarını göstermiştir. Aynı zamanda bu araştırma, öğretmenlerin biyomimikriyi derslerinde çeşitli amaçlar için kullanıldıklarında derslere ve öğrencilere çok yönlü katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca öğretmenler, biyomimikrinin ders

kitaplarında, öğretim programlarında, basılı ve dijital kaynaklarda, öğretmen eğitimlerinde ve öğrenci atölyelerinde daha fazla yer almasına ilişkin önerilerde bulunmuşlardır.

Anahtar Kelimeler : Biyomimikri, biyomimetik, öğretmen, müfredat, fen eğitimi, biyoloji eğitimi, eğitim

Sayfa Adedi : xiv + 100

Danışman : Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL

VIEWS OF BIOLOGY AND SCIENCE TEACHERS ON BIOMIMICRY

(M.S. Thesis)

Burçin Çelik

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCE

November 2024

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the views of biology and science teachers regarding biomimicry. Phenomenology, one of the qualitative research methods, was used to obtain data for the purpose of the study. The study group consisted of 19 teachers who work as biology and science teachers in public institutions affiliated with the Ministry of National Education in Ankara. Criterion sampling was preferred in the selection of the study group since interviews were conducted with teachers who met certain criteria. A semi-structured interview form titled "Biology and Science Teachers' Views on Biomimicry Interview Form," prepared by the researcher, was used as the data collection tool in the study. The interviews conducted during the implementation process of this research were carried out both face-to-face and online. The data in this study was evaluated using the content analysis method. The results obtained in the study showed that teachers were familiar with the concept of biomimicry, but some teachers experienced conceptual confusion. At the same time, this study revealed that when teachers used biomimicry for various purposes in their lessons, it made multifaceted contributions to the lessons and students. In addition, teachers made suggestions for biomimicry to be included more in textbooks, curriculum, printed and digital resources, teacher trainings and student workshops.

Key Words : Biomimicry, biomimetics, teacher, curriculum, science education, biology education, education.

Page Number : xiv + 100

Supervisor : Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU ..... **İ**

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI ..... **İİ**

JÜRİ ONAY SAYFASI ..... **İİİ**

TEŞEKKÜR ..... **İV**

ÖZ ..... **V**

ABSTRACT ..... **Vİİ**

İÇİNDEKİLER ..... **İX**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **Xİİ**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **Xİİİ**

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... **XİV**

BÖLÜM I **1**

GİRİŞ **1**

1.1 Problem Cümlesi **3**

1.2. Alt Problemler **3**

1.3. Araştırmanın Amacı **3**

1.4. Araştırmanın Önemi **3**

1.5. Araştırmanın Varsayımları **6**

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları **6**

1.7. Tanımlar **7**

BÖLÜM II 8
KURAMSAL ÇERÇEVE 8
2.1. Biyomimikri Nedir? 8
2.2. Biyomimikri Çalışmalarının Tarihsel Serüveni 10
2.3. Günümüzde Kullanılan Bazı Biyomimikri Örnekleri 12
2.4. Tasarımda Biyomimikri 16
2.4.1. Tasarımda Bazı Biyomimikri Örnekleri 17
2.5. Biyomimikri ve Eğitim 22
2.5.1. Fen Eğitiminde Biyomimikri 24
2.6. İlgili Araştırmalar 26
2.6.1. Biyomimikri Alanında Farklı Disiplinlerde Yapılan Çalışmalar 26
2.6.2. Biyomimikri Alanında Eğitimde Yapılan Çalışmalar 28
BÖLÜM III 39
YÖNTEM 39
3.1 Araştırmanın Modeli 39
3.2. Araştırmanın Çalışma Grubu 39
3.3. Veri Toplama Aracı 41
3.4. Veri Toplama Süreci 44
3.5. Verilerin Analizi 45
BÖLÜM IV 47
BULGULAR VE YORUM 47
4.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular 47
4.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular 51
4.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular 54
4.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular 56

4.5. Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular **63**

4.6. Altıncı Alt Probleme İlişkin Bulgular **65**

BÖLÜM V **70**

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER **70**

5.1. Sonuç ve Tartışma **70**

5.1.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **71**

5.1.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **73**

5.1.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **75**

5.1.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **75**

5.1.5. Beşinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **77**

5.1.6. Altıncı Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma **79**

5.2. Öneriler **82**

KAYNAKLAR **84**

EKLER **95**

EK 1. Etik Kurul İzin Belgesi **96**

Ek 2. Millî Eğitim Müdürlüğü Araştırma İzni **97**

EK 3. Biyomimikri Görüşme Formu **98**

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. *Çalışma Grubunu Oluşturan Öğretmenlere İlişkin Betimsel İstatistikler* 40

Tablo 2. *Biyomimikri Hakkında Bilgi Edinme Yollarına İlişkin Bulgular*.....48

Tablo 3. *Biyomimikri Kavramının Tanımına İlişkin Bulgular*.....50

Tablo 4**.** *Biyomimikri Kullanılarak Yapılan Uygulamalara İlişkin Bulgular* 52

Tablo 5. *Biyomimikri Kavramının Kullanım Nedenlerine İlişkin Bulgular*.....55

Tablo 6**.** *Biyomimikrinin Biyoloji Öğretimine Sağladığı Katkılara İlişkin Bulgular*.....57

Tablo 7**.** *Biyomimikrinin Derslerde Kullanımının Sağladığı Katkılara İlişkin Bulgular* 59

Tablo 8**.** *Biyomimikrinin Derslerde Kullanımı Sırasında Karşılaşılan Zorluklara İlişkin Bulgular* 64

Tablo 9**.** *Biyomimikrinin Derslerde Kullanımına Yönelik Öneriler İlişkin Bulgular* 66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Leonardo Da Vinci, Ornihopterr. 10

Şekil 2. Leonardo Da Vinci, zırhlı tank 11

Şekil 3. Kristal Saray 11

Şekil 4. Penguen gözü 13

Şekil 5. Turuncu renkli gözlük 13

Şekil 6. Morfo kelebeği- Strüktürel renk 14

Şekil 7. Helikopter tasarımlarına ilham olan yusufçuk böceği 15

Şekil 8. Köpekbalığı derisi ve Sharklet Teknolojisi 15

Şekil 9. Nilüfer bitkisinden lotusan boya 16

Şekil 10. Kompas termit tepeciğinden ilham alınarak yapılan East Gate Merkezi 18

Şekil 11. Eden Projesi yerleşimi ve Jeodezik kubbeler 18

Şekil 12. Nemli Tropik Biyom'un iç görüntüsü ve sabun baloncukları. 19

Şekil 13. Biotic-Tech Gökdelen Şehir Projesi 20

Şekil 14. Namib Çöl Böceği 20

Şekil 15. Münih Olimpiyat Stadı ve örümcek ağı 21

Şekil 16. Şakayık ve Quizhong Stadyumu'nun çatı sistemi 22

Şekil 17. Qizhong Stadyumu 22

Şekil 18. Yüz yüze görüşme örneği 44

Şekil 19. Online görüşme örneği 45

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BİLSEM	Bilim ve Sanat Merkezi
ETFE	Etilen tetrafloroetilen
İHA	İnsansız Hava Aracı
MEB	Millî Eğitim Bakanlığı
STEM	Science, Technology, Engineer and Maths
TEKNOFEST	Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

BÖLÜM I

Bu bölümde araştırmanın problem durumuna, problem cümlesine, alt problemlere, araştırmanın amacına, araştırmanın önemine, araştırmanın sınırlılıklarına, araştırmanın varsayımlarına ve tanımlara yer verilmiştir.

GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından itibaren insanların korunmak, yaşamlarını sürdürmek ve mevcut yaşamlarını daha kolay hale getirmek için doğayı izlediği bilinmektedir. Geçmişten beri insanlar doğadan esinlenerek, hayatlarını kolaylaştıracak araç gereçleri içine alan pek çok tasarım gerçekleştirmiştir. Örneğin, Roma İmparatorluğu askerlerinin savaşta kullandığı araç gereçlerin doğadan esinlenerek yapıldığı varsayılmaktadır. Bu amaçla, Armadillo denilen bir hayvanın vücudunu saran dış kabuktan esinlenerek kendilerine ait bir savunma mekanizması tasarladıkları düşünülmektedir. Bu ve benzeri örneklerden yola çıkılarak, insanoğlunun biyomimikri kavramının ortaya atılmasından çok önceleri de doğada bulunan tasarımlardan yararlandıkları ve onları taklit ettikleri söylenebilir (Say & Yıldırım, 2021).

Benyus (2002) Biyomimikri kitabında, doğada bulunan bitki, hayvan, cansız ve canlı varlıkları inceleyip çalışma sistemlerini çıkartarak, bilim insanlarının özgün fikirler ortaya koymasında önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Doğa, geçmişten günümüze, bilim insanlarına ilham kaynağı olmaya devam etmektedir. Tarihsel süreçte Leonardo da Vinci, doğayı gözleyerek ilham alan önemli kişilerinden biridir. Leonardo da Vinci 15. yüzyılda, yarasaların ve kuşların uçmalarını incelemiş ve edindiği bilgiler ışığında uçan araçlar tasarlamıştır. Her ne kadar Leonardo da Vinci'nin bu tasarımlarını uygulamalı olarak test

etmediğine dair tartışmalar bulunsa da günümüz mucitlerine ilham kaynağı olduğu da yadsınamaz bir gerçektir (Marshall, 2009'dan aktaran Avcı, 2019).

İnsanlık; doğada hayatta kalmak, doğaya üstün gelebilmek ve yaşam standartlarını daha üst noktalara taşıyabilmek için teknolojiden faydalanmaktadır. Teknolojik gelişmelerin ortaya çıkmasında doğanın etkisi çok büyüktür. İnsanoğlunun doğadan esinlenmesi sonucunda Biyomimikri (Biyomimetik) kavramı ortaya atılmıştır (Yıldırım, 2019). Biyomimikri kavramı 1997 yılında ilk defa Janine Benyus tarafından kullanılmıştır. Bu kavram biyo ve mimikri olarak iki kelimenin birleşimiyle oluşmaktadır. Biyo kelimesi, hayat, doğa ya da yaşam anlamlarında kullanılırken, mimikri kelimesi, taklit anlamında kullanılmaktadır (Benyus, 1997; Yıldırım 2019). Birlikte kullanıldıklarında ise, doğanın kopyalanması, doğanın taklidi gibi bir anlam kazanmaktadır (Mahgoub & Alawad, 2014). Kenedy (2004), biyomimikri kavramını "doğadan esinlenen inovasyon" olarak tanımlamıştır. Biyomimikri terimi zaman içinde biyomimetik olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Biyomimikri (biyomimetik), doğada bir canlının renk, doku ya da işlevsel olarak kısmen veya tamamen taklit edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Kuday, 2009). Biyomimikri doğada bulunan sistemlerden faydalanılarak mevcut problemlere yeni çözüm yolları aramaya çalışmaktadır (Çakır, 2019). Doğanın işleyişinden yararlanmada başta biyoloji olmak üzere farklı disiplinleri bir araya getirerek bir köprü vazifesi gören biyomimikri, günümüzde bilim dünyasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Avcı, 2019; Shimomura, 2010).

Günümüz eğitim sisteminde, sorgulama ve problem çözme becerilerinin gelişiminin temel alındığı, süreç içerisinde inovatif öğrenme yöntemlerini kapsayan bir programa imkân tanınması önerilmektedir. Öğrenme ortamlarının ise, iş birliğine dayalı; projeler ve uygulamalarla öğrencilerin gerçek dünyayla bağlantılar kurarak öğrenmelerine olanak sağlamasının önemi üzerinde durulmaktadır (Avcı, 2019). Ayrıca öğretim programlarında 21. yüzyıl becerileri arasında yer alan fen okuryazarı ve girişimci bireyler yetiştirebilmek için öğretmenlerin doğanın kendisini bizzat anlamlandırabilen, doğadaki geniş işleyişi fark edebilen kişiler olması gerektiği ifade edilmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2018). Bunları yapacak kişiler ise öğretmenler olup öğretmenlerin biyomimikri konusunu bilmesi, biyomimikri uygulamalarını kullanması ve öğrencilerine de bu uygulamalar doğrultusunda çalışmalar yaptırması son derece önemlidir. Bu nedenle çalışmada biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.1 Problem Cümlesi

Bu çalışmada "Biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşleri nelerdir?" sorusuna yanıt aranacaktır. Bu problem cümlesinden hareketle aşağıda verilen alt problemler oluşturulmuştur.

1.2. Alt Problemler

1. Öğretmenlerin biyomimikri kavramına ilişkin ön bilgileri nasıldır?
2. Öğretmenler derslerinde biyomimikriyi nasıl kullanıyorlar?
3. Öğretmenler derslerinde biyomimikriyi neden kullanıyorlar?
4. Biyomimikri öğretmenlerin derslerine ne gibi katkılar sağlıyor?
5. Öğretmenler dersleri esnasında biyomimikriyi kullanırken ne gibi zorluklarla karşılaşıyorlar?
6. Öğretmenlerin biyomimikrinin derslerde kullanımına yönelik önerileri nelerdir?

1.3. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmada biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.4. Araştırmanın Önemi

Biyomimikri, fen eğitiminde öğrencilerin bilimsel ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştiren, doğa ile olan bağlarını güçlendiren ve sürdürülebilirlik bilinci oluşturan güçlü bir yaklaşımdır. Doğadan ilham alarak yapılan projeler, öğrencilerin aktif öğrenme süreçlerine katılımını artırarak, onların bilim ve teknolojiye olan ilgilerini pekiştirmektedir. Bu nedenle, öğretim programlarına biyomimikri temelli öğretim yaklaşımlarının entegre edilmesi, öğrencilerin kapsamlı bir eğitim deneyimi yaşamalarını sağlayacaktır.

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 yılında hazırlanan, Biyoloji Dersi Öğretim Programı içerinden yer alan programın özel amaçları bölümü incelendiğinde, öğrencilerin;

> 2. Biyoloji bilgisi ve uygulamalarını günlük hayatta kullanma becerisi kazanmaları,
>
> 5. Biyoloji dersinde edindikleri bilgi, beceri ve yeterlilikleri kullanarak yeni fikirler üretmeye ve özgün çalışmalar yapmaya istek duymaları,
>
> 7. Canlılardan esinlenerek geliştirilen teknolojilerin farkına varmaları ve benzer yenilikler yapmak için istekli olmaları amaçlanmaktadır.

ifadeleri yer almaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2018). Benzer şekilde programda yer alan kazanımlar incelendiğinde, "9.3.2.2. Canlıların biyolojik süreçlere, ekonomiye ve teknolojiye katkılarını örneklerle açıklar. Canlılardan esinlenilerek geliştirilen teknolojilere örnekler verir." kazanımı dikkat çekmektedir (MEB, 2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı incelendiğinde ise fen eğitimi programının temel amacının, günlük yaşam sorunlarını çözmede fen bilimlerine ilişkin bilgi ve becerilerini kullanabilen, bilim ve uygulamaları hakkında bilimsel bilgiye sahip, yaratıcı düşünerek bilinçli kararlar alabilen, inovatif düşünerek sorumlu eylemler gerçekleştirebilen fen ve bilim okuryazarı bireyler yetiştirmek olduğu görülmektedir (MEB, 2018). Öğretim programlarında yer alan amaç ve kazanımlara bakıldığında, ders kapsamında doğadan ve canlılardan öğrenilen bilgilerin günlük hayatla ilişkilendirilerek işlevsel hale getirilmesinin önemi üzerinde durulmaktadır. Biyomimikri süreci, canlıların özelliklerini öğrenme, inceleme ve bu özelliklerden ilham alarak çözümler üretmeyi içerdiğinden, ders ve proje kapsamına alınarak öğrencilere öğretilmesi önemli görülmektedir (Ergül, 2023).

Günümüzde eğitim ihtiyaçları, öğretim ve öğretmenlik kavramlarına yeni boyutlar kazandırmakta, öğrencilerin değişen gereksinimleri ve birey eğitimi konusundaki modern yaklaşımlar öğretmenlere yeni mesleki sorumluluklar yüklemektedir. Bu çerçevede, öğretmenlik, insan yaşamının tüm yönlerini kapsayan bir sorumluluğa sahip, yüksek düzeyde yetkinlik gerektiren bir meslek olarak değerlendirilmektedir. Bu anlayış doğrultusunda, öğretmenlerin sürekli olarak kendilerini geliştirmeye açık olmaları önemlidir. Öğretmenler, öğrencilerinin bir birey olarak değerli varlıklar olduklarının bilinciyle, onların analitik ve yaratıcı düşünme yetilerini destekleyici çalışmalar yapmalı ve kendi potansiyellerini açığa çıkarmalarına katkı sağlamalıdır (Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, 2017). Bu bağlamda gerek lisans eğitiminde gerekse mesleki gelişim sürecinde öğretmenlerin, öğrenme sorumluluğunu yaşam boyu sürdürecek bireyler olmalarını destekleyecek şekilde eğitim almaları desteklenmelidir (Ergül, 2023).

Fen eğitiminin hedefleri doğrultusunda biyomimikri, doğanın bir parçası olduklarının bilinciyle çevreye duyarlı dünya vatandaşları yetiştirmek için çeşitli disiplinleri bir araya getiren bir öğrenme çerçevesi sunmaktadır. Ayrıca biyomimikri, öğrencileri, çevrelerindeki doğal dünyayı takdir eden ve gezegeni sürdürülebilir bir şekilde şekillendirmek için olumlu katkı sağlayan bireyler olarak yetiştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu, doğa ve teknoloji gibi birbirinden bağımsız düşünülebilecek disiplinleri kapsayan disiplinler arası bir süreçtir. Biyomimikri, doğa ile tasarım ve teknoloji arasındaki ilişkiyi anlama konusunda yeni bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, dünya genelinde eğitim programlarında ve üniversitelerde kendine yer bulmaya başlamıştır (Çoban, 2019).

Biyomimikri, doğanın eşsiz fikirlerini inceleyen ve ilerleyen zamanlarda sorunları çözmek için bu fikirleri ve tasarımları taklit eden yeni bir kavramdır. Tasarımcıların, bir problemi çözmek için doğaya, ekosistemlere, özellikle organizmalara bakmaları ve tasarımsal çözümler üretmeleri biyomimikri felsefesini oluşturan en temel yaklaşımdır. Biyomimikrinin, doğanın 3,85 milyar yıllık evriminin bir sonucu olarak tasarımcılar için en etkili, en iyi ve garantili inovasyon kaynağı olduğu ve sorunlara çözümler üretmek için doğayı taklit ederek doğaya benzeme çabası olduğu savunulmaktadır (Pathak, 2019). Biyomimkride amaç, yalnızca şekilsel esinlenme değildir; o şekilleri oluşturan yapı ve fonksiyonları, çalışma biçimlerini, kuralları keşfedip bunların tasarım basamaklarına uyarlanabilmesidir (Karabetça, 2018).

Farklı sektörlerde ve farklı coğrafyalarda hayata geçirilmiş birçok biyomimikri örneği bulunmaktadır. Örneğin, dünyanın en hızlı trenleri arasında yer alan Shinkansen 500 Serisi, Japonya'da faaliyetlerine başladığında The Japan Railways şirketi öngöremediği bir sorunla karşı karşıya kalmıştır. Tren, dar tünellerden çıkarken önünde sıkışan hava serbest kalarak patlamaya benzer bir ses yaratmıştır. Şirketin başmühendisi aynı zamanda bir kuş gözlemcisi olan Eiji Nakatsu ve ekibi bu sorunu çözmek için yalıçapkını kuşunu incelemeye başlamışlar, kuşun gagası model alınarak yeniden tasarlanan tren ile problem çözüme kavuşurken %10'luk hız artışı ve %15'lik enerji tasarrufu sağlanmıştır (Arhon, 2017).

Enjektörlerin ucundaki iğneler tasarlanırken sivrisineklerden ilham alınmıştır. Sivrisinekler, hortum veya proboskis olarak adlandırılan iğne benzeri ağızlarıyla insanların kanlarını emerken bir can yakmasına sebep olmamaktadır. Sivrisinek tarafından sokulan insanların duydukları acının sebebi, sineklerin kanın pıhtılaşmasını engellemek amacıyla vücuda

akıttıkları sıvıdır. Proboskis, tırtıklı bir yapıya sahip olduğundan deriye girerken titreşir ve daha az kuvvet kullanılır. Proboskisin bu özelliği, iğne tasarımı için ilham kaynağı olmuştur. Derinin daha az kuvvet kullanılarak delinebilmesi için, iğne ucunun daha yumuşak hale getirilmesine yönelik çalışmalar Amerika'da sıkça görülen sivrisinek türünün proboskisi model alınarak devam etmektedir (Evans & Viana, 2022). Biyomimikri konusunda bu ve benzeri daha birçok örnek sıralanabilmektedir. Doğanın kendisi adeta bir kütüphane olup onu okumak, keşfetmek gerekmektedir. Biyoloji ve fen bilimleri doğanın kendisini konu edinen disiplinlerdir. Bu nedenle doğanın kendisini ilham alan ve doğada bulunan saklı cevherlerle tasarımlar yapılmasına, problemlere çözüm önerileri getirilmesine imkân sağlayan biyomimikri bilimine; başta öğretmenler olmak üzere hemen herkesin farkındalık kazanması önemlidir.

Alan yazını taraması yapıldığında çeşitli öğretim kademelerindeki öğrencilerle ve özellikle eğitim fakültelerinde öğrenim gören öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalara rastlanmaktadır (Çakır, 2019; Dilaver Türe, 2023; Kandemir, Değirmenci & Coşgun, 2022; Özdemir & Mirici, 2022; Yakışan & Velioğlu, 2019; Yıldırım, 2019). Buna karşın biyomimikri konusunda biyoloji ve fen bilimleri branşında görev yapan öğretmenlerle gerçekleştirilen çalışmalara rastlanılmadığı için bu araştırma biyoloji ve fen bilimleri öğretmenleriyle çalışmayı hedeflemiştir. Alan yazına bu anlamda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

1. Araştırmaya katılan bireylerin görüşme formundaki sorulara içtenlikle yanıt verdikleri kabul edilmiştir.
2. Katılımcıların araştırmaya gönüllü olarak katıldıkları varsayılmıştır.
3. Görüşme sorularının yönlendirici nitelikte olmadığı varsayılmıştır.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu çalışma 2023-2024 eğitim öğretim yılıyla sınırlıdır.
2. Bu çalışma Ankara ilinde görev yapan biyoloji ve fen bilimleri öğretmenleriyle sınırlıdır.

3. Bu çalışma kapsamıyla sınırlıdır.

1.7. Tanımlar

Biyomimikri (Biyomimetik): Yunanca hayat kelimesini karşılayan 'bios' ve taklit kelimesine karşılık gelen 'mimesis' kelimelerinden oluşarak, hayatı taklit etmek anlamına gelmektedir (Arslan Selçuk, 2009). İki kelimenin birleşimiyle oluşan biyomimikri, dünya üzerinde var olan canlı ve cansız varlıklardan esinlenilerek karşılaşılan problemleri çözmek amacıyla doğayı, onun sistemlerini, süreçlerini, modellerini inceleyerek kullanılması olarak tanımlanmıştır (Yakışan & Velioğlu, 2019).

İnovasyon: Latincede, "innovare" kelimesinden türetilmiştir. Kelime "yenilik" anlamına gelmektedir. Türk Dil Kurumu sözlüğünde inovasyon kelimesi "yenileşim" olarak ifade edilmiştir (Türk Dil Kurumu, 2011). Anlam bakımından, belirli ihtiyaçları karşılamak amacıyla üretilen yeni fikirler, yöntemler ve değişen koşullara ayak uydurmak için yürütülen faaliyetler olarak nitelendirilmektedir (Ilgın, 2023).

Biyoteknoloji: Biyoteknoloji kelimesi, "biyo" canlı organizmaların biyolojik süreçlerini ifade ederken, "teknoloji" ise sorunları çözmek ve kullanışlı ürünler üretmek anlamına gelir. En genel anlamıyla biyoteknoloji, biyolojik sistemlerin özelliklerinden faydalanarak, rekombinant DNA (rDNA) teknolojisi yardımıyla canlı organizmaların tamamını veya bir kısmını kullanarak genetik yapılarını değiştirme, geliştirme ve çoğaltma yoluyla yeni ya da ender rastlanan maddelerin elde edilmesini sağlayan teknolojilerin bütünüdür (Önel, 2021).

BÖLÜM II

Bu bölümde problem durumunda belirtilen araştırmanın amacıyla ilgili olarak alan yazın taraması sonucunda elde edilen daha önceki araştırmalarla ilgili bilgilere yer verilmiştir.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde biyomimikrinin tanımı, biyomimikri çalışmalarının tarihsel serüveni, günümüzde kullanılan bazı biyomimikri örnekleri, tasarımda biyomimikri, eğitimde ve fen eğitiminde biyomimikri konularıyla ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

2.1. Biyomimikri Nedir?

Bilim ve teknolojideki hızlı ilerlemelerin büyük bir bölümü, doğadaki canlılardan esinlenilerek yapılmıştır. Biyomimikri terimi, yeni bir kavram olarak alan yazına girmiş olsa da insanlık tarihine baktığımızda, balıklar gibi yüzme ve kuşlar gibi uçma hayallerinin çok eskiye dayandığı görülmektedir. Teknoloji, bu hayalleri gerçeğe dönüştürerek insan hayatında yeni perspektifler açmıştır. Günümüze kadar yapılan birçok buluşta, "Bu sorunun doğadaki çözümü nedir?" sorusu temel alınarak bilim, teknoloji, sanat, mimari, yapay zekâ, nanoteknoloji, robotik, endüstri, askeriye ve ulaşım gibi birçok alanda doğa başarıyla taklit edilmektedir (Polat, 2017, s.361).

Biyomimikri, bir tasarım disiplini, bir problem çözme yöntemi, çevreci bir duruş veya biyoçeşitliliğe değer veren ve saygı duyan yeni bir bakış açısı olarak tanımlanabilir (Goss 2009). Biyomimikrinin altında yatan temel fikir, doğanın zaman içinde gelişen ve mükemmelleşen bilgeliğine dayanmaktadır (Baumeister vd. 2013). Aslında doğa,

keşfedilmeyi ve modellenmeyi bekleyen sayısız stratejiyle doludur (Biomimicry Institute, 2017).

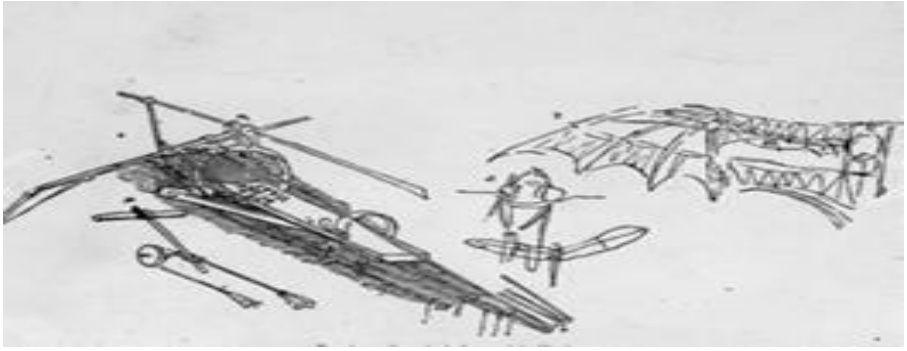
Biyomimetik ve mimesis kavramlarındaki "mimetik" ve "mimesis" kelimeleri Yunanca‘da "taklit" ve "imitasyon" anlamına gelirken, "bio" kelimesi "canlı" anlamını taşır. Biyomimetik, hayvanların, bitkilerin ve cansız varlıkların gözlemlenmesi ve bu sistemlerin incelenmesi sonucunda bilim insanlarının yeni fikirler üretmesi olarak tanımlanır (Benyus, 2002). Merriam-Webster sözlüğü ise biyomimetik kavramını "doğal olanları yapay mekanizmalarla sentezlemek amacıyla biyolojik olarak üretilmiş nesne ve malzemelerin oluşum, yapı ve fonksiyonlarının incelenmesi; biyolojik mekanizma ve süreçlerin irdelenmesi" şeklinde ifade etmiştir (Banger, 2012’dan aktaran Polat, 2017).

Julian Vincent ise biyomimikriyi “doğadaki iyi tasarımın soyutlanması” şeklinde tanımlamaktadır. Janine M. Benyus, Vincent’in bu tanımından yola çıkarak, doğadan öğrenme ile yapılan taklidi üç seviyede ifade etmektedir (Yedekçi, 2015). Birinci seviye doğal formu taklit etmektir. Yani model alınacak organizmanın fiziksel görünüşünden ilham almak ve tasarıma uygulamaktır. İkinci seviye doğal süreçleri taklit etmektir. Daha geniş ifadeyle model alınacak organizmanın var oluşunun, çevreyle etkileşiminin ve hareketlerinin incelenmesiyle tasarıma uygun yönlerini kullanmaktır (Yedekçi, 2015). Üçüncü ve son seviye ise doğal ekosistemleri taklit etmektir. Ekosistemlerin taklidi yalnızca tasarlanan nesneyi değil daha geniş çerçeveyi düşünmeyi gerektirmektedir. Yani geliştirilen ürün ve tasarımın etki alanını daha geniş perspektifte ele alarak hakiki bir sürdürülebilir yaklaşım oluşturmaktadır (Yedekçi, 2015). Biyomimikri, üç temel unsuru takip ederek tasarım eğitiminde sürdürülebilir yöntemleri ele almaktadır. Bu yöntemler; model olarak doğa, ölçü olarak doğa ve bir akıl hocası olarak doğadır (Benyus, 2015’ten aktaran Avcı, 2019).

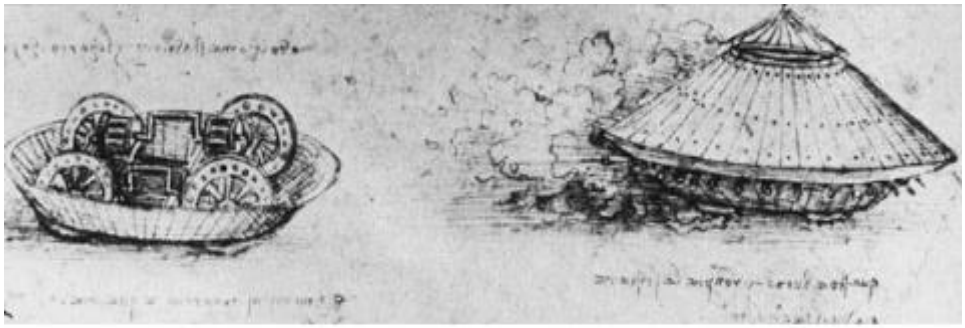
1. Model olarak doğa: Biyomimikri, var olan sorunlara çözüm bulmak için doğada var olan modelleri inceleyen ve doğadan ilham alan ya da taklit eden yeni bir bilimdir.
2. Ölçü olarak doğa: Biyomimikride, ortaya koyulan yeniliklerin doğruluğunu ölçmek amacıyla ekolojik bir standart kullanır.
3. Akıl hocası olarak doğa: Biyomimikri, doğayı okumanın, farkına varmanın ve ona önem vermenin yeni bir yoludur. Biyomimikri, doğadan nelerin alınabileceği üzerine değil, kendisinden neler öğrenilebileceği üzerine kurulu bir kavramdır.

2.2. Biyomimikri Çalışmalarının Tarihsel Serüveni

Tarih öncesi çağdan itibaren bütün canlı varlıklar yaşamlarını devam ettirmek, çevreye adapte olmak ve dış etkenlerden muhafaza olmak amacıyla farklı stratejiler ortaya koymuşlardır (Maraba & Sarıoğlu, 2022). Biyomimikri kavramının 20. yüzyıl içerisinde alan yazına dâhil olduğu bilinse de tarih öncesi çağdan günümüze kadar uzanan bir serüveni vardır. Mühendislik, moda ve tekstil tasarımı, mimarlık, medikal ürün tasarımı başta olmak üzere birçok alanda, doğadan ilham alınarak çalışmalar yapıldığı ve bu çalışmalarla sürdürülebilirlik ilkesine de fayda sağladığı görülmüştür (Maraba & Sarıoğlu, 2022). Örneğin; Leonarda da Vinci'nin 1505-1506 yılları arasında kaleme aldığı "Codex on the Flight of Birds" isimli kitabında "insan uçuşunu kuşların uçuşlarının sahip olduğu mekanikler üzerine modellenebileceği" şeklinde anlattığı ilk örneklere rastlanılmaktadır. Leonarda da Vinci, kitabında yer verdiği "Ornithopter" isimli uçan makineyi kuşların sahip olduğu uçuş stratejilerinden yararlanarak tasarlamıştır (Şekil 1) (Yener, 2019). Leonardo da Vinci'nin, biyomimikrinin etkisinin görüldüğü bir başka eseri ise zırhlı araç tasarımıdır (Şekil 2). Savaş sırasında savaşçıların zırhlarını havaya kaldırmasından ve kaplumbağaların kabuğunun dış yüzeyinden ilham alan sanatçı, insan ve hayvan davranışlarından etkilenerek zırhlı tank tasarımını gerçekleştirmiştir (Maraba & Sarıoğlu, 2022).



Şekil 1. Leonardo Da Vinci, Ornihopter. Sezgin, O. (2014). *Leonardo Da Vinci bölüm 2 icatlar*. https://www.gercekbilim.com/leonardo-da-vinci-bolum-2-icatlar/ sayfasından erişilmiştir.



Şekil 2. Leonardo Da Vinci, zırhlı tank. Sezgin, O. (2014). *Leonardo Da Vinci bölüm 2 icatlar*. https://www.gercekbilim.com/leonardo-da-vinci-bolum-2-icatlar/ sayfasından erişilmiştir.

Tarihsel süreçte karşımıza çıkan bir başka örnek ise 1851 yılında Joseph Paxton isimli Londralı peyzaj tasarımcısı tarafından geliştirilmiştir. Nilüfer yapraklarından esinlenerek, ilk uluslararası fuar olma özelliğine sahip "Büyük Sergi" için tasarladığı 990.000 metrekarelik Kristal Saray'ın inşasında yaklaşık 300.000 cam levha kullanmıştır. Paxton bu cam levhaları desteklemek için çapraz demir kirişler, birbirlerine bağlamak için ise kaburgalar kullanmıştır. Kullanılan kaburgaların tasarımında da nilüfer bitkisine suda desteklik sağlayan yapılar örnek alınmıştır. Kristal Saray'ın hem yapısında hem de tasarımında nilüfer bitkisinden ilham alınarak dokunuşlar yapılmıştır (Schobey-Thal, 2014'ten aktaran Yener, 2019).

Şekil 3. Kristal Saray. Yazkan, C. (2022). *Mükemmel bir teknoloji vitrini: 1851 ingiltere'nin büyük sergisi.* https://tzv.org.tr/bilim-teknoloji/mukemmel-bir-teknoloji-vitrini-1851-ingilterenin-buyuk-sergisi/ sayfasından erişilmiştir.

Tarihler 1903 yılını gösterdiğinde ise Wright kardeşler olarak bilinen mucitler insanlı uçuş aracı için çalışmalarına başlamışlardır. Kuşların sahip olduğu havalanma gücüne ulaşmak ve yön değişikliği manevralarını daha kolay hale getirebilmek amacıyla güvercin kanatlarını incelemişlerdir. Wright kardeşler güvercinlerin hava akımlarını kullanma şekillerinden esinlenerek tasarladıkları ve hayata geçirdikleri uçakla ilk insanlı uçuşu gerçekleştirmişlerdir (Jakab, 1990'dan aktaran Yener, 2019).

1957 yılına gelindiğinde Amerikan bir fizikçi olan Otto Schmitt tarafından biyomimetik kavramı ilk defa kullanmış olarak kullanılmıştır. Schmitt, biyomimetiğin teknoloji ve biyoloji adına bir dönüm noktası olacağını ifade etmiştir (Yener, 2019). 1974 yılında kavram, Webster sözlüğünde yerini almıştır ve "doğadaki sistem ve maddelerden esinlenerek insanların ve tekniğin problemlerine çözümler bulmaya çalışmak" şeklinde tanımlanmıştır (Sevencan & Üreyen, 2020). Biyomimikri kavramı ise 1982 yılında ortaya çıkmaya başlamıştır. 1997 yılına gelindiğinde ise Janine Benyus biyomimikri kavramını ilk kez kullanmış ve kitabında bu kavrama yer vermiştir (Maraba & Sarıoğlu, 2022; Sevencan & Üreyen, 2020). Biyomimikriyi Janine Benyus Biyomimikri isimli kitabında "Doğadaki modelleri inceleyen ve insanların sorunlarını çözmek amacıyla doğadaki tasarım ve süreçlerden ilham alan yeni bir bilim" olarak açıklamıştır (Sevencan & Üreyen, 2020).

2.3. Günümüzde Kullanılan Bazı Biyomimikri Örnekleri

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, biyomimikriden faydalanılarak hayata geçirilen pek çok uygulamanın olduğu görülmüştür. Bu uygulama örneklerinden bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Biyomimikri Örneği 1

Penguenler, kutuplardaki yoğun güneş ışığına rağmen keskin bir görme yeteneğine sahiptir. Bu canlıların gözlerinde, güneş spektrumunun mavi rengini ve ultraviyole renklerini filtreleyen özel bir sıvı bulunmaktadır. Araştırmacılar, penguenlerin bu görme üstünlüğünden ilham alarak, kaynak ustalarının kullandığı maskelere turuncu renkli filtreler eklemişlerdir. Bu yenilik, önceki maskelere göre daha şeffaf ve güvenli olan turuncu renkli maske ve ekranların kullanılmasına yol açmıştır. Penguenlerin gözlerinde bulunan filtreleme özelliğinden ilham alınarak geliştirilen turuncu renkli gözlük camları, kullanılan

malzemenin özellikleriyle dikkat çekmektedir. Bu biyomimikri tasarım örneği, malzeme açısından doğayı taklit eden tasarımlar arasında yer almaktadır. Gözlük ve maske tasarımlarında bu camların kullanımı, ürünlerin işlevlerini en iyi şekilde yerine getirmesini sağlarken, kullanıcıların göz sağlığına da önemli katkılar sunmaktadır (Yıldız, 2012).

Şekil 4. Penguen gözü. Doğa Dergisi. (2017). *18 farklı penguenin yok olma riski ve fotoğrafları.* https://www.dogadergisi.com/18-farkli-penguenin-yok-olma-riski-fotograflari/ sayfasından erişilmiştir.

Şekil 5. Turuncu renkli gözlük. Morgan, E. (2021). *Performans sporları güneş gözlüğü: daha iyi görün, daha iyi oynayın.* https://www.allaboutvision.com/tr/gunes-gozlukleri/performans-spor-gunes-gozlukleri/ sayfasından erişilmiştir.

Biyomimikri Örneği 2

Bilim insanları nanoteknoloji kullanarak Morphotex ürününde hareket ettikçe renk değiştiren bir etki yaratmayı başarmışlardır. Bu fenomen, "strüktürel renk" olarak adlandırılmaktadır. Japon tekstil firması Teijin, Morfo kelebeğinin kanatlarından esinlenerek Morphotex lifini geliştirmiştir. Bu lif, 61 çok ince dalgalı polyester ve naylon katmanından oluşmaktadır. Her bir katman 70-100 nanometre kalınlığında olup, ışığın saçılmasını ve sekmesini kontrol etmektedir. Bu yapı, kırmızı, yeşil, mavi ve mor renklerini oluşturur. Bu teknoloji, boya kullanmadan renk oluşumu sağladığı için boyama işlemine enerji harcanmasını gerektirmez. Böylece sürdürülebilirlik açısından büyük bir avantaj elde edilir.

Günümüzde bu biyomimetik tasarım, tekstil ve ürün tasarımı gibi birçok alanda kullanılma potansiyeline sahiptir (Yıldız, 2012)

Şekil 6. Morfo kelebeği- Strüktürel renk. Arsoy, T. (2013). *Biyomimikri nedir?*. https://www.bilgiustam.com/biyomimikri-nedir/ sayfasından erişilmiştir.

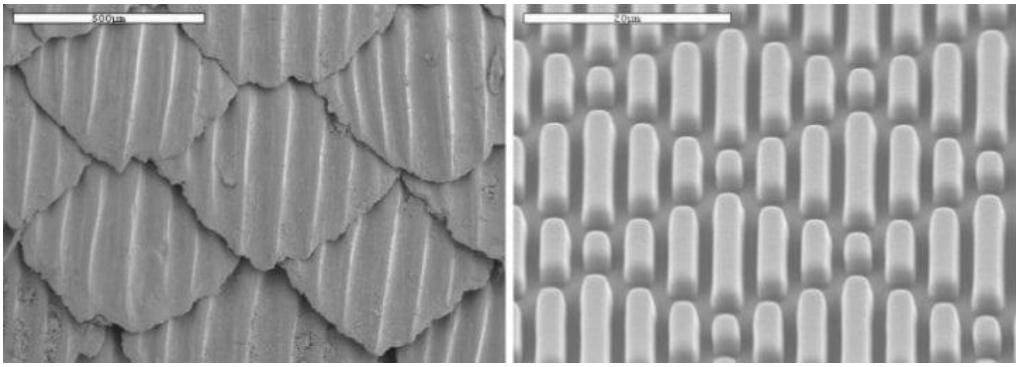
Biyomimikri Örneği 3

Yusufçuk böceği, sahip olduğu denge sistemi ve uçuş stili ile biyomimikriyle ilgilenen bilim insanları için dikkat çeken canlılar arasında yer almıştır. Kendine has renkleri, 360° dönebilme kabiliyetine sahip olan başları ve bin ayrı gözü ile diğer canlılardan ayrılan yusufçuk böceği, diğer 8.000 böcek türü arasında mükemmele yakın görebilme kabiliyetine sahip bir tür olmuştur. Bu böceklerin uçma kasları ve kanat hareketi diğer böceklerden oldukça farklıdır. Kanat grupları hem yukarı, aşağı hem de öne, arkaya hareket edebilmektedir. Sahip oldukları bu özellik onlara, havada çok ani manevralar yapabilme fırsatı tanımaktadır. Bu özellikleri, yusufçuk böceklerini diğer böceklerden belirgin bir şekilde ayırmaktadır. Helikopterlerin tasarımlarında yusufçuk böceklerinden ilham alınmıştır (Şekil 7). Yusufçuk böceği, sahip olduğu iskelet sistemiyle kanatlarına daha geniş bir hareket alanı sağlamaktadır. Tasarlanan helikopterler de yusufçuklar gibi kanatlarını farklı şekillerde kullanarak havada başarılı ve kolay hareket etme imkânına sahip olmuştur (Avcı, 2022).

Şekil 7. Helikopter tasarımlarına ilham olan yusufçuk böceği. Teknolojinin doğadan ilham alarak ilerlediği biyomimetik biliminden 24 örnek (2017). https://www.haberbilimteknoloji.com/2017/08/28/8001/ sayfasından erişilmiştir.

Biyomimikri Örneği 4

Köpekbalıkları, derilerindeki olağanüstü özellikler sayesinde neredeyse hiç hastalanmamaktadır. Derilerindeki 50-70 derece açılarla sıralanan dişçikler, bakterilerin deri üzerinde barınmasını engellemektedir. Bu dişçikler, köpekbalığının daha hızlı ve sessiz hareket etmesine de yardımcı olmaktadır. Bu sistemin nano ölçekte kopyalanmasıyla Sharklet adında, bakteri oluşumunu önleyen sağlıklı bir yüzey kaplama malzemesi geliştirilmiştir. Bu malzeme, medikal cihazlar ve hastaneler gibi sağlık kuruluşlarında kullanıma sunulmuştur. Sharklet, bakteri kontrolünde uygun maliyetli, yüksek sağlıklı ve yenilikçi bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Galapagos köpekbalığının derisi, bu malzemenin tasarımına ilham kaynağı olmuştur (Karabetça, 2015).



Şekil 8. Köpekbalığı derisi ve Sharklet Teknolojisi. Köpekbalıklarından esinlenilen antibakteriyel film (2021). https://asknature.org/innovation/antibacterial-film-inspired-by-sharks/ adresinden erişilmiştir.

Biyomimikri Örneği 5

Nilüfer çiçeğinin bilimsel incelemesi, bataklık suyunun temizlenmesini sağlayan mekanizmayı ortaya çıkarmıştır. Bu bulgu, kendi kendini temizleyen yenilikçi bir boya geliştirilmesine ilham vermiştir. İngiliz Sto AG firması tarafından Lotusan adıyla üretilen bu

boya, Wilhelm Barthlott tarafından geliştirilmiştir. Nilüfer yaprağını taklit eden boya, kuruduğunda kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir. Mikro dokulu yüzeyi sayesinde süper hidrofobik özellik gösterir. Bu, suyun boncuklar halinde akmasını sağlar ve kir ile su arasında güçlü bir yapışkanlık yaratarak suyun kiri dışarı taşımasına neden olur. Bu fenomene "Lotus Etkisi" denir (Lotusan, 2015'ten aktaran Özdoğan, 2015).

Şekil 9. Nilüfer bitkisinden lotusan boya. Zari, M. P. (2007). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability.* In The SB07 NZ Sustainable Building Conference, New Zeland. https://www.academia.edu/9509268/Biomimetic_approaches_to_architectural_design_for_increased_sustainability adresinden erişilmiştir.

2.4. Tasarımda Biyomimikri

Doğa, insanlık tarihi boyunca önemli bir yere sahip olmuş ve insanlık, doğadan ilham alan bir kültür oluşturmuştur (Kim & Park, 2018). Günümüzde hızla gelişen teknoloji, bilim ve malzeme sektörü imkânsız gibi görülen yerlere ulaşılmasına ve çözümsüz kalacağı düşünülen problemlere çözümler üretilmesine imkân tanımaktadır. İnsanoğlu bu problemlere çözümler üretirken tasarım yöntemlerini ve tasarım becerilerini kullanmaktadır. Bu yöntemlerin başını da doğa çekmektedir. Doğanın, insanlığa sağladığı en önemli avantaj ise sürdürülebilir tasarımların ortaya çıkarılmasına ön ayak olmasıdır (Söğüt & Aytar Sever, 2019).

Biyoloji ve tasarımın iç içe olduğu kavramlar 20. yüzyılın ortalarında ortaya çıkmaya başlamış ve günümüzde teknolojinin de ilerlemesiyle birlikte önem kazanarak yapılan çalışmalarda hızlı bir artış meydana gelmiştir (Yıldız, 2012). Biomimikriyi bir tasarım süreci olarak ele alan yaklaşımlar çoğunlukla iki kategori üzerinde incelenmektedir: İlki bir insan ihtiyacı veya tasarım problemi tanımlamak ve diğer organizmaların veya ekosistemlerin bunu nasıl çözdüğünü incelemektir. Bu, tasarımda biyolojiye bakmak olarak adlandırılır. Bu duruma örnek olarak, otomotiv endüstrisinde aerodinamikle ilgili problemleri çözüme kavuşturmak için Box balığından yararlanması verilebilir (Eryılmaz,

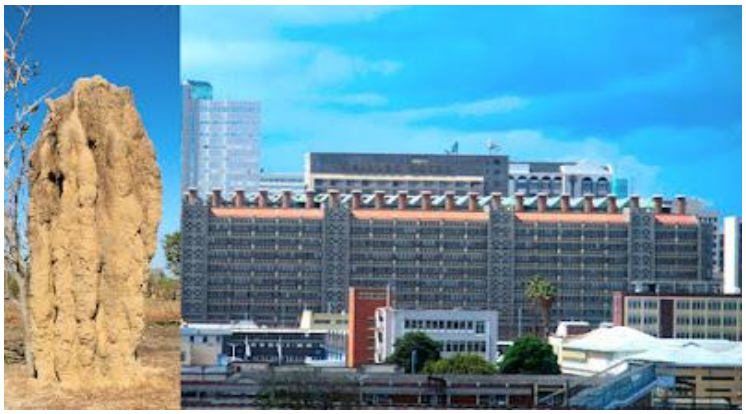
2015). İkincisi ise bir organizmada veya ekosistemde belirli bir özellik, davranış veya işlevi belirleyip, belirlenen özelliğin insan tasarımlarına dönüştürülmesidir. Bu da biyolojinin tasarımı etkilemesi olarak adlandırılmaktadır (Biomimicry Guild, 2007'den aktaran Zari, 2007). Örneğin, geko kertenkelesinin ayaklarındaki yapılar, yüzeylere kolayca tutunabilmesini sağlar. Bu özellik temel alınarak geko yapışkanı geliştirilmiştir (Volstad & Boks, 2012'dan aktaran Eryılmaz, 2015).

2.4.1. Tasarımda Bazı Biyomimikri Örnekleri

Tasarım alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen biyomimikri tasarımlarının varlığı dikkat çekmektedir. Bu tasarım örneklerinden bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Tasarım Örneği 1

Termitler (*Amitermes meridionalis*) tarafından yapılan tepecikler hayvan dünyasının en yüksek yapılarıdır ve bulundukları bölgeye göre farklılık göstermektedir. Katedral benzeri tepecikler sıcak ve kuru bölgelerde, düşük kubbeli tepecikler ise serin ormanlarda bulunmaktadır. Tepeciklerin farklı şekillerde olmasının iki nedeni, içerideki yumurtaların ihtiyacı olan ısının sağlanması ve bu canlıların en önemli besin maddesi olan mantarın yetişebilmesi için optimum hava koşullarının sağlanmasıdır. Kompas tepeciklerinin geniş yüzeyleri kuzey-güney yönünde yerleşmiş olup, iç mekânın havalanması için tasarlanmış kanallar içermektedir. East Gate binasının tasarımcısı Mick Pearce, bu tepeciklerden ilham alarak binayı tasarlamıştır. Bu bina, yıl boyunca yapay sistem kullanmadan sabit ortam koşulları sağlayarak enerji tüketimini diğer binalara göre daha düşük seviyelerde tutmaktadır. Harare'deki sıcaklık farklarını dengelemek için, bina basınç hücreleri ve fanlar kullanarak havayı soğutur ve sıcak havayı taş bacalara aktarır. Bu şekilde, binanın dışında sıcaklık 5-33 °C arasında değişirken, iç sıcaklığı sürekli olarak 21 °C'de tutulur (Karabetça, 2015). Bu sayede, binada ek bir sisteme ihtiyaç duyulmadan sabit ve optimal bir sıcaklık sağlanmaktadır.

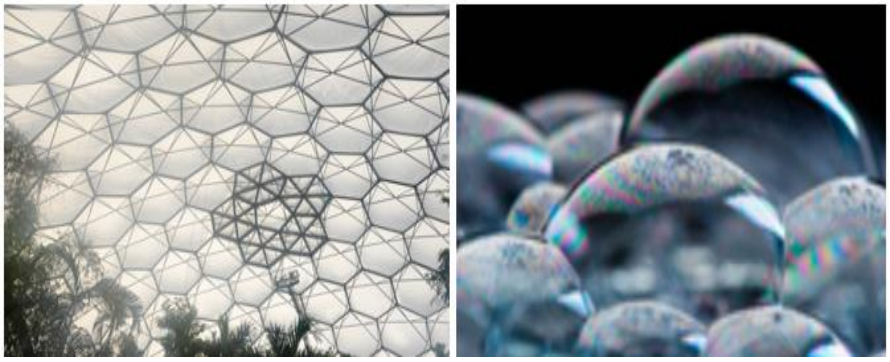


Şekil 10. Kompas termit tepeciğinden ilham alınarak yapılan East Gate Merkezi. Eastgate Center in Zimbabwe: Modeled After Termite Mounds (2009). https://affanblearninglog.blogspot.com/2009/01/eastgate-centre-in-zimbabwe-modeled.html adresinden erişilmiştir.

Tasarım Örneği 2

Eden Projesi, Birleşik Krallık'ın Cornwall bölgesinde yer alan ve en büyük sera olarak bilinen bir yapıdır. Tasarım sürecinde, arazinin zemininin ve eğimlerinin doğal özellikleri dikkate alınarak yapının nasıl yerleştirileceğine ilişkin sorun çözülmüştür. Güneşten en üst seviyede ısı kazancı sağlamak için yapı, güneye bakan eğimlere yerleştirilmiştir. Seranın baloncuklu yapısı, sabun köpüğünden ilham alınarak tasarlanmıştır. Yapının taşıyıcı sistemi, jeodezik düzenleme ve beşgen-altıgen yapılar kullanılarak karbon moleküllerinden esinlenen bir yapıya dönüştürülmüştür. “Etilen tetrafloroetilen” (ETFE) adlı şeffaf malzeme, geniş yüzeyli alanları kaplamak için tercih edilmiştir. Bu malzeme, hafif ve güneş ışığını maksimum düzeyde içeri alabilen özelliklere sahiptir. Eden Projesi, doğal eğimleri minimum düzeyde değiştirerek insan-doğa ilişkisine saygı göstermiştir ve yapının içinde nemli tropik biyomun oluşturulmasına olanak tanımıştır (Karabetça, 2015).

Şekil 11. Eden Projesi yerleşimi ve Jeodezik kubbeler. Karabetça, A. R. (2015). Biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ile yenilikçi mekânlar yaratılması. *The Turkish Online Journal of Desing, Art and Communication- TOJDAC, 8*(1), 104-111.



Şekil 12. Nemli Tropik Biyom'un (The Humid Biome) iç görüntüsü ve sabun baloncukları. Karabetça, A. R. (2015). Biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ile yenilikçi mekânlar yaratılması. *The Turkish Online Journal of Desing, Art and Communication- TOJDAC, 8*(1), 104-111.

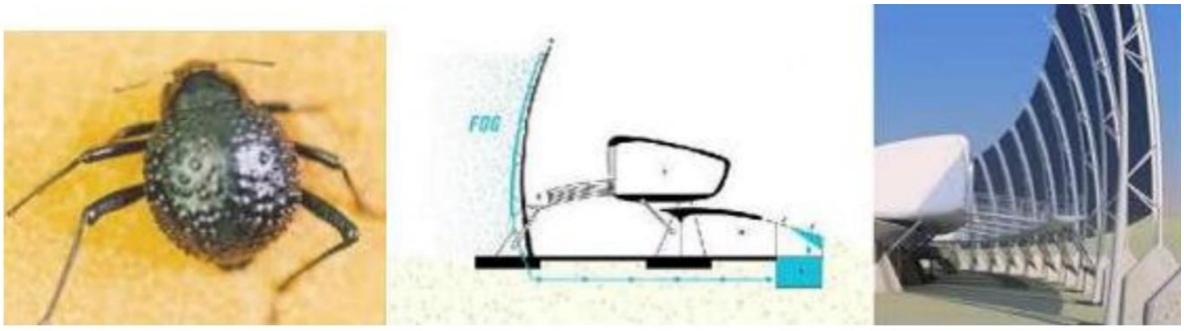
Tasarım Örneği 3

Biotic-Tech Gökdelen Şehir Projesi, yüksek binaların maruz kaldığı zorlu çevre koşullarına alternatif çözümler üretilmesi için geliştirilmiştir. Zorlu çevre koşullarına maruz kalan bu binalar, deniz hayvanlarından (ahtapot, denizanası, kalamar, deniz süngeri) esinlenilerek tasarlanmıştır. Bu hayvanların adaptasyon özellikleri (şeffaflık, esneklik, hareket kabiliyeti, koruyucu pigmentasyon) ve doğanın kaynakları (güneş, hava akımı, su, bitki örtüsü) kullanılarak, çevresel entegrasyon sağlayan bir bina şekli ve zarfı oluşturulmuştur. Bina, deniz süngerinin su akışını kullanmasından ilham alarak hava akışını güç kaynağı olarak kullanan bir rüzgâr türbinine sahiptir. Bina, yüksekliğinden faydalanarak ve çevre koşullarını kullanarak yüksek rüzgâr türbinlerini harekete geçiren devasa bir rüzgar tüneli mekanizmasına sahiptir. Bina cephesi, enerji ve koruma sağlayan çeşitli katmanları barındıran bir sistem olarak kurgulanmıştır. İlk katman, esnek ve yarı saydam bir polimer membran olan yapısal enerjiyi entegre eder ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren pistonları harekete geçirir. İkinci katman ise, fotovoltaik hücrelerle kaplı güneş şemsiyeleri ve farklı güneş ışığına tepki veren sensörlerden yararlanarak, kullanıcılar için işlevsel ve estetik bir ortam sağlar (Gündoğdu & Arslan, 2020).

Şekil 13. Biotic-Tech Gökdelen Şehir Projesi. Biotic-Tech Skyscraper City (2013). https://architizer.com/projects/biotic-tech-skyscraper-city/ adresinden erişilmiştir.

Tasarım Örneği 4

Namib çöl böceğinin sırtı, bazı küçük tepeciklerden oluşan bir yüzeyle kaplıdır. Bu tepeciklerin aralarındaki boşluklar balmumu ile kaplı iken tepeciklerin zirveleri balmumu ile kaplı değildir. Bu özellik, böceğin suyu daha etkili bir şekilde toplamasına ve kullanmasına yardımcı olmaktadır (Uç & Oğurlu, 2023). Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası, Parkes tarafından tasarlanmıştır. Bina, sisteki suyu kullanmaya fırsat tanıyan bir dizi kemerli kabuk dizisi ile donatılmış, okyanusa bakan ve döndükçe sisi toplayan naylon ağdan yapılmış uzun bir perdenin arkasında konumlandırılmıştır. Şili ve Peru'da, nemin mümkün olduğunca tutulması için ağlar ağaçlar arasına gerilmiştir. Parkes, bu sistemleri Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası'nın altyapısıyla entegre etmiştir. Ağlar doyma noktasına ulaştığında, yerçekimi etkisiyle nem oluklara yönlendirilir. Bu yöntem, suyun yeraltı sarnıçlarında soğuk kalmasını sağlayarak buharlaşmayı önler (Uç, 2016'dan aktaran Uç & Oğurlu, 2023).



Şekil 14. Namib Çöl Böceği. Tekin, Ç. & Kurugöl, S. (2011). Üç canlı ile çevre dostu üç bina. *E-Journal of New World Sciences Academy, 6* (4), 943- 952.

Tasarım Örneği 5

Örümcekler, çalıların üzerine serilmiş örtüye benzer bir ağ oluştururlar. Bu ağ, çalıların uçlarına gerilen iplikler aracılığıyla zemin boyunca yayılarak örümceğe taşıma sistemi oluşturmaktadır. Bu taşıma sistemi, örümceklere sağlamlıktan ödün vermeden geniş bir alanda ağ kurma imkânı sağlamaktadır (Uç & Oğurlu, 2023). Örümceklerin ağ yapısının hafif ve son derece dayanıklı olması, asma germe sistemlerinde mimarlara ilham vermiş ve büyük hacimli yapıların çatıları için birçok örnekte kullanılmıştır. Bu yapılara örnek verilmek gerekirse; Cidde Havaalanı Hac Terminali, Münih Olimpiyat Stadyumu, Schlumberger Araştırma Merkezi Binası, Kanada'daki hayvanat bahçeleri, Denver Havaalanı ve Sydney'deki Ulusal Atletik Stadyumu şeklinde sıralanabilir (Uç & Oğurlu, 2023).

Şekil 15. Münih Olimpiyat Stadı ve örümcek ağı. Olimpiyat stadyumu (Münih) (2006). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Olympiastadion_Muenchen.jpg ve Örümcek ağı çelikten güçlü müdür? (2020). https://www.ceyrekmuhendis.com/orumcek-agi-celikten-guclu-mudur/ adresinden erişilmiştir.

Tasarım Örneği 6

Qizhong Stadyumu hem işlevsel açıdan hem de estetik görünüm bakımından bitkisel unsurlardan ilham alınarak tasarlanmıştır. Bu stat, Çin'in ulusal çiçeği olarak kabul edilen (Peony) şakayığın, taç yapraklarını güneş ve rüzgâr doğrultusunda hareket ettirme prensibinden esinlenilerek oluşturulmuştur (Şekil 16) (Zenter & Yıldırım, 2020). Stadyumun üst örtüsünü oluşturan yaprak şeklindeki sekiz hareketli metal levha, kapandığında yükselen sıcak havayı yeniden stadyumun içine üflerken, açıldığında dışarıdan gelen serin havayı kontrollü olarak içeri alacak şekilde geliştirilmiştir. Bu tasarım, kapalı bir alanı dış mekâna dönüştürmenin ötesine geçerek hareketli levha sistemiyle yapı tasarımında önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir (Starford, 2005'ten aktaran Uç & Oğurlu, 2023).

Şekil 16. Şakayık ve Quizhong Stadyumu'nun çatı sistemi. Zenter, Ö., & Yıldırım, T. (2020). Proposal of bıo-ınspıred kınetıc mechanısms utılızatıon for provıdıng functıonal flexıbılıty ın archıtectural desıgn. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning, 8*(3), 643-656.

Şekil 17. Qizhong Stadyumu. Asefi, M. & Foruzandeh, A. (2011). Nature and kinetic architecture: the development of a new type of transformable structure for temporary applications. *Journal of Civil Engineering and Architecture, 5*(6), 513-526.

2.5. Biyomimikri ve Eğitim

Canlı varlıkların doğal yaşamları içerisinde yerine getirdikleri işlevleri inceleyen ve süreç içerisinde tasarlanan ürünlere, modellere ilham kaynağı olan biyomimikri, çocuklara doğayı öğrenme, mühendislik tasarım ve doğayı gözlemleme için inovatif imkânlar sağlamaktadır (Ergül, 2023). Biyomimikrinin disiplinler arası yapısı, çocukları biyoloji başta olmak üzere kimya, mühendislik, fizik gibi birçok bilimsel alana dâhil etmektedir. Bu sayede çocuklar, karşılaşılan ya da karşılaşılacak olası problemleri yalnızca öğrenmekle yetinmeyip; çözüm yolları ararken yaratıcılıklarını ve gözlemlediklerinden yola çıkarak kendi fikirlerini de uygulama fırsatı elde etme şansına sahip olmaktadırlar (Williams, Barber & Sheppard, 2019'dan aktaran Ergül, 2023).

Biyomimikri, bağlamsal bir öğrenme yöntemi olarak öğrencilere kazandırılması hedeflenen beceri eğitiminin; diğer disiplinlere entegrasyonu için, eğitimde kullanılma potansiyeline

sahip bir bilim dalı olarak görülmektedir. Biyomimetik projeler, öğrencileri hem bilgi hem de psikomotor beceriler edinmeye teşvik ederken; sürdürülebilir ve döngüsel bir şekilde düşünmeyi de öğretmektedir. Bu bağlamsal yöntemin eğitimin birçok noktasında uygulanabilir olduğu düşünülmektedir (Roobeek, 2019).

2018 yılında Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından yayımlanan Fen Bilgisi Öğretim Programı'nda yer alan özel amaçlarda ilkokul düzeyinde yer alan çocuklara doğa-çevre ilişkisini anlama, doğayı keşfetme, doğa ve doğa olaylarına ilişkin merak duygusu kazandırılma ve doğal kayakların sürdürülebilir kalkınma için kullanılma bilinci yer almaktadır (Terzi, 2023). Biyoloji Öğretim Programı'nda ise "Biyoloji bilgisi ve uygulamalarını günlük hayatta kullanma becerisi kazanmaları" ve "Biyoloji dersinde edindikleri bilgi, beceri ve yeterlilikleri kullanarak yeni fikirler üretmeye ve özgün çalışmalar yapmaya istek duymaları" şeklinde yer almaktadır (Yakışan & Velioğlu, 2019). Aynı şekilde MEB tarafından yayımlanan Biyoloji Dersi Öğretim Programında, öğrencilerin canlı varlıklardan ilham alınarak geliştirilen teknolojileri sezinlemeleri ve öğrencilerin de benzer ürünler ya da fikirler ortaya koymak için istekli olmaları programda yer alan en önemli hedefler arasında bulunmaktadır. Biyoloji dersi kapsamında bulunan canlılar, yapı ve işlevleri insanlar tarafından ortaya koyulan teknolojik tasarımlara ilham olmuştur (Yakışan & Velioğlu, 2019). Nitekim biyomimikrinin, organizmalardan esinlenilerek özgün fikirler üretilmesine, tasarımlar yapılmasına ve sorunlara çözümler üretilmesine imkân tanımasının bu durumu desteklediği düşünülmektedir.

Tezel Ersanlı ve Ersanlı (2023), tarafından yapılan çalışmada biyomimikrinin, öğrencilere bilimsel düşünmeyi teşvik etme, günlük hayatın karmaşıklığını anlama ve problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı sunduğu ifade edilmektedir. Tezel Ersanlı ve Ersanlı (2023), eğitim ve biyomimikri kavramı arasındaki ilişkiyi şu şekilde ifade etmektedir:

> Bilimsel Düşünmeyi Teşvik Eder: Biyomimikri, doğadaki organizmaların yapı ve işlevlerini incelemek için bilimsel yöntemlerin kullanılmasını gerektirir. Bu durum, öğrencilere doğa bilimlerinde bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesine katkı sağlar. Deney yapma, verileri analiz etme, gözlem yapma ve sonuç çıkarma gibi bilimsel yöntemler yapılacak biyomimikri projeleri için temel olarak öğretilir.
>
> Yaratıcı Problem Çözme Becerilerini Geliştirir: Biyomimikri, öğrencilere yaratıcı problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı sunar. Doğadaki organizmaların çeşitli problemlere uygun nasıl çözümler geliştirdiğini anlamak, öğrencilerin yaratıcı fikirler üretmelerini teşvik eder. Bu, öğrencilere gerçek dünya problemlerine yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler bulma yeteneği kazandırır.
>
> Disiplinler Arası Bir Yaklaşımı Teşvik Eder: Biyomimikri, mühendislik, biyoloji, mimarlık, matematik, tasarım ve fizik gibi birçok disiplinin bir arada kullanılmasını teşvik eden

yaklaşım olarak kabul görmektedir. Öğrencilere farklı disiplinler arasında köprüler kurarak ve bilgiyi bütünleştirerek problemleri çözme yeteneği kazandırmaktadır. Bu, öğrencilere gerçek hayatta karşılaşacakları karmaşık problemlere daha etkili bir şekilde yaklaşma yeteneği sunmaktadır.

Çevre Bilinci ve Sürdürülebilirlik: Biyomimikri, doğanın tasarım ilkelerini anlamak ve doğadan ilham alarak sürdürülebilir çözümler geliştirmek anlamına gelir. Bu da öğrencilere çevre bilinci ve sürdürülebilirlik ilkeleri hakkında bir anlayış kazandırmaktadır. Bu sayesinde geleceğin liderleri çevre dostu ve sürdürülebilir projeler geliştirebilirler.

Doğayı Daha Yakından Tanıma Fırsatı: Biyomimikri, öğrencilere doğanın karmaşıklığını ve doğadaki organizmaların şaşırtıcı uyumunu anlama fırsatı sunmaktadır. Doğadaki organizmaların tasarımı, işlevi ve adaptasyonu, öğrencilerin doğal dünya hakkında daha fazla bilgi edinmelerini sağlar. Bu, doğa sevgisi ve çevre koruma bilinci oluşturur.

2.5.1. Fen Eğitiminde Biyomimikri

Janine Benyus, biyomimikriyi "yaşamın dehasının bilinçli öykünmesi" olarak tanımlamaktadır. Biyomimetik yeniliklerin ardındaki etkileyici hikâyeler ve büyüleyici doğa olayları, eğitimcilerin hâlihazırda öğrettiği temel bilimsel konulara yenilikçi bir giriş noktası sunmaktadır (Biomimicry Institute, 2017). Bu hikâyeler, geleneksel konuları canlandırmakla kalmayıp, aynı zamanda çeşitli disiplinlerin birbirine bağlılığını da vurgulamaktadır. Biyomimikri, doğası gereği disiplinler arası bir alan olduğundan, okul dersleri arasındaki sınırları aşarak sınıf derslerini gerçek dünyadaki uygulamalarla bağlantılı hale getirmektedir (Biomimicry Institute, 2017).

Biyomimikriyi öğretim sürecine dâhil etmenin pek çok yolu bulunmaktadır. Hangi yolun seçileceği, öğrenme hedeflerine, öğretim için ne kadar zamanın olduğuna ve öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyine bağlı olarak belirlenebilmektedir. Örneğin, biyomimikri öğrencilere, doğanın insanlık için nasıl değerli ve ilginç olduğunu fark etmelerini sağlamak amacıyla öğretilebilmektedir (Biomimicry Institute, 2017). Alternatif olarak, bilim, mühendislik ve teknolojideki temel kavramları öğretmenin ilgi çekici bir yolu olarak biyomimikri örneklerinden yararlanabilmektedir. Yeterli zaman varsa, öğrencilere doğadan ilham alan projeler veya tasarım ve mühendislik becerilerini uygulayabilecekler görevler verilerek çalışmalar yapmaları sağlanabilmektedir. Biyomimikri eğitiminin, yaştan bağımsız olarak, öğrencilere doğal dünyayı görmenin ve değerlendirmenin yeni bir yolunu sunmayı amaçlaması gerektiği sıklıkla alan yazında vurgulanmaktadır. Öğrencilerin, doğanın kendi zorluklarını nasıl çözeceğine dair fikirlerle dolu olduğunu ve bu zorlukları ele alarak dünyayı iyileştirme yetkisine sahip olduklarını hissetmesi ve anlaması oldukça önemlidir (Biomimicry Institute, 2017).

21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesi, fen eğitiminde yenilikçi ve etkili öğretim yöntemlerinin benimsenmesini gerektirmektedir. Biyomimikri, bu bağlamda büyük bir potansiyele sahiptir. Biyomimikri, doğanın tasarım ve süreçlerinden esinlenerek problemlere çözüm bulma yaklaşımıdır (Benyus, 2002). Fen eğitiminde biyomimikri kullanımı, öğrencilerin doğa ile olan bağlarını güçlendirerek, onların yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar.

Biyomimikri, fen eğitiminde öğrencilere doğanın işleyişini ve bu işleyişten nasıl faydalanabileceğimizi öğretmek için faydalı bir araçtır. Bu yaklaşım, öğrencilerin doğal dünyaya olan ilgilerini artırırken, bilimsel süreç becerilerini de geliştirir. Biyomimikri temelli projeler, öğrencilerin gözlem yapma, veri toplama ve analiz etme becerilerini pekiştirir (Gardner, 2012). Biyomimikri temelli fen eğitiminin, öğrencilerin motivasyonunu ve derslere olan ilgisini artırmada etkili olacağı düşünülmektedir (Adıgüzel, Küçükkayhan, Kürüm Yapıcıoğlu & Atik Kara, 2024). Doğadaki örneklerin incelenmesi sonucu bu örneklerden ilham alınarak yapılan projeler, öğrencilerin yaratıcılıklarını kullanmalarına olanak tanır. Öğrenciler, biyomimikri projelerinde doğrudan aktif rol alarak, kendi tasarımlarını geliştirir ve bu süreçte özgün fikirler üretirler (Adıgüzel vd., 2024).

Biyomimikri, sürdürülebilir tasarım ve çevre bilinci oluşturma konusunda da önemli bir rol oynar. Öğrenciler, doğadaki organizmaların nasıl sürdürülebilir çözümler sunduğunu inceleyerek, bu prensipleri kendi tasarımlarına uygularlar. Bu, onların çevresel farkındalıklarını artırır ve sürdürülebilir bir gelecek için sorumluluk almalarını teşvik eder (Reed, 2004).

Fen eğitiminde biyomimikrinin uygulama örnekleri oldukça çeşitlidir. Örneğin, öğrenciler yusufçuk kanatlarının aerodinamik özelliklerini inceleyerek, daha verimli hava taşıtları tasarlayabilirler. Başka bir fikir olarak, kaktüslerin su toplama mekanizmalarını araştırarak, su kıtlığı çeken bölgeler için yenilikçi su toplama sistemleri geliştirebilirler. Bu tür projeler, öğrencilerin doğadaki çözümleri keşfetmeleri ve bu çözümleri modern teknolojilere uyarlamaları için mükemmel fırsatlar sunar (Barnes, 2007). Fen eğitiminde biyomimikri uygulamaları, çeşitli projeler ve atölye çalışmaları aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Örneğin, bir biyomimikri projesinde öğrenciler, doğadaki bir organizmanın belirli bir özelliğini inceleyebilir ve bu özelliği taklit eden bir model tasarlayabilirler. Bu süreç, öğrencilerin

yaratıcı düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirirken, aynı zamanda doğa ve bilim arasındaki bağlantıyı daha iyi anlamalarını sağlar (Adıgüzel vd., 2024).

2.6. İlgili Araştırmalar

Bu bölümde, biyomimikri alanında farklı disiplinlerde ve eğitim alanında yapılan çalışmalar ile ilgili ulusal ve uluslararası alan yazını taramalarına yer verilmiştir.

2.6.1. Biyomimikri Alanında Farklı Disiplinlerde Yapılan Çalışmalar

Topsakal Temiz ve Sağlık (2024) tarafından yapılan araştırmada, yeşil altyapı ile tasarlanan biyomimikri şehirler incelenmiştir. Günümüzde doğa odaklı planlama ve tasarım yaklaşımları doğrultusunda, çevresel yıkımlara çözüm bulmak ve bu yıkımları onarmak amacıyla çeşitli projeler yürütülmektedir. Yeşil altyapı, ekosistemlerin korunması, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve ekolojik dengenin sağlanması amacıyla tasarlanmıştır. Bu kavram, kentsel ve kırsal alanlarda biyolojik çeşitliliği teşvik ederek, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini ve ekosistem hizmetlerinin etkin kullanımını amaçlar. Bu bağlamda, yeşil altyapı doğanın sağladığı faydaları maksimize etmeyi ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamayı hedefleyen kapsamlı bir strateji olarak kabul edilmektedir. Araştırma kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde, doğa temel alınarak kurulan kentsel alanların insanların yaşam kalitesine olumlu yansımaları olurken, tasarlanan peyzajıyla da ekolojik döngüye fayda sağladığı görülmüştür.

Gündoğdu ve Arslan (2020) tarafından yayımlanan çalışmada, "Bina cephe sistemlerinde enerji etkinliği sağlamaya yönelik çözümler doğadaki sistemlerden ilham alınarak tasarlanabilir mi?" sorusuna yanıt bulunması hedeflenmiştir. Bu amaçla, doğal unsurların ve doğal yüzeylerin, cephe sistemlerinin enerji verimliliğini en çok etkileyen hava, ısı, ışık ve su gibi faktörler üzerindeki çözümleri incelenmiştir. Çalışma, biyomimetik yaklaşımın cephe tasarımlarında nasıl enerji verimli çözümler sunduğunu araştırmaktadır. Araştırma kapsamında yapılan değerlendirmede, biyomimikri yaklaşımı benimsenerek yenilikçi, sürdürülebilir ve alternatif çözümlerin yer aldığı etkin cephe sistemlerinin tasarlanabileceği görülmüştür.

Aydın Yazıcıoğlu (2020) tarafından yapılan araştırmada, ısı transferinin yoğun olarak yer aldığı yapı bileşeni olan yapı kabuklarında termoregülasyonu sağlamak için doğadaki örneklerin ve canlıların geliştirdiği yöntemlerin mimaride nasıl uygulanabileceği incelenmiştir. Bu amaçla, doğada yer alan canlıların termoregülasyon yöntemleri ve doğayı taklit etme bilimi olan biyomimikri kavramı üzerine kapsamlı bir alan yazın taraması yapılmıştır. Çalışma kapsamında ulaşılan veriler, termoregülasyonun sağlanması için biyomimikrinin, tasarımcılar için özgün çözüm önerileri sunma potansiyelinin yüksek ortaya koymuştur.

Fun, Izuan, Hamzah, Mohammad ve Tahir (2023), mimari tasarımda biyomimikrinin entegrasyon yöntemlerini analiz etmeyi ve çeşitli biyomimikri yaklaşımlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç kapsamında alan yazın incelemesi yapılmış, biyomimikri ve ekomimikri karşılaştırılarak tasarıma katkı sağlayan özellikleri arasındaki farklılıklar tartışılmıştır. Araştırma sonunda, tasarlanmış yapıların çevreye yönelik yaklaşımında bir değişiklik yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca biyomimikri yaklaşımın, insanlar ve doğa arasında karşılıklı faydalar sağlayacağının düşünüldüğü de belirtilmiştir.

El-Zeiny (2012), biyomimikrinin, doğal modeller, sistemler ve unsurlardan ilham alarak tasarım sorunlarına çözümler sunan bir bilim alanı olarak tanımlandığını anlatmaktadır. Çalışma, biyomimikriyle ilgili vaka çalışmaları, sınıflandırma sistemleri ve metodolojik çerçeveleri inceleyerek farklılıkları ve benzerlikleri vurgulamayı amaçlamaktadır. Araştırma sonucunda, biyomimikri ile ilgili anahtar kelimeler ve yorumlar açıklığa kavuşturulmakta ve mimarlıkta biyomimikrinin sürdürülebilirlik ve kullanılabilirlik açısından önemi vurgulanmaktadır.

Öztoprak (2020), mevcut problemlere yeni bir bakış açısı getirmek ve kentsel çalışmalarda yenilikçiliği özendirmek amacıyla biyomimikrinin önemine dikkat çekmiştir. Bu bağlamda, uygulayıcılara ve bilim insanlarına geleceğin kentlerini yeniden tasarlamak için genel bir bakış açısı sağlamayı amaçlamıştır. Bu çalışmada, biyomimikri temelli tasarımın günümüz kentlerindeki problemlerin çoğuna çözüm üreteceği; bu çözümlerin kentlerin verimliliğini arttıracağı ve daha sürdürülebilir yapılar tasarlanmasına imkân tanınacağına ilişkin öneriler yer almaktadır. Araştırmacılar, biyomimikri kavramı ve mevcut tasarım yöntemleri açıklandıktan sonra doğadan kentsel tasarıma aktarılabilecek temel prensipler tartışmış ve

dünya kentlerinden örneklere yer vermiştir. Çalışma sonucunda, kenti doğa gibi tasarlayabilecek bir çerçeve sunulmaktadır.

Atabeyoğlu ve Bilge (2023), doğadan ilham alarak tasarlanan ve geliştirilen sistemlerin, zaman içinde yaşam alanlarının kalıcı bir parçası haline geldiğini vurgulamaktadır. Yaprak damarlanma şekillerinden esinlenen bir kent kurgusu önerisi üzerine odaklanan bu araştırma, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve doğal uyum gibi faktörlerin önemi üzerinde durmaktadır. Yapılan araştırmada odunsu geniş yapraklı bitkilerden toplanan örnekler mikroskop altında incelenerek yaprak damarlanması şekilleri belirlenmiş ve kent formasyonu için uygun olanlar seçilmiştir. Fraktal analiz ve Space Syntax yöntemleri kullanılarak önerilen kent kurgularının işlevsellikleri çeşitli fonksiyonlar açısından değerlendirilmiştir. Norberg Schulz ve Lynch'in mekân kuramları ve tasarım ilkeleri çerçevesinde yorumlanan öneriler, dünya genelinde benzer uygulamaların örnekleriyle desteklenmiştir. Bu çalışma, biyomimikrinin kent düzeyinde nasıl hayata geçirilebileceğini araştırarak, kentlerin sağlıklı gelişimine alternatif bir yaklaşım sunmayı hedeflemiştir. Çalışmanın sonucunda, *Laurus nobilis, Platanus orientalis, Juglans regia, Quercus robur,* ve *Acer saccharinum* bitkilerinin yaprak örneklerinin performans, verimlilik ve süreklilik bakımından işlevsel ve verimli bir kent oluşturmada ilham kaynağı olma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Gülperçin (2023), doğanın eşsiz çeşitliliği ve zenginliği içinde insan ihtiyaçlarına çözüm bulma potansiyeli barındıran materyallerin varlığına vurgu yapmaktadır. Bu çalışmada özellikle böcekler üzerinden biyomimikrinin tasarım süreçlerinde nasıl ve hangi amaçlarla kullanılabileceği incelemiştir. Güncel örnekler üzerinden yapılan değerlendirmeler, böceklerin biyotasarıma potansiyel katkılarını ve gelecekteki kullanım alanlarını ortaya koymaktadır. Araştırmacı, teknolojinin ilerlemesiyle biyomimikrinin tasarım dünyasındaki etkisinin arttığı göz önüne alınarak, bu konunun daha fazla araştırılması gerektiği vurgulamıştır. Çalışma, teorik bilgilerin yanı sıra görsel örneklerle desteklenerek alanın gelişimine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

2.6.2. Biyomimikri Alanında Eğitimde Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, biyomimikri kavramına ilişkin eğitim alanında yapılan çalışmalara, biyomimikri kavramının ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde eğitim

sürecine dâhil edilmesi ile ilgili ulusal ve uluslararası alan yazında yer alan çalışmalara yer verilmiştir.

Yıldırım (2019), bir devlet üniversitesinin fen bilgisi öğretmenliği bölümünde öğrenim gören öğrencilerin, STEM (Fen Bilimleri, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitiminde biyomimikri uygulamaları kullanımına dair görüşlerini tespit etmeyi amaçlamıştır. 2017-2018 eğitim-öğretim yılı güz döneminde gerçekleştirilen çalışmaya 3. sınıfa devam eden 17 öğrenci katılmıştır. Nitel araştırma yöntemi kullanılan çalışmada araştırmacı tarafında geliştirilen görüşme formu kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamaları kullanılmasına yönelik olumlu görüşlere sahip olduğu ve derslerinde bu uygulamalara yer vermek istedikleri tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan uygulamaların, eğitim fakültesi öğrencilerinin psiko-motor ve bilişsel becerilerini de geliştirdiği çalışma sonunda elde edilen sonuçlar arasında yer almıştır. Öğretmen adaylarının teknoloji ve doğaya karşı tutumlarında olumlu yönde değişimler izlenmiştir. Araştırmacı, öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri ve mühendislik dizayn süreçlerini karıştırdığına dair verilere de ulaşmıştır.

Çoban (2019), biyomimikri kavramını fen eğitimine uyarlamayı amaçlamıştır. Gaziantep ilinde bulunan bir devlet okulunda 5. sınıfta öğrenim gören öğrencilerin oluşturduğu çalışmada, nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen "Biyomimikri Öğretim Yaklaşımı" için ilk adım olarak öğrencilere gözlemlemeleri amacıyla farklı türdeki canlılar sunulmuştur. İkinci adım olarak biyomimikri kavramı öğrencilere örnekleriyle birlikte anlatılmış ve son olarak öğrenciler "Biyomimikri Tasarım Modeli" çerçevesinde edindikleri bilgileri uygulamış, tasarım ve modeller ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonucunda öğrencilerin genellikle tasarımlarını oluştururken derste örnek verilen hayvanları kullandıkları görülmüştür. Ek olarak öğrencilere "Biyomimikri Öğretim Yaklaşımı" kapsamında çalışmalar yapıldığında, öğrencilerin uygulanabilir ve yaratıcı tasarım fikirleri ortaya koyabilecekleri sonucu elde edilmiştir.

Çakır (2019), eğitim fakültesinde öğrenim gören öğrencilerin farkındalıklarını arttırmayı amaçlamıştır. Çalışma grubunun 2017-2018 eğitim-öğretim yılında Ankara'da bir devlet üniversitesinde biyoloji öğretmenliği bölümünde öğrenim gören 1, 2, 3 ve 4. sınıf öğrencileri olduğu çalışmaya toplamda 78 kişi katılmıştır. Araştırmacı tarafından hazırlanan "Biyomimikri Farkındalık Anketi" ile katılımcıların sınıf seviyesi, akademik başarısı ve

cinsiyet değişkenleri ile biyomimikriye ait farkındalık seviyeleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda mezuniyete yakın olan, erkek öğrencilerin ve akademik başarısı yüksek olan bireylerin biyomimikri kavramına ilişkin farkındalıklarının yüksek olduğu görülmüştür.

Yakışan ve Velioğlu (2019), ilkokulda öğrenim gören dördüncü sınıf öğrencilerinin hayvanların özelliklerinden yararlanarak biyomimikri ürünler tasarlaması ve geliştirmesi amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışma Samsun il merkezinde 26'sı erkek ve 32'si kız öğrenciden oluşan toplam 58 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada hayvanların özelliklerinden faydalanarak öğrencilerden tasarım yapmaları ve buna ilişkin çizimler yapmaları istenmiştir. Veri toplama aracı olarak da öğrencilerin tasarlamayı düşündükleri teknolojik ürünlerle ilgili çizimlerden faydalanılmıştır. Sonuçlar, betimsel analiz kullanılarak analiz edilmiştir. Öğrencilerin tasarladığı teknolojik ürünlere ilişkin çizimlerde, yaşamış oldukları coğrafyanın etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin sosyalleştikleri ortamın da bu sonuçlara bir katkı sağladığı belirlenmiştir. Özellikle teknolojik aletlerde oynadıkları savaş oyunları, TV haberleri ve filmlerde gördükleri savaş teknolojilerine yönelik çizimlerin çoğunlukta olduğu görülmüştür.

Kaya (2022), 2021-2022 eğitim-öğretim yılının güz yarıyılında Çukurova Üniversitesi fen bilgisi öğretmenliği bölümünde okuyan 4. sınıf öğrencilerinin STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarının entegre edildiği etkinliklerin, çevre okuryazarlık bilincine etkisinin nasıl olduğunu araştırmayı amaçlamıştır. Veriler araştırmacı tarafından geliştirilen "Akademik Başarı Testi", "Duyuşsal Eğilim Ölçeği" ve "Çevreye Yönelik Sorumlu Davranış Ölçeği" ile toplanmıştır. Araştırma sonunda deney grubunun duyuşsal eğilimler, çevreye yönelik sorumlu davranışlar ve akademik başarı ön test-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunurken; kontrol grubunun ön test-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak kontrol grubunun çevreye yönelik sorumlu davranış puanlarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir.

Tavşan (2022), eğitim fakültesinde öğrenim gören fen bilgisi öğretmenliği bölümü öğrencilerinin biyomimikri kavramına ilişkin farkındalıklarının ne düzeyde olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır. Veri toplama aracı olarak kişisel bilgi formu ve "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği" kullanılan çalışmaya iki farklı devlet üniversitesinde öğrenimlerine devam eden 151 öğretmen adayı katılmıştır. Araştırma sonucunda, katılımcıların

biyomimikri kavramına ilişkin farkındalıklarının sınıf düzeyi, yaşanılan çevre ve cinsiyet değişkenleri açısından anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

Gökgöz (2022), eğitim fakültesinde öğrenim gören biyoloji öğretmenliği bölümü öğrencilerinin biyomimikri algılarını; kalbin işleyişi, yapısı gibi özelliklerinden ilham alarak yaptıkları teknolojik ürün tasarımlarını, çizimler ve açıklamalar yoluyla belirlemeyi amaçlamıştır. Nitel araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmaya 34 eğitim fakültesi öğrencisi katılmıştır. Veriler araştırmacı tarafından hazırlanan çalışma kâğıdı ve katılımcılar tarafından tasarlanan teknolojik ürünlerin yer aldığı çizimler ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda, katılımcıların çoğunlukla gündelik hayatta karşılaştıkları problemlere yönelik tasarımlar yaptıkları ve biyomimikri çerçevesinde tasarladıkları ürünlerde kalbin işlev ve biçimini kendilerine ilham kaynağı olarak seçtikleri görülmüştür. Ek olarak katılımcıların yaptığı çizimlerde sosyo-kültürel çevrelerinden de ilham aldıkları araştırmacı tarafından düşünülmektedir.

Kandemir, Değirmenci ve Coşgun (2022), eğitim fakültesi öğrencilerinin "biyomimikri örnekleri hakkında görüşlerinin alınması ve bu konuyu fizik kavramları ve günlük yaşamla ilişkilendirme becerilerinin tespit edilmesi" konusunda bir çalışma tasarlamıştır. Çalışma bir devlet üniversitesinde üçüncü sınıfta okuyan yirmi fen bilgisi öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak 15 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının arı gözü yapısı, pıtrak, kambur yalıçapkını kuşu, gekko kertenkelesinin ayaklarındaki dokular, balina yüzgeçleri, balinaların kuyruğu, yusufçuk böceği, deniz yosunlarının hareketleri, arıların bal peteği dizaynı gibi biyomimikri örnekleri gösterilmiştir. Öğretmen adaylarından bu örnekleri günlük yaşamdaki teknolojik örneklerle ilişkilendirmeleri istenmiş ancak bu konuda yeterli bilgiye sahip olmadıkları görülmüştür. Benzer şekilde, öğretmen adaylarına lotus bitki yaprağı, termit yuvaları, ateş böcekleri, kar tavşanlarının ayakları, yunus balıkları, Nautilus canlısı ve ayçiçeği bitkisi gibi biyomimikri örnekleri verilerek teknolojik örneklerle ilişkilendirmeleri istenmiş; öğretmen adaylarının bu konuda yeterli düzeyde bilgiye sahip oldukları görülmüştür. Öğretmen adaylarının araştırmada seçilen bu örneklerden ilham alarak bir tasarım yapma veya geliştirmeleri ile bu örnekleri fizik kavramlarıyla bağdaştırmada yeterli düzeyde olduğu da tespit edilmiştir. Araştırmacılar biyomimikrinin diğer tüm disiplinlerle de ilişkilendirilmesi ve öğretim programlarında farklı öğretim kademlerinde yer alması konusuna vurgu yapmışlardır.

Özdemir ve Mirici (2022), yaptıkları çalışma kapsamında öğrencilerin problem çözme yeteneklerinin ve hayal güçlerinin, yaş ve cinsiyetlerine bağlı olarak değişimlerini gözlemlemek istemiştir. Bu amaçla özel bir eğitim kurumunda ortaöğretim ve ilköğretim öğrencilerine ders içi etkinliklerle biyomimikri uygulamaları planlanarak uygulanmıştır. Öğrencilere, biyomimikri terimi basitçe tanıtılmış ve öğrencilerden herhangi bir kısıtlama olmaksızın araştırmalar yaparak, bir tasarım modeli çizmeleri ve tasarımlarını basitçe tanıtmaları istenmiştir. Veri toplama aracı olarak tasarım kâğıtları kullanılmış ve sonuçlar "Tasarım Değerlendirme Rubriği" ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda aynı cinsiyet ve yaşa sahip öğrencilerin benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmanın, öğrencilerin oluşturdukları uygulama ile yaratıcı ve analitik düşünme becerilerine katkıda bulunduğu da belirlenmiştir.

Yıldız (2023), biyomimikri kavramıyla bütünleşmiş E-STEM modülleri oluşturulmasını, bu modüllerin uygulanmasını ve değerlendirilmesini amaçlamıştır. Gaziantep'te bir devlet okulunda öğrenim gören 5. sınıf öğrencileriyle çalışılmıştır. Nitel araştırma yaklaşımıyla gerçekleştirilen çalışmada veriler, süreçte uygulanan dokümanlarla ve yarı yapılandırılmış görüşme sorularıyla toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda öğrencilerin "girişimcilik" ve "girişimci özellikler" kavramına dair olumlu tutumlar geliştirdikleri, biyomimikri ve girişimcilik kavramlarına yönelik farkındalık kazandıkları ve geliştirilen modüllerin bu yaş grubu öğrenciler için uygun olduğu görülmüştür.

Aydın (2023), biyomimikri uygulamalarının, ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin tasarımlarına ve bilişsel yaratıcılıklarına etkisinin nasıl olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır. Düzce ilinin merkez ilçesinde bağlı bir devlet okulunda gerçekleştirilen çalışmaya 27'si kontrol, 20'si deney grubunda bulunan toplamda 47 öğrenci katılmıştır. Çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden karma desen kullanılmıştır. Araştırmada, kontrol grubunda programa dayalı öğretim kullanılırken, deney grubunda biyomimikri uygulamalarına yer verilmiştir. Araştırmacı tarafından geliştirilen etkinliğin ilki sadece kontrol grubuna, diğer 3 etkinlik deney grubuna uygulanmış ve "Bilimsel Yaratıcılık Testi" kullanılarak nicel veriler toplanmıştır. Etkinlikler içerinde yer alan çizimler ise çalışmanın nitel verilerini oluşturmuştur. Yapılan bu çalışmanın sonucunda derslerde biyomimikri uygulamalarına yer verilmesinin, öğrencilerin bilimsel yaratıcılıklarına olumlu katkılar sağladığı görülmüştür.

Terzi (2023), 3. ve 4. sınıf müfredatında yer alan “Ses Kirliliği” ve “Aydınlatma Teknolojileri” konuları kapsamında geliştirilen ve biyomimikriyi temel alan fen eğitimi yaklaşımının, öğrenciler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu doğrultuda araştırmacı tarafından “Biyomimikri Temelli Eğitim Anlayışı” odaklı bir ders planı hazırlanmış ve bu plan iki farklı okulda 10 adet 3. sınıf, 9 adet 4. Sınıfa, altı hafta süresince haftada 2 ders olarak uygulanmıştır. Nitel araştırma yaklaşımıyla gerçekleştirilen çalışmada veriler, “Biyomimikri Temelli Ders Planları Görüşme Formu” ile toplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, yapılan uygulamanın öğrencilerin yaş seviyesine uygun olarak teknoloji algılarını, yansıtıcı düşünme, problem çözme becerileri, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirdiği görülmüştür.

Aydın (2023), “21. Yüzyıl Öğrenme ve Yenilenme Becerileri ile Yaratıcılık Becerileri” üzerine biyomimikri temelli öğretimin etkisinin nasıl olduğunu araştırmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda Ankara’da bir devlet okulunda 2021-2022 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde çalışmalar yürütülmüştür. Toplamda 116 öğrencinin katıldığı çalışmada, 5. sınıflarda iki şube deney, bir şube kontrol grubu olarak seçilirken; 7. sınıflarda bir şube deney ve bir şube kontrol grubu olarak seçilmiştir. Karma araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmada, nicel veriler “Yaratıcılık Ölçeği” ile “21. Yüzyıl Öğrenme ve Yenilenme Becerileri Ölçeği” ile toplanırken; nitel veriler “Bağımsız Kelime İlişkilendirme Testi” ve 10 öğrenci ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşme ile elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, yapılan uygulama ile öğrencilerin becerilerinin gelişmesinin desteklendiği, deney grubundaki öğrencilerin son test uygulamasında daha bilimsel ifadelere yer verdikleri, hayal güçlerinin geliştiğinin farkına vardıkları, sürdürülebilir ve inovatif tasarımlar için doğanın öğrencilere esin kaynağı olabileceği görülmüştür.

Ülbeği Ülker (2023), biyomimikri kavramının bütünleştirildiği STEM eğitiminin öğrencilerin fen bilimleri dersine tutumlarına, çevresel tutumlarına ve bilimsel yaratıcılık becerilerine etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Kars ili Kağızman ilçesinde Millî Eğitim Bakanlığına bağlı bir devlet okulunda gerçekleştirilen çalışmanın katılımcılarını, 7. sınıfta öğrenim gören öğrenciler oluşturmuş ve bir şube deney grubu olarak seçilirken, diğer şube kontrol grubu olarak seçilmiştir. Ders uygulamaları, deney grubunda biyomimkri ve STEM yaklaşımı ışığında hazırlanan 5E modeli ile kontrol grubunda ise fen bilimleri dersi öğretim programına uygun şekilde hazırlanan program ile yapılmıştır. İki gruba da ön test-son test uygulanmıştır. Nicel araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmada veriler “fen bilimleri dersi

tutum ölçeği", "bilimsel yaratıcılık ölçeği" ve "çevresel tutum ölçeği" ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda deney grubu öğrencilerinin, fen bilimleri dersine ve çevreye yönelik tutumlarında, bilimsel yaratıcılıklarında olumlu yönde bir katkısı olduğu görülmüştür.

Dilaver Türe (2023), kimya dersi öğretim programı içerisinde yer alan kimyasal tepkimleler ile enerji üretimi ve tasarrufu konuları çerçevesinde hazırlanan STEM etkinliklerinin tasarım süreçleri aşamasında, biyomimikri ve tersine mühendislik uygulamalarının etkisini araştırmıştır. Nitel araştırma yönteminin kullanıldığı araştırmanın çalışma grubunu, 2019-2020 eğitim öğretim yılında özel bir kurumda 10. sınıfta öğrenim gören 80 öğrenci oluşturmuştur. Veriler, katılımcılar ile yapılan görüşmeler, canlıları ve ürünleri inceleme formları, saha notları, video kayıtları ve süreç değerlendirme formları ile elde edilmiştir. Araştırma sonucunda katılımcıların edindikleri bilgileri tasarımlara entegre edebilmeleri, yeni bakış açıları geliştirmeleri, tasarım geliştirmede süreç planı yapabilmeleri, yenilikçi ve uygulanabilir tasarımlar yapabilmeleri, malzemeleri tanımaları, tasarımlarını modelleyebilmeleri, prototip oluşturabilmeleri, tasarımlarını sunabilmeleri ve yeni tasarımlar geliştirebilmeleri konularında çalışmanın olumlu bir katkısı olduğu görülmüştür.

Kim ve Kwon (2018), lise öğrencileri için biyomimikri tabanlı yakınsama öğrenme modeli ile 'iskelet kasının yapısı ve kasılma mekanizması' üzerine dijital bir ders kitabı geliştirmiştir. Ayrıca bu çalışmada geliştirilen biyomimetik temelli yakınsama öğrenme dijital ders kitabı, öğrencilerin yaratıcı tasarım ve uygulama becerilerini geliştirmede etkili bir öğrenme materyali olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, dijital ders kitaplarının öğrencilerin yaşam bilimlerine olan ilgileri ve kendi kendilerine öğrenmeleri için yararlı bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Staples (2005), biyomimikri ve çevre eğitimine ilişkin alan yazın taraması yaparak derleme bir makale ortaya koymuştur. Çalışmanın amacı, okuyucuları biyomimikri kavramıyla tanıştırmak, biyomimikri kavramının çevre eğitimi üzerindeki gerekliliğini ve potansiyelini ortaya koymaktır. Ayrıca diğer bir amacı da biyomimikri kavramının çevre bilimleri öğretim programına dâhil edilmesine vurgu yapmaktır. Çalışmanın sonunda, biyomimikrinin lise öğretim programında yer almasının probleme dayalı öğrenme yöntemi için muazzam bir materyal olduğu, biyomimikrinin çözüm merkezli yapısı sayesinde çevre sorunlarının karmaşık ve sıkıntılı süreçlerine umut dolu keşif imkânı sağladığı belirtilmiştir.

Mirici, Tanalp, Tüysüz ve Tüzün (2021), biyomimikrinin üstün yetenekli öğrencilerin eğitim deneyimini nasıl geliştirebileceğini ortaya koymaya çalışmıştır. Bu kapsamda Ankara'da sekiz üstün yetenekli öğrencinin katıldığı bir çalışma yürütülmüştür. Nitel vaka yönteminin benimsendiği çalışmada tatlı su canlılarının makro, mikro ve mikro altı yönlerine odaklanılarak biyomimikri etkinliklerinin üstün yetenekli öğrenciler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma iki aşama olarak planlanmıştır. Öğrenciler ilk aşamada tatlı su canlıları üzerinde mikroskobik ve alan yazın araştırması yaparak makro, mikro ve mikro altı düzeydeki gözlemlerine dayanarak çizimler oluşturmuşlardır. İkinci aşamada biyomimetik prototipler tasarlayarak ve bunları gruplar halinde tartışarak, tasarımlarını açıklayacak argümanlar oluşturmuşlardır. Veriler öğrencilerin çalışma sayfaları aracılığıyla toplanmış ve içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, öğrencilerin kavramsal anlayışlarının ve argümanlarının kalitesinin atölye boyunca geliştiğini gözlemlenmiştir. Biyomimikri ilkelerinin uygulanması yaratıcı ve analitik düşünme becerilerinin geliştirilmesine yardımcı olmuş ve doğanın yenilikçi çözümlere nasıl ilham verebileceği konusunda öğrencilere benzersiz bir bakış açısı sağlamıştır.

Çoban ve Coştu (2023), ilkokul öğrencilerine yönelik biyomimikrinin fen eğitimine entegre edilmesini amaçlayan bir öğretim yaklaşımı önermiş ve eylem araştırması yöntemi kullanmıştır. Geliştirilen 'Biyomimikri Öğretim Yaklaşımı', bir devlet okuluna öğrenim gören 5. sınıf öğrencilerine uygulanan yaklaşımda öğrencilere ilk olarak organizmaları gözlemleme, yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi anlama yeteneklerini geliştirmek için farklı organizma türleri sunulmuştur. Çalışmanın devamında biyomimikri kavramı örneklerle birlikte tanıtılarak öğrencilere “Biyomimikri Tasarım Modeli” uygulanmıştır. Öğrencilerden organizmalardan esinlenerek çizimler ve modellemeler yapmaları istenmiştir. Çalışma sonunda öğrencilerin, biyomimikriyle tanıştıklarında doğadan ilham alan farklı tasarımlar ortaya koyma girişiminde bulunarak, yaratıcı ve uygulanabilir tasarım fikirleri üretebileceklerini göstermiştir.

Qureshi (2020), öğrencilerin biyomimikri sürecine nasıl dâhil olduklarını ve eğitimcilerin biyomimikri öğretimi sürecinde yararlanabilecekleri içgörüleri belirlemek amacıyla yapılan tasarımların incelenmesini amaçlamıştır. Çalışma grubunu 12 gruba ayrılan 70 lisans öğrencisi oluşturmuştur. Öğrenciler, sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemiyle kendi belirledikleri sağlık sorunlarına yönelik biyomimikri temelli tasarımlar geliştirmiştir. Öğrencilerin yürüttüğü iki yaygın biyomimikri biçimi olan 'melez ırk taklitçiliği' stratejisi,

öğrencilerin ilham aldığı organizma türleri ve çalışma sırasında karşılaştıkları zorluklarla başarıları tematik analiz yoluyla analiz edilerek bulgular elde edilmiştir. Ayrıca, bu araştırma biyomedikal mühendisliği alanında altı aşamalı biyomimikri sürecini uygulayan ve test eden ilk çalışmalar arasında yer aldığı için önem arz etmektedir.

Fried, Martin, Esler, Tran ve Corwin (2020), lisans eğitiminde evrimsel biyoloji dersini alan öğrencilerin, ders başarısının yükselmesi için biyomimikri uygulamalarını ve tasarım tabanlı öğrenme uygulamalarını bir araya getirmiştir. Araştırmacılar, yapılacak çalışmalar aracılığıyla, doğada yapının işlevi nasıl belirlediği konusunda disiplinler arası bir anlayış geliştirmeyi ve bu kavramın topluma nasıl fayda sağlayabileceği konusunda öğrencilere bilimsel süreç becerilerini kazandırmayı amaçlamışlardır. Rastgele belirlenen bir gruba tasarım tabanlı öğrenme uygulamalarıyla, diğer gruba ise müfredatta belirtilen yöntemlerle dersler işlenmiştir. Derslerin işlenişi; 1 gün ders anlatımı, 1 hafta vaka çalışması ve devamında final projesi şeklinde planlanmıştır. Çalışmanın verileri, öğrencilere uygulanan ön test-son test puanlarıyla toplanarak analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, biyomimikri uygulamalarının ve tasarım tabanlı öğrenme uygulamalarının, toplumsal faydalarda ve problemlere çözümler üretilmesi noktasında, öğrencilere bir farkındalık ve bilinç kazandırdığı görülmüştür. Genel olarak bu sonuçlar, biyoloji derslerinde sosyo-bilimsel konuları ele almak için tasarım tabanlı öğrenmeye dayalı uygulamaların yapılmasının önemli olduğunu göstermişlerdir.

Roobeek (2019), öğretmenlerin mevcut eğitim durumu ile ideal olarak nitelendirilebilecek eğitim durumu arasındaki boşlukları kapatmada, biyomimikrinin rolünü belirlemeyi amaçlamıştır. İhtiyaç analizi yapılarak belirlenen bu boşluklar, biyomimikri hakkında yeni bir öğretim materyali oluşturulması için kullanılmıştır. Bu çalışma, biyomimikrinin ortaöğretimde uygulanma potansiyeline sahip olduğunu ve biyomimikri materyallerinin, yeni öğretim yöntemlerine değer kattığını ortaya koymuştur. Biyomimikri temelli geliştirilen materyallerin, öğrenci merkezli öğrenmeyi mümkün kıldığı, öğrencilerin merakını uyandırdığı, aktif öğrenmeye olanak tanıdığı ve 21. yüzyıl becerilerini kapsayan disiplinler arası proje tabanlı materyale entegre ettiği görülmüştür.

Bakırlıoğlu (2012), Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde (ODTÜ) geliştirilen, lisans seviyesindeki bir eğitim tasarım projesinin fikir geliştirme aşamasına entegre edilen Biyomimikri Eskiz Analizi (BSA) adlı bir eğitim aracı geliştirerek, biyomimikri

yaklaşımının ürün tasarımı eğitiminin sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelenmiştir. Bu eğitim aracı, endüstri ürünleri tasarımı üçüncü sınıf öğrencileri tarafından fikir geliştirme aşamasında etkili bulunmuştur.

Uluçınar Sağır, Kandemir ve Ozan (2022), Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde bir köy ortaokulundaki öğrencilerin biyomimikriye yönelik bilgi ve farkındalıklarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma kapsamında, durum çalışması yöntemi kullanılarak farklı sınıf düzeylerinden 50 öğrenciye anket ve görüşme formu uygulanmıştır. Bu anket; bilim-teknoloji-araştırma ilişkileri, doğadan tasarıma çözümler ve tasarımın doğa ile ilişkilendirilmesi konularını içeren 23 sorudan oluşmaktadır. Araştırmacılar ayrıca, biyomimikri farkındalığı ile ilgili yedi sorudan oluşan yarı yapılandırılmış bir görüşme formu kullanmışlardır. Veriler analiz edildiğinde, öğrencilerin bilim-teknoloji algısının ve biyomimikri farkındalığının orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Cinsiyet ve sınıf düzeyi gibi değişkenlere göre de anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Yeter, Qi Tan ve Le Ferrand (2023), Singapur'daki bir lise ve Amerika Birleşik Devletleri'nde mühendislik fakültesinde okuyan lisans öğrencileri ile gerçekleştirilen iki atölye çalışmasını ele almıştır. Atölyeler, öğrencilerin aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya (basamaklı) tasarım modeliyle biyomimetik yöntemleri nasıl anladıklarını incelemeyi amaçlamıştır. Atölyeler, ders ve laboratuvar oturumlarını içermektedir. Veriler anketler, saha gözlemleri ve katılımcı sunumlarıyla toplanmıştır. Nitel analiz, yukarıdan aşağıya yaklaşımın başlangıçta belirsiz terimlerle anlaşıldığını, ancak aşağıdan yukarıya yaklaşımın kesin ve teknik bir dil ile tanımlandığını göstermiştir. Öğrencilerin kavramsallaştırmalarını geliştirmek için disiplinler arası bilginin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Pongsophon, Pinthong, Lertdechapat, Vasinayanuwatana (2021), fen bilgisi öğretmenlerinin mühendislik tasarım sürecini anlamalarını geliştirmek amacıyla biyomimikri ile entegre edilmiş tasarım temelli öğrenme üzerine gerçekleştirilen eğitim atölyesinin etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Tayland'daki STEM liselerinden 30 öğretmenin katıldığı iki günlük atölye çalışmasında, biyomimikri üzerine dersler işlenmiş, tasarım çalışmaları yapılmış, ders planları hazırlanıp sunulmuş ve geri bildirimler verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, öğretmenlerin mühendislik tasarım sürecini genel olarak iyi anladıklarını, atölye çalışmalarının ise sahip oldukları bilgilerini genişletip pekiştirdiğini göstermiştir.

Mejía-Villa, Torres-Guevara, Prieto-Sandoval, Cabra, ve Jaca (2023), biyomimikri ve Yaratıcı Problem Çözme (CPS) süreçlerinin birleşiminin, yönetim öğrencilerine öğretilmesinin öğrenciler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışma sürecinde öğrenciler, biyomimikri kullanarak sürdürülebilir bir sırt çantası tasarlamıştır. İçerik analizi ve anketler kullanılarak tasarlanan materyaller değerlendirilmiştir. Sonuçlar, CPS yaklaşımının öğrencilerin sürdürülebilir ürünler geliştirmelerini desteklediğini göstermiştir. Bu bulgular, gelecekteki yöneticiler için eğitim atölyelerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir.

Cattano, Nikou, & Klotz (2011), sistem düşüncesini ve biyomimikriyi inşaat mühendisliği müfredatına dahil etmek için tasarlanmış bir eğitim modeli sunmaktadır. Bu amaçla, uygulama aşamasında ekolojik ilkeler üzerine derslere, doğal sistemlerin vaka çalışmalarına ve uygulamalı tasarım projelerine yer verilmiştir. Öğrencilerin sürdürülebilir tasarım konusunda daha derin bir anlayış geliştirerek, mühendislik problemlerini doğal süreçler ve sistemler merceğinden analiz etmeleri öğretilmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiklerini ve mühendislikte sürdürülebilirliğin önemini kavradıklarını göstermektedir.

Arslan Selçuk ve Mutlu Avinç (2022), genellikle sınırlı biyolojik bilgiye sahip olan mimarlık fakültesi öğrencilerinin biyomimetik fikirleri nasıl geliştirebileceklerini ve bu bilgileri mimari tasarımlara nasıl uygulayabileceklerini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, mühendislikte yaygın olarak kullanılan doğal dil yaklaşımının, biyo-ilhamlı tasarımların yaratılmasına yardımcı olacağı düşünülerek tasarlanmıştır. Bu kapsamla 2019 yılı güz döneminde Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde "Doğadan Esinlenen Mimarilere Parametrik Yaklaşım" dersine kayıtlı bir grup yüksek lisans öğrencisi ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, doğal dil yaklaşımının öğrencilerin karmaşık biyolojik kavramları kavramalarına ve bunları tasarımlarına uygulamalarına yardımcı olmada etkili olduğu sonucunu ortaya koyulmuştur. Öğrencilerden alınan geri bildirimler, yaklaşımı biyomimetik ilkeleri anlama ve kullanma açısından değerli bulduklarını ve dönem boyu süren projeler, öğrencilerin bu ilkeleri yenilikçi mimari tasarımlara başarılı bir şekilde entegre edebildiklerini göstermektedir. Çalışma sonunda araştırmacılar, önerilen yöntemi diğer tasarım disiplinlerine de uyarlanabileceğini ifade etmektedir.

BÖLÜM III

Bu bölümde araştırmanın modeline, araştırmanın çalışma grubuna, veri toplama aracına ve verilerin analizine yönelik bilgilere yer verilmiştir.

YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Modeli

Biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşlerinin araştırılmasını amaçlayan bu araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden fenomenoloji (olgubilim) deseni kullanılmıştır. "Fenomenoloji, sosyal gerçekliği anlamak için bu gerçekliğin ortaya çıkardığı insan deneyimlerine odaklanır. Bu bağlamda olguya ilişkin deneyimler sorgulanır" (Ersoy, 2016). Fenomenoloji deseninde kişilerin davranışlarını anlamada, kişinin kendine özgü yaşantısının ve algısının bilinmesi savunulur. Fenomenoloji araştırma deseninde olgunun bilincinde olunduğu ancak yeterli bilgiye sahip olunmadığı noktalarına yoğunlaşır (Creswell, 2015). Birey ya da bireylerin bu olguya dair deneyiminin özü, anlamı ve yapısı araştırılır. Başka bir ifade ile bireylerin mevcut olguları nasıl deneyimledikleri metodolojik, derinlemesine ve özenli betimlemeyle çalışılır (Patton, 2014). Bu araştırmada derinlemesine incelenecek olgu, biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikri kavramına ilişkin görüşleri olarak kabul edilmiştir.

3.2. Araştırmanın Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu Ankara ilinde Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı devlet okullarında biyoloji ve fen bilimleri öğretmenliği yapmakta olan 19 öğretmen

oluşturmaktadır. Araştırmanın çalışma grubunun tespitinde belli özellikleri karşılayan öğretmenlerle görüşmeler yapıldığından, ölçüt örneklem tercih edilmiştir. Bu örnekleme yöntemi önceden tespit edilmiş bazı ölçütler ile kişilerin belirlenmesini içermektedir. Araştırmada ölçüt, katılımcıların biyoloji veya fen bilimleri öğretmeni olması ve aktif olarak öğretmenlik mesleğini icra etmesidir. Çalışma grubunu oluşturan öğretmenlere ilişkin betimsel istatistikler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1

Çalışma Grubunu Oluşturan Öğretmenlere İlişkin Betimsel İstatistikler

Katılımcı Kodu	Cinsiyet	Yaş	Mesleki Kıdem	Öğrenim Durumu	Branş	Öğretim Kademesi	Okul Türü
Ö1	Kadın	38	14 Yıl	Yüksek Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö2	Kadın	36	10 Yıl	Yüksek Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi
Ö3	Kadın	40	18 Yıl	Yüksek Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö4	Erkek	44	24 Yıl	Lisans	Biyoloji	Lise	Anadolu İmam-Hatip Lisesi
Ö5	Kadın	46	24 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	İmam-Hatip Ortaokulu
Ö6	Kadın	39	18 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	İmam-Hatip Ortaokulu
Ö7	Kadın	39	16 Yıl	Yüksek Lisans (Doktora Devam)	Fen Bilimleri	Ortaokul	1. Akşam Sanat Okulu
Ö8	Erkek	37	12 Yıl	Yüksek Lisans (Doktora Devam)	Fen Bilimleri	Ortaokul	Bilim ve Sanat Merkezi
Ö9	Erkek	47	25 Yıl	Yüksek Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi
Ö10	Kadın	39	16 Yıl	Tezli Yüksek Lisans/ Tezsiz Yüksek Lisans	Biyoloji	Lise	Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
Ö11	Kadın	52	29 Yıl	Yüksek Lisans	Biyoloji	Lise	Bilim ve Sanat Merkezi
Ö12	Erkek	39	12 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö13	Kadın	45	25 Yıl	Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi
Ö14	Kadın	36	11 Yıl	Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi
Ö15	Kadın	39	11 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö16	Kadın	51	28 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö17	Kadın	52	20 Yıl	Lisans	Fen Bilimleri	Ortaokul	Ortaokul
Ö18	Kadın	52	28 Yıl	Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi
Ö19	Kadın	53	30 Yıl	Lisans	Biyoloji	Lise	Fen Lisesi

Tablo 1'de görüldüğü üzere, çalışma grubunun on beşi kadın, dördü erkektir. Öğretmenlerin kimlik bilgilerinin gizliliğini sağlamak amacıyla her bir öğretmene Ö1 ile Ö19 arasında değişen kodlar verilmiştir. Öğretmenlerin dokuzu lise kademesinde biyoloji branşında, onu

ortaokul kademesinde fen bilimleri branşında görev yapmaktadır. Lise kademesinde görev yapan biyoloji öğretmenlerinin biri BİLSEM'de (Bilim ve Sanat Merkezi), altısı fen lisesinde, biri meslek ve teknik anadolu lisesinde, biri anadolu imam-hatip lisesinde görev yapmaktadır. Ortaokul kademesinde görev yapan fen bilimleri öğretmenlerinin biri BİLSEM'de, ikisi imam-hatip ortaokulunda, biri 1. akşam sanat okulunda ve altısı ortaokulda görev yapmaktadır. Çalışmaya katılan öğretmenlerin yaşları 36 ile 53 arasında; mesleki kıdemleri ise 10 yıl ile 30 yıl arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma grubunda yer alan öğretmenlerin öğrenim durumları incelendiğinde on bir öğretmenin lisans mezunu, beş öğretmenin yüksek lisans mezunu, bir öğretmenin hem tezli hem tezsiz yüksek lisans mezunu olduğu ve iki öğretmenin doktora eğitimine devam ettiği görülmektedir. Veri çeşitliliğini sağlamak adına farklı okul türlerinden, farklı mesleki kıdemlere sahip öğretmenlerin çalışmaya dâhil edilmesine dikkat edilmiştir.

3.3. Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından hazırlanan "Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikriye İlişkin Görüşleri" isimli yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Görüşme formu araştırmanın amaçları, alt amaçları ve ilgili alan yazın taranarak oluşturulmuştur. Görüşme formunun soruları; biyomimikri kavramına ilişkin hazırbulunuşluk düzeylerinin belirlenmesine, derslerde biyomimikri kullanımına, biyomimikrinin öğretim sürecinde sağladığı avantajlara, öğretmenlerin biyomimikriyi kullanırken karşılaştıkları zorlukların belirlenmesine ve biyomimikrinin kullanım amaçlarına yönelik olarak hazırlanmıştır. Belirtilen hususlar doğrultusunda soruların uygunluğunun değerlendirilmesi için araştırmacıdan bağımsız üçü Biyoloji Eğitimi alanında, ikisi Fen Bilgisi Eğitimi alanında, bir diğeri ise nitel çalışmalarda uzman 6 farklı akademisyenden uzman görüşü alınmıştır. Uzmanlardan gelen öneriler araştırmacı ve danışman ile birlikte değerlendirilmiş, bazı soruların alt soru olarak verilmesine, bazı soruların cümle yapısında değişiklik yapılmasına karar verilmiştir. Araştırmacı ve danışmanı tarafından düzenlenen soruların son hali bilgisayar ortamında Word programı ile yazılmıştır. Görüşme formu ile görüşmeler yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan görüşme soruları aşağıda yer almaktadır.

1. Biyomimikri kavramını daha önce duydunuz mu?

1.1. Duyduysanız bu bilgiyi nereden edindiniz?

2. Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?

2.1. Biyomimikri hangi disiplinleri içerebilir?

3. Biyomimikri sizce biyoloji öğretimine katkı sağlamakta mıdır?

3.1. Katkı sağlıyorsa nasıl?

4. Biyomimikri uygulamalarını derslerinizde kullanıyor musunuz?

4.1. Örnek vererek yaptığınız uygulamaları anlatır mısınız?

5. Biyomimikriyi hangi amaçla kullanıyorsunuz?

6. Derslerde biyomimikri kullanmanın sağladığı avantajlar nelerdir?

6.1. Biyomimikriyi derslerinizde kullanmanızın bilişsel kazanımlar, duyuşsal kazanımlar ve psikomotor kazanımlara yönelik sağladığı avantajlar nelerdir?

6.2. Kullanımdan önce ve sonra öğrencilerde bir değişim gözlemliyor musunuz? Açıklayabilir misiniz?

7. Biyomimikriyi derslerinizde kullanırken ne gibi zorluklarla karşılaşıyorsunuz?

8. Biyomimikrinin derslerde kullanımına yönelik önerileriniz nelerdir?

9. Yukarıdaki sorularda yer almayan ancak konuyla ilgili belirtmek istediğiniz başka görüş ve öneriniz var mı?

Hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla çalışmanın verileri toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formu Ek 3'te sunulmuştur.

Araştırmanın verilerinde geçerlik ve güvenirliğin (trustworthiness) sağlanabilmesi kapsamında (Lincon & Guba 1985'ten aktaran Creswell, 2016) belirtilen inanırlık (credibility), güvenilirlik (dependability), aktarılabilirlik (transferability) ve doğrulanabilirlik (confirmability) ölçütleri karşılanmaya çalışılmıştır. İnanırlığın arttırılmasında kullanılan yöntemlerden biri olan uzman incelemesi, araştırma hakkında uzman kişilerin araştırmayı farklı boyutlar açısından değerlendirmesidir (Merriam, 2013; Yıldırım & Şimşek, 2013). Bu kapsamda araştırmacı tarafından geliştirilen açık uçlu soru formu için uzman görüşü alınmıştır. Geliştirilen taslak görüşme formu 6 uzmanın görüşüne sunulmuştur. Uzmanlardan gelen öneriler araştırmacı ve danışman ile değerlendirilmiş ve

görüşme formuna son hali verilmiştir. Okuyucuların aktarılabilirliğe (transferability) ilişkin karar vermelerine olanak sağlayan zengin ve yoğun betimlemeler doğrudan alıntıların yapılmasıyla sağlanmıştır. Ayrıca aktarılabilirliğin sağlanması amacıyla katılımcıların özellikleri de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır (Merriam, 2013). Doğrulanabilirlik (Confirmability) nesnellik kriterine karşılık gelmekte olup, bulgu ve yorumların, veri toplamanın yanı sıra güvenilir bir sorgulama sürecinin bir sonucu olduğunu ifade etmektedir (Lincoln & Guba, 2013). Güvenilebilirliğin sağlanabilmesi için araştırma verileri birbirinden bağımsız şekilde, iki farklı araştırmacı tarafından analiz edilmiştir. Bu kapsamda araştırma verileri her bir araştırmacı tarafından bağımsız olarak analiz edilmiş ve ardından bir araya gelinerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Güvenirliğini sınamak amacıyla, Miles & Huberman'ın (1994) belirttiği aşağıdaki formül kullanılmıştır.

Uzlaşma Yüzdesi (P) = (Görüş Birliği (Na) / (Görüş Birliği (Na) + Görüş Ayrılığı (Nd)) x 100

$$\text{Uzlaşma Yüzdesi } (P) = \frac{[\text{GörüşBirliği } (Na)]}{\text{GörüşBirliği } (Na) + \text{Görüş Ayrılığı } (Nd)} \times 100$$

Nitel araştırmalarda güvenirliğin sağlanmasında uzlaşma yüzdesi oranının %70 (Miles & Huberman, 1994) ve üzerinde olması beklenmektedir. Bu kapsamda nitel veriler araştırmacıdan bağımsız iki farklı araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve uzlaşma yüzdesi hesaplanmıştır. Araştırma sonunda elde edilen nitel veriler iki farklı araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve görüşlerin kategorilere dağılımında farklılık tespit edilmiştir. İlk araştırmacı ile;

Uzlaşma Yüzdesi= 342/(342+60)x100= %85

İkinci araştırmacı ile;

Uzlaşma Yüzdesi= 350/(350+52)x100= %87

Sonuç olarak uzlaşma yüzdesi ilk araştırmacı ile %85, ikinci araştırmacı ile ise %87 olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı görüşleri arasında ortaya çıkan bu farklılıkları en aza indirmek amacıyla bu sonuçlar tartışılarak uzlaşma sağlanmıştır.

3.4. Veri Toplama Süreci

Ankara ilinde MEB'e bağlı kamu kurumlarında görev yapan biyoloji ve fen bilimleri öğretmenleriyle yarı yapılandırılmış görüşmenin yapılabilmesi için öncelikle Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli onay (EK 1) alınmıştır. Tüm gerekli izinler 21.03.2024 tarihinde tamamlanmıştır.

Verilerin toplanması amacıyla gerçekleştirilen görüşmeler, öğretmenlerden randevu alınarak belirlenen gün ve saatte gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerin on bir tanesi yüz yüze (Şekil 17), sekiz tanesi öğretmenlerin yoğun çalışma tempoları nedeniyle Zoom üzerinden çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 18). Görüşme öncesinde araştırmanın amacı öğretmenlere açıklanmış, ses ve görüntü kaydı alınıp alınmayacağı konusunda öğretmenlere izinleri sorulmuştur**.** Tüm öğretmenler ses kaydı alınmasına ve bazı katılımcılar da görüntü kaydı alınmasına izin vermiştir. Görüşmeler öğretmenlerin cevaplarına bağlı olarak 8-40 dakika arasında sürmüştür.

Şekil 18. Yüz yüze görüşme örneği

Şekil 19. Online görüşme örneği

3.5. Verilerin Analizi

Yapılan çalışmada veriler, içerik analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. İçerik analizi, verileri derinlemesine inceleyerek kavramlar ve kategoriler oluşturmayı hedefleyen bir analiz yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu konuda daha önce yapılmış bir çalışma bulunmadığı için, kodlar ve kategoriler doğrudan verilerden çıkarılmış ve tümevarımsal içerik analizi yöntemi kullanılmıştır (Hsieh & Shannon, 2005). Kategoriler, birden fazla kodun veya alt kategorinin bir araya gelerek ortak bir örüntü ve fikir oluşturması sürecinde oluşturulmuştur (Creswell, 2017).

Araştırmada veriler 19 öğretmene yöneltilen yarı yapılandırılmış görüşme formunda yer alan sorular ile toplanmıştır. Bu süreçte, araştırmanın amaçlarına uygun olarak öğretmenlerin ifadeleri kodlanmış, bu kodlar kategorilere ve ardından temalara dönüştürülmüştür. Alt kategoriler belirlenirken öğretmen ifadelerine olabildiğince sadık kalınmıştır. Bazı sorularda öğretmen görüşlerinin birden fazla tema ve/veya kategoriye hizmet etmesi nedeniyle frekans değeri 19 üzerinde çıkmıştır. Elde edilen bulgular, frekansları içeren tablolar ve araştırmacının yorumları ile birlikte sunulmuştur. Bulgularda öğretmenlerin yanıtlarına direkt olarak yer verilmiştir. Katılımcıların yanıtları değiştirilmeden aktarılacağı için

öğretmenler Ö1, Ö2 vs. şeklinde kodlanmıştır. Öğretmenler sorulara sözel olarak cevap vermiş, sonrasında elde edilen veriler aynen korunarak bilgisayar ortamında toplamda 39 sayfa olarak yazılı hale dönüştürülmüştür. Sonraki aşamada, verilerin hangi kategori ve temalar altında sınıflandırılacağına karar vermek için kodlar oluşturulmuştur. Bu kodlar, öğretmenlerin belirli ifadeleri ne sıklıkta tekrar ettiklerine göre geçici kategoriler altında toplanmıştır. Aynı süreç, iki alan uzmanı tarafından birbirinden bağımsız olarak yürütülmüştür. Bu aşamanın sonunda, elde edilen benzer kodlar için kategoriler belirlenmiş ve bu kategorilerin hangi tema altında yer aldığı tespit edilmiştir. İki uzmanın oluşturduğu kategori ve temalar karşılaştırılmış, benzerlikler ve farklılıklar göz önünde bulundurularak düzenlemeler yapılmıştır. Daha sonra, oluşturulan kategori ve temalar üçüncü bir araştırmacı tarafından incelenmiştir. Uzmanlar arasındaki kodlama tutarlılığı yüksek olarak değerlendirilmiştir.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE YORUM

Bu bölümde, yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin analiz ve sonuçlarına yer verilmiştir. Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda araştırmanın problem ve alt problemlerine ilişkin nitel bulgu ve yorumlar aşağıda yer almaktadır.

4.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Çalışmanın ilk alt problemi ışığında, öğretmenlerin biyomimikri kavramına ilişkin hazırbulunuşluklarını belirlemek amacıyla iki ana iki alt olmak üzere dört adet soru yöneltilmiştir. Bu sorulardan ilki "Biyomimikri kavramını daha önce duydunuz mu?" sorusudur. Görüşmeye katılan bütün öğretmenler (f=19) biyomimikri kavramını daha önce duyduğunu ifade etmiştir. Ö8 görüşmesinde "Evet, hali hazırda da konu üzerine çalışıyorum." ifadelerini kullanmış ve devam eden doktora tezinde biyomimikri konusunda çalışmalar yürüttüğünü belirtmiştir.

Biyomimikri kavramını daha önce duyduğunu belirten öğretmenlere alt soru olarak "Duyduysanız bu bilgiyi nereden edindiniz?" sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikri hakkında bilgi edinme yolları temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2

Biyomimikri Hakkında Bilgi Edinme Yollarına İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikri Hakkında Bilgi Edinme Yolları	Eğitim Hayatı	Üniversitede öğrendim (Ö2). Üniversiteden edindiğim bir bilgiydi (Ö9). Üniversitede derslerimden öğrendim (Ö13). Kavramsal olarak ilk olarak okul çağlarımda duydum (Ö17). İlk defa üniversitede duydum (Ö19).	8
	Kitaplar/Makaleler	Akademik kitaplardan öğrendim (Ö4). Ders kitaplarından öğrendim (Ö5). Kitaplara yerleştikçe oralardan okudum (Ö15). Kitaplardan okumuştum (Ö18).	7
	Ders Müfredatı	Dersimizde biyomimikriyle ilgili çok örnek var. Mesela sürtünmeyi anlatırken çocuklara sürtünmeyi azaltmak için dalgıç kıyafetleri yunuslardan esinlenilmiştir diyoruz. Uçaklarda hava sürtünmesini azaltmak için kuşların gagası gibi uzun, ince yapılmıştır diyoruz. Askeri kamuflaj kıyafetleri tasarlanırken doğada kamufle olan hayvanlardan esinlenilmiştir diyoruz. Yani müfredatımızın içinde var oradan öğrendim (Ö3). … daha önceki müfredatlarda olduğu için derslerde anlatıyorduk (Ö13). Kitaplarımızda vardı. 5. sınıftan itibaren sürtünme konularında geçiyordu (Ö16).	6
	Kişisel İlgileri	Biyoloji öğretmeni olduğum için daha çok dikkatimizi çeken kavramlar arasında yer alıyor (Ö18)i	2
	Diğer	TÜBİTAK projeleri için konu ararken gördüm (Ö15).	2

Tablo 2 incelendiğinde, biyomimikri hakkında bilgi edinme yolları teması kapsamında yer alan görüşlerin; eğitim hayatı, kitaplar/makale, müfredat, kişisel ilgi ve diğer olmak üzere beş ayrı kategori altında toplandığı görülmüştür. Öğretmenlerin büyük çoğunluğunun biyomimikri kavramıyla eğitim hayatlarında, özellikle üniversite kademesinde karşılaştıkları görülmektedir. Benzer şekilde görüşlerin yoğunlaştığı (f=7) diğer kategori olan kitaplar/makale kategorisi incelendiğinde öğretmenlerin biyomimikriyle meslek hayatları sırasında ders kitaplarında karşılaştıkları, akademik kitaplara ve bilimsel makalelere yerleştikçe bu kavramla tanıştıkları görülmektedir. Ö11 bu durumu "Ayrıca okuduğumuz makalelerde de bu kavramlar karşımıza çıkıyor." şeklinde açıklayarak okuduğu makalelerden biyomimikriye ilişkin bilgiler edindiğini ifade etmiştir.

Görüşlerin yoğunlaştığı (f=6) diğer bir kategori ise müfredat kategorisidir. Tablo 2 incelendiğinde öğretmenlerin, bir önceki lise müfredatında bu kavramın yer aldığını ve bu nedenle öğrencilere derslerinde bahsettiklerini ifade ettikleri görülmektedir. Ek olarak fen bilimleri öğretmenlerinin, sürtünme konusunu ve ekosistem ünitesini anlatırken biyomimikriyi kullandıkları, hayvanlardan örnekler vererek konu anlatımını sağladıkları yapılan görüşmelerden elde sonuçlar arasında yer almaktadır. Ö6 "7. sınıf ekosistemler konusunda doğadan ilham alan taklitler diye bir okuma parçası vardı." şeklindeki ifadeleriyle, biyomimikrinin fen bilimleri ders kitaplarında okuma parçası olarak yer aldığı bilgisini paylaşmıştır. Bu durum da fen bilimleri ders kitaplarında biyomimikri kavramına çok kısa da olsa değinildiği ve konu anlatımında destekleyici kavram olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılmasını sağlamıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda, fen bilimleri branşında görev yapan öğretmenlerin müfredat içerisinde yer alan konularda biyomimikri kavramıyla daha fazla karşılaştığı ve derslerinde kullandığı görülmüştür.

Tablo 2'de görüldüğü üzere, bazı öğretmenlerin kişisel gelişimleri için yapmış oldukları okumalarda ve araştırmalarda biyomimikri kavramıyla karşılaştıkları görülmektedir. Bunun haricinde belirlenen kategoriler dışında ek olarak, öğretmenlerin katıldıkları seminerlerde, aldıkları eğitimlerde, geliştirmeyi planladıkları TÜBİTAK projelerine konu arayışlarında biyomimikri kavramıyla karşılaştıkları yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgiler arasında yer almıştır.

Öğretmenlerin hazırbulunuşluklarını belirlemek amacıyla ikinci ana soru olarak "Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?" sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikri kavramının tanımı temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmektedir (Tablo 3).

Tablo 3 incelendiğinde, biyomimikri kavramının tanımına ilişkin bulgular teması kapsamında yer alan görüşlerin, taklit etmek ve yeni ürün tasarlamak/tasarım yapmak olmak üzere iki ayrı kategori altında toplandığı görülmüştür. Biyomimikri tanımlanırken en sık kullanılan kelimenin "taklit etmek" (f=16) olduğu görülmüştür. Öğretmenlerle yapılan görüşmelerde, biyomimikriyi tanımlarken; doğayı, canlıları, hayvanları taklit ederek yeni ürünler, tasarımlar ortaya koyulması ifadelerine sıkça rastlanılmıştır.

Tablo 3

Biyomimikri Kavramının Tanımına İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikri Kavramının Tanımı	Taklit Etmek	Kısaca doğada taklit diyebilirim. (Ö5) Doğadaki canlıları, tasarım yaparken mimaride, elektronik araç tasarlanmasında taklit edilmesi. (Ö6) "Biyo" canlı, "mimikri" de benzetim. Canlılardan esinlenilerek teknolojiye benzetim ve teknolojiyi de kullanarak canlıların özelliklerini yansıtma olarak düşünüyorum. Örneğin ördeğin ayağının perdeli olmasından yola çıkılarak paletlerin oluşturulası, uçağın rüzgârı yarmak için kuşların burnu ve baş yapılarıyla ilgili benzetimler var. (Ö11) İnsanların hayatlarını daha ergonomik hale getirebilmek için hayvanları örnek almaları olarak tanımlayabilirim. (Ö15)	16
	Yeni Ürün Tasarlamak/ Tasarım Yapmak	…günlük yaşamdaki herhangi bir problemi çözümlemek amacıyla bir tasarım geliştirmek, örnek almak, esinlenmek, ilham alarak bir şey tasarlamak olarak tanımlıyoruz. (Ö2) Kısaca tanımlayacak olursam "Doğada doğal olarak bulunan canlıların çeşitli tasarımlara dönüştürülmesi" diyebilirim. (Ö7) Doğadaki canlıların belirli özelliklerini taklit ederek günlük yaşamda insanoğlunun işlerini kolaylaştırıcı şekilde canlıları ya da yaşam alanlarını örnek alarak çeşitli makineler veya yapılan icatlar olarak tanımlayabilirim. (Ö10)	7

Görüşmeler esnasında bazı öğretmenlerin "biyomimikri" ve "mimikri" kavramlarını aynı anlamda kullandıkları ve bu konuda bir kavram karmaşası yaşadıkları fark edilmiştir. Yapılan görüşmeler esnasında özellikle biyoloji branşında görev yapan öğretmenlerin, biyomimikri kavramı yerine mimikri kavramını tanımladıkları görülmüştür. Örneğin, Ö18'in "Taklit etmek. Bir türün, yakın bir türün benzer özelliklerini taklit etmesi olarak tanımlayabiliriz." ve Ö9'un "Farklı farklı tanımlar var biyomimikriyle alakalı. Mesela bir hayvanın davranışının taklit edilmesi." şeklindeki görüşleri bu durumu destekleyen cevaplar arasında yer almaktadır.

Tablo 3'te yer alan yeni ürün tasarlamak/tasarım yapmak kategorisi incelendiğinde, biyomimikrinin öğretmenler tarafından doğadan ilham alarak doğa dostu, sürdürülebilir, ergonomik ve yaşamı kolaylaştırıcı yeni şeyler tasarlamak olarak ifade edildiği, canlıların özelliklerini teknolojiye uyarlamak ve teknolojik gelişmelere doğada var olan canlıların

özelliklerinin benzetilmesi olarak tanımlandığı görülmektedir. Bu kategoride yer alan öğretmen görüşleri incelendiğinde, öğretmenlerin doğada var olan canlıların özelliklerinin teknolojiye entegre edilmesi, teknolojik yenilikler ortaya koyulması gibi ifadeler kullandıkları ve biyomimikrinin teknolojiyle bağlantısını ifade ettikleri dikkat çeken noktalar arasında yer almaktadır.

Öğretmenlere "Biyomimikri hangi disiplinleri içerebilir?" şeklinde ikinci sorunun alt sorusu yöneltilmiştir. Öğretmenlerin soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde "mühendislik (f=15)", "biyoloji (f=11)", "birçok disiplin (f=9)", "fizik (f=8)", "mimarlık (f=6)", "tıp/eczacılık (f=6)", "matematik (f=6)", "fen bilimleri (f=4)", "tasarım (f=4)", "havacılık ve uzay sanayi (f=4)", "kimya (f=2)", "sanat (f=2)", "moda (f=2)", "teknoloji (f=2)", "STEM (f=2)" ve diğer disiplinleri (f=6) içerdiğini ifade ettikleri görülmektedir. Ö8 "Eğitimde kullanılmaya başlandı." şeklindeki görüşüyle biyomimikrinin eğitimde kullanılmaya başlandığını ifade etmiştir. Yapılan görüşmeler sırasında biyomimikrinin eğitimdeki kullanımını belirten öğretmen sayısı bir kişi ile sınırlı kalmıştır. Biyomimikrinin tanımı dolayısıyla, öğretmenlerin aklına ilk gelen disiplinler, mühendislik ve biyoloji olmuştur. Biyomimikrinin birçok disiplini içerdiği yine öğretmenler tarafından yoğun şekilde (f=9) ifade edilmiştir. Ö14 bu sorudaki görüşünü "Aslında teknoloji sürekli geliştiği için aklımıza gelen her alanda kullanılabilir oluyor." şeklinde ifade etmektedir.

4.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Öğretmenlere, ikinci alt probleme ilişkin biyomimikriyi derslerinde kullanım durumları ve kullanıyorlarsa nasıl uygulamalar, çalışmalar veya etkinlikler yaptırdıklarına yönelik bir ana, bir alt soru yöneltilmiştir. Bu sorulardan ilki "Biyomimikri uygulamalarını derslerinizde kullanıyor musunuz?" şeklindedir. Öğretmenlerden alınan cevaplar incelendiğinde, on öğretmenin "Evet", dokuz öğretmenin "Hayır" cevabını verdiği görülmüştür. "Evet" cevabını veren öğretmenlerden dördü ise biyomimikriyi projelerinde kullandığını ifade etmiştir. "Evet" cevabını veren öğretmenlerin görüşleri analiz edildiğinde, bazı öğretmenlerin öğrencilerine konuyla ilişkili uygulamalı çalışmalar yaptırdıkları; bazı öğretmenlerin ise müfredatta yer almadığı için derslerinde uygulamalar yaptırmasalar da konu içerisinde örnek olarak verdikleri ve konunun anlaşılmasında destekleyici olarak kullandıkları görülmüştür. "Hayır" cevabını veren öğretmenlerin görüşleri analiz edildiğinde

ise öğretmenlerin müfredatta bu kavrama ilişkin bir bölümün olmamasından kaynaklı olarak kullanmadıkları ve özellikle biyoloji öğretmenlerinin öğrencilerini üniversite sınavına yönelik olarak hazırladıkları için bu kavrama yönelik etkinlikler yaptırmaya vakit bulamadıklarını belirttikleri görülmüştür. "Projelerde kullanıyorum" cevabını veren öğretmenlerin cevapları analiz edildiğinde TÜBİTAK ve TEKNOFEST projelerinde kullandıklarını, kavramdan ilham alarak tasarımlar ve çözüm önerileri geliştirdiklerini ifade ettikleri görülmüştür. Bu görüşlerden ve yapılan analizlerden yola çıkılarak, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoloji öğretmenlerine nazaran biyomimikri kavramını daha fazla kullandıkları görülmüştür.

Sorunun alt sorusu olarak "Evet" cevabını veren öğretmenlere "Örnek vererek yaptığınız uygulamaları anlatır mısınız?" sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikri kullanılarak yapılan uygulamalar temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılımı Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4

Biyomimikri Kullanılarak Yapılan Uygulamalara İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikri Kullanılarak Yapılan Uygulamalar	Hayvanlar	Enerji dönüşümlerinde bir materyal tasarlarken biyomimikriyi kullanmıştık. Mesela biz okulda kendi dronumuzu tasarlamıştık yeni teknolojiler ile ilgili konuda. Drone erkek arı demek. Ondan esinlenerek yola çıkmıştık (Ö1). Yusufçuk böceğinin görünüşünden, tasarımından ilham alınarak helikopterin geliştirildiği… (Ö2). Ses hızını anlatırken sonar cihazları, ultrason cihazları mesela yarasalardan esinlenerek yapılmıştır. Çünkü yarasalar görmeyen canlılardır gibi ayrıntılı olarak anlatıyorum çünkü çocukların dikkatini çekiyor (Ö3). Bir öğrencim çok hızlı uçan ve çok hızlı dalış yapabilen bir kuştan ilham alarak İHA tasarımı yapmıştı (Ö6). Balıkların yapısı ve gemilerin neden sivri tasarlandığından hareketle uçak ve gemi modelleri yaptık (Ö7). Makineleri anlatırken hızlı treni, sesin yalıtımı konusunda yalıçapkını kuşunu örnek vererek kullanıyorum (Ö17).	15
	Bitkiler	Güneş panellerinin bitkideki yapraklardan ilham alınarak… (Ö2). …kaktüslerin içerisinde suyun depolanma şekillerinden örnekler aldılar (Ö8).	3

Hayvanlar kategorisi incelendiğinde, öğretmenlerin rehberliğinde gerçekleştirilen tasarımlarda, yusufçuk böceğinin dış görünüşünden, Namib çölü böceklerinin su buharını yoğunlaştırarak ihtiyacı olan suyu elde etmesi özelliğinden ve arıların sahip olduğu yeteneklerden esinlenildiği görülmektedir. Ö8 "Örnek verecek olursam suyun depolama

sistemlerine yönelik bir çalışmamız oldu. Çocuklar bu konuda çeşitli araştırmalar yaptılar. Bu araştırmalar sonucunda kendileri, havadaki su buharını yoğunlaştırarak su damlacıkları haline getiren Namibya çölü böceklerinden ilham aldılar." şeklindeki ifadelerini kullanmıştır. Benzer şekilde öğretmenler, öğrencilerin kuşların gaga yapısından ve uçuş yeteneklerinden ilham alarak yarışmalar için insansız hava aracı (İHA) tasarladıkları, uçak ve gemi modelleri yaptıklarını belirtmişlerdir. Havacılık ve uzay çalışmalarında yaptıkları tasarımlarda ve modellemelerde, kuşların öğrencilere pek çok noktada örnek olduğu görülmektedir. Öğretmenler, öğrencilerinden yapmalarını istedikleri çalışmaları somutlaştırmak adına yarasalardan ilham alınarak radar sistemlerinin geliştirildiğini ve ders konuları arasında yer alan ses hızı konusu anlatılırken, yarasalardan esinlenildiğini ifade etmişlerdir. Öğretmenlerin derslerinde biyomimikriye dair örnekler vererek hem konunun anlaşılmasına destek oldukları hem de öğrencilerinde farkındalık oluşturdukları yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bulgular arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda, hayvanların sadece dış görünüşlerinden değil birçok özelliğinden ilham alındığı ve problemlere çözüm önerileri geliştirildiği, görüşmelerde elde edilen veriler arasında yer almaktadır. Ö10 görüşmede,

> "TÜBİTAK'a bir proje yaptık. Projenin adı "Ekosistem Mühendisi Karıncalar". Danışman öğretmen olarak yer aldım. Karıncaların yaşamını, kurdukları şehirleri, aralarındaki ilişkiyi izleyip ona göre sürdürülebilir bir yaşam için nasıl kentler kurmalıyız diye bir çalışma yaptık. Bunun için birkaç tane karınca aldık. Onları besleyip büyütüp koloniler oluşturmaya çalıştık. Nasıl yuva yapıyorlar onları gözlemledik ve çok değişik bilgiler edindik. Mesela beyinleri en büyük böcek karıncaymış bu bilgiye ulaştık ek olarak karıncaların ölülerini bir yere topladığını, bir bölgeyi tarım alanı olarak kullandıklarını, bir yeri mutfak olarak, bir bölgede değişik hayvanları besleyerek hayvancılık yaptıklarını gördük. Bu projede onların yaşamlarını taklit ettik ve bu yaşamdan ilham aldık."

ifadelerini kullanmıştır. Ö10, karıncaların yuvalarının inşasından sosyal ilişkilerine, beslenme biçimlerinden tarım ve hayvancılık yapmalarına kadar hemen hemen karıncalar hakkında tüm bilgilere birinci elden ulaşma imkânı bulduğunu söylemiştir. Sürdürülebilir yaşam için karıncaların yaşamlarından ilham alınarak doğa dostu kentler kurulabileceği ve insanoğlunun özellikle yerleşim alanlarının inşasında doğayı inceleyerek öğrencilerin, tüm sorularına cevaplar bulabileceğini ifade etmiştir. Ö10, biyolojinin ve biyomimikrinin, bir bilim dalı olarak fen alanına katkısı dışında mühendislik, mimarlık gibi disiplinlere de fayda sağladıklarını da ifade etmiştir.

Diğer bir kategori olan bitkiler kategorisi incelendiğinde, öğretmenlerin ayçiçeğinin yönelim hareketinden ilham alınarak tasarlanan biyonik kollara ilişkin bilgileri öğrencileriyle

paylaştığı görülmektedir. Ö8 ile yapılan görüşmede katılımcı öğrencileriyle birlikte yaptığı bir uygulamayı paylaşmıştır. Ö8 "Öğrencilere yağmur suları boşa gidiyor. Bu yağmur sularının şehirlerde kullanılabilmesi için nasıl bir tasarım yapılabilir? Çocuklar bu konuda çeşitli araştırmalar yaptılar. …depolama sistemlerine kaktüsleri örnek verdiler. Tabi kaktüslerde direkt depolama olmuyor ama kaktüslerin içerisinde suyun depolanma şekillerinden örnekler aldılar." ifadeleriyle öğrencileri ile birlikte gelecek zamanların en büyük çevre sorunları arasında yer alacak olan su kıtlığına bir çözüm önerisi geliştirmeye çalıştıkları yapılan görüşmeden elde edilen bulgular arasındadır. Ö8, bunun içinde doğada çöl iklimine uyum sağlayıp yaşama şansı bulan kaktüslerden ilham alan tasarımlar geliştirdiklerini belirtmiştir.

Tablo 4'te yer alan görüşler bir bütün halinde incelendiğinde, öğretmenlerin biyomimikriyi derslerinde örnek oluşturmak, yapılacak projelerde ilham kaynağı olmak, karşılaşılan problemlere çözüm önerileri geliştirmek ve insanlığın uzun vadede ihtiyacı olan sürdürülebilir tasarımlar geliştirmesine yardımcı olması amacıyla yönlendirici örnekler sunmak için kullandıkları görülmektedir.

4.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

Çalışmanın bir diğer alt problemine cevap bulmak için biyomimikri kavramını derslerinde kullandığını ifade eden öğretmenlere, kavramı neden kullandıklarını belirtmeleri amacıyla bir soru yöneltilmiştir. Biyomimikri kavramının kullanım nedenleri temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5 incelendiğinde öğretmenlerin, biyomimikri kavramını en çok ders içeriğini pekiştirmek için kullandıkları görülmektedir. Görüşlerde, öğretmenlerin biyomimikriyi konu aralarında, öğrencileri konu hakkında bir soru sorduğunda, derslerde örneklendirme yapmak istediklerinde, sohbet aralarında ya da direkt konu anlatımı olarak kullandıklarını belirtmişlerdir. Görüşmeye katılan bazı öğretmenler ise teorik anlatımın yanında biyomimikri kavramını uygulamalı olarak da kullandıklarını söylemişlerdir. Bu öğretmenler, uygulamalı biyomimikri örneklerinin, öğrencilerde farkındalık kazandırma da önemli olduğunu vurgulamıştır.

Tablo 5

Biyomimikri Kavramının Kullanım Nedenlerine İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikri Kavramının Kullanım Nedenleri	Ders İçeriğini Pekiştirmek	Derslerimde konular arasında anlatıyorum (Ö3). Derslerimde konuya direkt yer veriyorum, her dönem teorik ve basit etkinlik olarak yer veriyorum (Ö8). Derslerde yeri geldiğinde, öğrencim sorduğunda ya da sohbet arasında bazen yer veriyorum (Ö11). Derslerde örnek vermek için kullanıyorum (Ö15). Derslerde örnek vermek ve konu aralarında derse katkı sağlaması için kullanıyorum (Ö17).	11
	Proje Geliştirmek	Matematiksel modelleme için proje kapsamında biyomimikriyi kullanmıştık. Öğrencilerin yapmış oldukları STEM çalışmalarında tasarım boyutunda biyomimikriden yola çıkıldı. Sadece görsel olarak değil işlevinden yola çıkıldı. Ayçiçeğinin yönelmesinden yola çıkılarak biz bir ev tasarlamıştık. Güneş enerjisi için ayçiçeği gibi bir tasarım yapılıp onun yönelmesini sağlamıştık (Ö1). Bir de TÜBİTAK 2204-A projeleri yapıyoruz bu projenin alt tema konu başlıklarından bir tanesi biyotaklit. Buralarda öğrencilere anlatıyoruz (Ö2). TÜBİTAK 2204-B projeleri yapıyoruz oralarda kullanıyoruz (Ö8).	8
	Doğaya Karşı Farkındalık Kazandırmak	…doğaya farkındalıklar kazandırmak için kullanıyorum (Ö15).	2
	Atölye Çalışmasını Desteklemek	STEM atölyem var orada kullanıyorum (Ö8).	2

Proje geliştirmek kategorisi incelendiğinde, öğretmenlerin TÜBİTAK ve TEKNOFEST projelerinde biyomimikri konusuna yer verdikleri ve öğrencilerini bu konuda yönlendirdikleri görülmektedir. Meraklı öğrencilerin yapmış oldukları araştırmalarda, biyomimikri kavramıyla karşılaşmaları sonucu proje ürettikleri ve öğretmenlerin bu konuda öğrencilerine rehberlik ettikleri yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bulgular arasında yer almaktadır. Ö10 bu konudaki görüşünü "Projelere ilham olması açısından kullanıyoruz.

Meraklı öğrencilerin proje fikirlerini biyomimikriyle destekleyebiliyoruz.” şeklinde ifade etmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde, öğretmenlerin öğrencilerine doğaya karşı farkındalık kazandırmak için biyomimikri kavramını kullandıkları görülmektedir. Ö19 “Güncel konuları anlatırken çocuklara biyoloji okuryazarı olsunlar, çevreye duyarlı yetişsinler, çevreye bakış açıları değişsin diye vermeye çalışıyorum.” görüşüyle öğrencilerini doğaya duyarlı bireyler olarak yetişmelerine rehberlik etmek için biyomimikri kavramını kullandığını belirtmiştir.

Atölye çalışmasını desteklemek kategorisi incelendiğinde öğretmenlerin, biyomimikrinin disiplinlerarası yapısından faydalanarak STEM atölyelerinde konuya yer verdikleri, bu yaklaşımla biyomimikri kavramını birleştirerek STEM çalışmaları yaptırdıklarını ifade ettikleri görülmektedir. Bu çalışmaların, öğrencilerin çok yönlü gelişimine fayda sağladığına ilişkin ifadeler, yapılan görüşmelerde elde edilen sonuçlar arasında yer almıştır.

4.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

Çalışmanın dördüncü alt probleminde, derslerde biyomimikri kavramına ve uygulamalarına yer vermenin sağlamış olduğu katkıların neler olduğu araştırılmıştır. Alt probleme ilişkin öğretmenlere beş soru yöneltilmiş olup, bu sorulardan ikisi ana soru, üçü destekleyici alt sorudur. Öğretmenlere ilk olarak, “Biyomimikri sizce biyoloji öğretimine katkı sağlamakta mıdır?” sorusu sorulmuştur. Öğretmenlerden 16’sı “Evet”, 3’ü ise “Hayır” cevabını vermiştir. Ö6 “Biyomimikrinin uygulanma alanlarını düşündüğüm zaman biyoloji öğretimine kült bir katkı sağlıyor gibi gelmedi.” görüşüyle, biyomimikri kullanılarak yapılan uygulamaların biyoloji öğretimine net bir katkı sağladığını düşünmezken, diğer alanlara bir katkısı olabileceğini belirmiştir. Benzer şekilde Ö17 “Doğrudan biyolojiye katkısı vardır diyemem.” görüşüyle, biyomimikrinin biyolojiye bir katkı sağlamadığını belirtmiştir. Ö3 ise “Direkt biyolojiden ziyade bence biyoloji sayesinde diğer alanlara katkı sağlıyor.” görüşüyle, biyolojiye katkısının ötesinde biyolojinin etkisiyle başka alanlara katkılar sağladığını belirtmiştir.

Öğretmenlere görüşmenin devamında “Katkı sağlıyorsa nasıl?” sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikrinin biyoloji öğretimine sağladığı katkılar temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6

Biyomimikrinin Biyoloji Öğretimine Sağladığı Katkılara İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikrinin Biyoloji Öğretimine Sağladığı Katkılar	Bilime ve Teknolojiye Katkısı	… biyolojiye fayda değil de biyolojinin teknolojiye sağladığı fayda olarak düşünüyorum. Biyomimikri biraz daha sonuç oluyor (Ö4). Biyoteknolojinin gelişmesi olabilir… (Ö5). Ancak canlılar doğada var oldukları için biyomimikri bilimine katkısı daha çok çünkü taklit eden biziz (Ö7). …Dünyadaki canlılara bakarak bir şeyler tasarlamak, geliştirmek belki bir soruna çare bulmak açısından önemli olduğunu düşünüyorum (Ö9). Bence insanlar ilerleyen zamanlarda doğaya uygun ve sürdürülebilir bir yaşantıyı sağlayabilmek adına canlıları daha çok taklit etmeleri gerektiğini düşüneceğini daha çok onları izlemeleri ve esinlenmeleri gerektiğini anlayacak ve dolayısıyla biyolojinin bu alanına katkı sağlar. Hatta böyle bir alan açılabilir ve bu alanlar için insanlar yetiştirilebilir. Dolayısıyla da biyolojiye daha çok yönelme ve daha çok yatırım yapılabilir (Ö10). Bazı teknolojik aletlerin yapımında mesela kullanıldığı için katkı sağlıyordur (Ö12).	12
	Materyal ve Proje Tasarımına Katkısı	Biyoloji eğitimde materyal tasarımlarında, teknolojinin eğitime entegresindeki teknolojik işlevsel olarak esinlenilebilir diye düşünüyorum (Ö1). …Mesela çocuğa bak bu böceğin ayak yapısı bu şekilde dediğimiz zaman dikkatini çekiyor ve ben bunu başka bir şeyle nasıl birleştirebilirim diye düşünüyor (Ö11). Doğadan faydalanarak TÜBİTAK projeleri olsun, model tasarımları olsun bunlarda faydası olabilir (Ö13).	6
	Doğayı ve Canlıları Daha İyi Anlamaya Katkısı	…canlıları daha iyi anlama ve canlıları daha iyi tanıma olabilir, canlı türlerinin korunması olabilir (Ö5). Biz onların nasıl hareket ettiğini, yapılarının ne olduğunu, kimyasal özelliklerini anlama açısından sadece bize olan bir katkısı olabilir… (Ö7). Canlıların öğrenciler tarafından öğrenilmesi konusunda biyoloji biyomimikriye katkı sağlıyordur (Ö17).	4
	Ders Olarak Katkısı	Eğitim alanında özellikle bireylerin biyoloji eğitimine girmelerine teşvik edici bir yanı vardır (Ö8). Biyomimikrinin derslerde verilmesi, çocuklara öğretilmesi katkı sağlar ve büyük yardımı olur (Ö15).	3
	Diğer	Biyomimikriden yola çıkılarak öğrenciler tasarlamış oldukları materyallerde matematiksel modelleme ve hesaplamalar yapmışlardı matematik okuryazarlığına yönelikti (Ö1). Biyolojiye ilgi çekilmesine, insanların merakının artmasına, gözlem yeteneğini geliştirmesine katkı sağlıyor diyebiliriz. Farklı alanlara sağladığı katkılardan dolayı biyolojinin ön plana çıkmasını da sağlıyor diyebiliriz (Ö14).	2

Tablo 6 incelendiğinde, bilime ve teknolojiye, materyal ve proje tasarımına, doğayı ve canlıları daha iyi anlamaya, ders olarak katkısı ve diğer olmak üzere beş kategoriden oluştuğu görülmektedir. Öğretmenlerin görüşleri analiz edildiğinde, görüşlerin bilime ve teknolojiye katkısı kategorisinde yoğunlaştığı (f=12) görülmektedir. Görüşler incelendiğinde öğretmenler, biyolojiden faydalanılarak teknolojiye ve bilime katkı

sunulduğunu, doğada var olan canlıların özelliklerden faydalanılarak bilimsel ve teknolojik yenilikler yapıldığını belirtmişlerdir. Ö10 "Bence insanlar ilerleyen zamanlarda doğaya uygun ve sürdürülebilir bir yaşantıyı sağlayabilmek adına canlıları daha çok taklit etmeleri gerektiğini düşünecek ve doğayı daha çok onları izlemeleri ve esinlenmeleri gerektiğini anlayacaktır. Hatta üniversitelerde böyle bir alan açılabilir ve bu alanlar için insanlar yetiştirilebilir. Dolayısıyla da biyolojiye daha çok yönelme ve daha çok yatırım yapılabilir." görüşüyle biyolojiyle bağlantılı yeni araştırma ve meslek gruplarının ortaya çıkabileceğini bu yönüyle de biyolojiye katkı sağlayacağını ifade etmiştir.

Materyal ve proje tasarımına katkısı kategorisine yönelik görüşler incelendiğinde, biyomimikrinin tanımına ve hedeflerine uygun olarak tasarlanan eğitim materyallerin, biyomimikri öğretimine katkı sağlayacağı yönünde görüşlerin yer aldığı görülmektedir. Benzer şekilde, biyomimikrinin konu alındığı projelerin tasarlanmasının biyolojiye katkısı olabileceğine yönelik görüşler öğretmenler tarafından ifade edilmiştir.

Doğayı ve canlıları daha iyi anlamaya katkısı kategorisi incelendiğinde öğretmenler, öğrencilerin yaptığı tasarımlarda doğanın kendisini, içinde var olan olayları, barındırdığı canlı ve cansız tüm varlıkları daha iyi anladığına yönelik görüşler belirttiği görülmektedir.

Ders olarak katkısı kategorisinde yer alan görüşler incelendiğinde öğretmenler, öğrencilerin biyolojiye yönelmesinde teşvik edici ve biyoloji öğretiminde destekleyici rolü olduğuna değinmiştir. Fen bilimleri altında yer alan biyomimikrinin matematik okuryazarlığına yönelik çalışmalar yapılmasına imkân tanıdığı, yani disiplinler arası yapısının öğrencilere diğer disiplinlerde de destekleyici olduğunun ifade edildiği; ek olarak biyoloji alanını ilgi çekici hale getirerek biyolojinin ön plana çıkmasında katkı sağlaması ise diğer görüşler arasında yer almaktadır.

Biyomimikri kullanımının sağladığı katkıların neler olduğunun belirlenmesi amacıyla öğretmenlere, "Derslerde biyomimikri kullanmanın sağladığı avantajlar nelerdir?", "Biyomimikriyi derslerinizde kullanmanızın bilişsel kazanımlar, duyuşsal kazanımlar ve psikomotor kazanımlara yönelik sağladığı avantajlar nelerdir?" ve "Kullanımdan önce ve sonra öğrencilerde bir değişim gözlemliyor musunuz? Açıklayabilir misiniz?" şeklinde bir ana, iki alt soru olmak üzere üç soru yöneltilmiştir. Görüşmelerin gerçekleştirildiği her öğretmen derslerinde biyomimikri kavramını kullanmadığı için bu soruya cevap veren

öğretmen sayısı sınırlı kalmıştır. Biyomimikrinin derslerde kullanımının sağladığı katkılar temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmiştir (Tablo 7)

Tablo 7

Biyomimikrinin Derslerde Kullanımının Sağladığı Katkılara İlişkin Bulgular

	Kategori	Alt Kategori	Görüşler	f
Biyomimikrinin Derslerde Kullanımının Sağladığı Katkılar	Bilişsel Kazanımlar	Bakış Açısını Değiştirmesi/ Farkındalık Kazandırması	Çocukların doğaya bakış açısı değişiyor (Ö1). Ülkenin gelişimi açısından da bu sayede bakış açıları geliştirilebilir (Ö9). Öğrencilerin ufkunu açtığını düşünüyorum (Ö15). Duyuşsal olarak da farkındalık kazanıyorlar (Ö16).	14
		Dersin Etkililiğini Arttırması	Konu dikkat çekici hale geliyor (Ö3). Dersi seviyorlar (Ö8). Örnek vermeye çalışarak derslere katılmaları için teşvik ediyor (Ö15). Ders eğlenceli hale geliyor. Dikkat çekici oluyor (Ö17).	9
		Öğrencilerin Bilgi Sahibi Olması	Canlılar ve ekoloji anlamında daha çok bilgi sahibi oluyorlar (Ö1). Bilişsel anlamda canlılar ve özellikleri hakkında bilgiler ediniyorlar (Ö17).	8
		Günlük Hayatla İlişkilendirmesi/ Okulla Bütünleştirmesi	Bizler hem fen derslerini öğrencilerin günlük hayatlarına aktarabiliyoruz hem de okulla gerçek yaşamı bağdaştırdıklarını görebiliyoruz (Ö7). İcat edilen bulunan bir şeyin bağımsız bulunmadığını aslında doğada bazı şeylerin var olduğunu ve bunları yorumlamak gerektiğini çocuk fark ediyor (Ö16).	5
		Öğretmen Gelişimine Katkı Sağlaması	İçlerinde bizim bilmediklerimiz de var. Bunlara da vakıf olmuş oluyoruz (Ö1).	2

Tablo 7 (devam)

Biyomimikrinin Derslerde Kullanımının Sağladığı Katkılara İlişkin Bulgular

Kategori	Alt Kategori	Görüşler	f
Duyuşsal Kazanımlar	Öğrencilerin Heves ve İlgisini Arttırması	Çocukların bence derse olan ilgisi artıyor (Ö1). Genel olarak bakacak olursak ilgilerini çekiyor (Ö6). İlgilerini çekiyor (Ö7). Bir şeyleri başarabilme duygusunu tattıkları için başka projeler arayışlarına girdiler. Çocuklarda istek uyandırdı (Ö10).	11
	İlham Alması	Tasarım noktasında ilham oluyor (Ö1). İlham alıyorlar (Ö10).	4
	Heyecan ve Merak Uyandırması	Hayvanlarla teknolojik tasarımları birleştirdiklerinde daha çok hoşlarına gidiyor (Ö2). Ek olarak öğrencilere üretilen şeylerin aslında o kadar zor olmadığı hissini verebiliyoruz. Bunu hissetmek onlara heyecan veriyor (Ö7). Konuya ilişkin merakları da arttı (Ö10).	4
Psikomotor Kazanımlar	El Becerisi Kazanması/ Psikomotor Beceri Kazanması	Bir tasarım var ve bu tasarımın kullanımı var bu yüzden psikomotor açıdan öğrenciyi geliştirecektir (Ö2). Farklı motor becerilerini geliştirdiğini düşünüyorum (Ö10).	6
	Gözlem Yeteneği Kazanması	Gözlem yeteneği kazandırdığını düşünüyorum. (Ö15) En önemli avantajı çocuklara doğaya bakma, gözlem yeteneği kazandırıyor (Ö17).	3

Tablo 7 incelendiğinde, görüşlerin bilişsel kazanımlar, duyuşsal kazanımlar ve psikomotor kazanımlar olmak üzere üç kategori altında toplandığı görülmektedir. Bilişsel kazanımlar kategorisi; bakış açısını değiştirmesi/farkındalık kazandırması, dersin etkililiğini arttırması, öğrencilerin bilgi sahibi olması, günlük hayatla ilişkilendirmesi/okulla bütünleştirmesi ve öğretmen gelişimine katkı sağlaması olmak üzere beş alt kategori altında toplanmıştır. Duyuşsal kazanımlar kategorisi; öğrencilerin heves ve ilgisini arttırması, ilham alması, heyecan ve merak uyandırması olmak üzere üç alt kategori altında toplanmıştır. Psikomotor kazanımlar kategorisi ise; el becerisi kazanması/psikomotor beceri kazanması ve gözlem yeteneği kazanması olmak üzere iki alt kategori altında toplanmıştır.

Yanıtlar incelendiğinde, öğretmenlerin, biyomimikrinin derslerde kullanımının sağladığı katkılara yönelik en sık belirttikleri görüşün (f=12), bilişsel kazanımlar kategorisinde yer alan bakış açısını değiştirmesi/farkındalık kazandırması alt kategorisi olduğu görülmektedir. Derslerde biyomimikri kavramına yer vermenin, öğrencilerin bakış açısında değişmeye sebep olduğunu ve farkındalık kazanmalarını desteklediğini belirten öğretmenler, öğrencilerin doğaya başka gözle de bakmalarını sağladığını belirmiştir. Konuyla ilişkili olarak verilen örneklerin öğrencilerin farkındalığını desteklediğini ve günlük hayatta var olan hemen her şeyin doğada yer aldığının bilincine varmalarına vesile olduğu öğretmenler tarafından ifade edilmiştir. Ö8 eğitimini verdiği atölye çalışmasında, biyomimikri uygulamalarını yaptırdığında "İhtiyaç fazlası ürünlerin kullanımının topluma ve doğaya zarar verdiğinin farkına vardılar." şeklinde belirttiği görüşüyle, öğrencilere hem geri dönüşüm konusunda hem de biyomimikri kavramını anlamaları açısından farkındalık kazandırdığını ifade etmiştir. Dersin etkililiğini arttırması kategorisi incelendiğinde, öğretmenler tarafından kavramın derslerde kullanılmasının, öğrenciler açısından dikkat çekici olduğu ve böylece derslerin daha keyifli hale gelmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca konuların dikkat çekici hale gelmesi, öğrencilerin biyoloji ve fen bilimleri dersine karşı olumlu tutum geliştirmesine katkı sağladığı ifade edilmiştir. Ö7 "Derslerin daha iyi işlenmesine ve daha iyi öğrenilmesine katkı sağlıyor." şeklinde görüşünü belirterek öğrencilerin derse uyum sağlaması noktasında biyomimikrinin derse olan katkısını ifade etmiştir. Ö17 "Duyuşsal anlamda etrafına, derse karşı pozitif duygular geliştiriyor." ifadelerini kullanarak öğrencilerin, derslere karşı tutumlarında yaşanan değişimi belirtmiştir. Tablo 7'de görüldüğü gibi biyomimikri kavramının derslerde kullanılması öğrencilere yeni bilgiler edinme noktasında imkân tanımaktadır. Öğrencilerin bilgi sahibi olması alt kategorisinde belirtilen görüşler incelendiğinde, başta biyomimikri kavramı olmak üzere verilen örneklerdeki hayvanlar ve bitkiler hakkında bilgiler edindikleri görülmektedir. Ö10 "Hazırlanan preparatları, kurdun yapısını mikroskop altında inceleyerek bilgi sahibi oldular." şeklindeki görüşüyle biyomimikri temelli yapılan uygulama esnasında gerçekleştirilen laboratuvar çalışmasında preparat hazırlama ve biyomimikri kavramı noktasında öğrencilerin yeni bilgiler edindiğini ifade etmiştir. Günlük hayatla ilişkilendirmek ve okulla bütünleştirmek alt kategorisi incelendiğinde, öğrencilerin derslerde öğrendikleri bilgileri gündelik hayatlarında kullanmaları ve okulla gerçek yaşam arasındaki bağlantının kurulması noktasında biyomimikrinin önemli bir kavram olduğu görülmektedir.

Ö15 “Çocuklar demek ki bizim hayatımızı kolaylaştıran her şey doğada var olan şeylerden ortaya çıkmış gibi düşünüyorlar. Hatta bazıları örnek vermeye bile çalışıyor. Mesela ben helikopter böceği gördüm öğretmenim kesin helikopter ondan esinlenilerek yapılmıştır diyorlar.” şeklindeki görüşüyle doğanın okula, okulun doğaya entegre edilmesi noktasında dikkat çekici bir görüş belirtmiştir. Öğrencilerin birçoğunda var olan “Bu konu veya ders benim ne işime yarayacak?” sorusuna, biyomimikri kavramı somut örneklerle cevap olmaktadır. Ö17 “Ben evrende pek çok şeyi bulabilirim diye düşünüyor. Bütün soruların cevabı doğada var diyorlar.” şeklindeki ifadeleriyle bu görüşü desteklemektedir. Tablo 7 incelendiğinde, biyomimikrinin öğretmenlerin kişisel gelişimlerini de desteklediği görülmektedir. Ö10 “Bizler de yeni şeyler öğreniyoruz. Mesleki açıdan tatmin oluyoruz.” ifadelerini kullanarak biyomimikrinin daima gelişime ve öğrenmeye açık olan öğretmenlere de olumlu katkıları olduğunu belirtmiştir. Öğretmenler bu tarz güncel kavramları derslerinde kullandıklarında hem kişisel gelişimlerini destekleme noktasında hem de mesleki doyum açısından tatmin olduklarını belirtmişlerdir.

Duyuşsal kazanımlar kategorisi incelendiğinde, öğretmenler tarafından sıklıkla belirtilen bir diğer alt kategorinin (f=10) derslerde biyomimikri kavramı kullanıldığında öğrencilerin heveslerinde ve ilgisinde bir artış yaşanması olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan görüşlere bakıldığında, öğrencilerin hem derse hem de konulara olan ilgisinin ve derslere karşı isteklerinin arttığının ifade edildiği görülmüştür. Ö1 bu konudaki görüşünü “Derse olan ilgi ve motivasyonları çok artıyor.” şeklinde ifade etmiştir. Heyecan duymak ve merak uyandırmak alt kategorileri incelendiğinde, öğrencilerin biyomimikri kavramını ve kavramdan yola çıkılarak üretilen tasarımları öğrendiklerinde heyecan duydukları, konuya ve derse ilişkin olarak meraklarının uyandığı görülmektedir. Özellikle yapılan tasarımların, geliştirilen ürünlerin çevrelerinde gördükleri canlılara olan benzerliklerini fark ettiklerinde aslında hiçbir şeyin göründüğü kadar zor olmadığını kavrayıp heyecan duydukları yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bulgular arasında yer almaktadır. Ayrıca, yapılan aktivitelerin ve çalışmaların çocukların hoşuna gitmesi sonucu keyifli vakit geçirilmesinin desteklendiği görülmektedir. Özellikle çalışmalarda hayvanlar ve teknolojiyi bir arada etkileşim içinde kullanmanın çocukların zevk almalarına ve keyifli vakit geçirmelerine imkân tanıdığı, yapılan görüşmeler sonucu alınan cevaplarda vurgulanmaktadır. Biyomimikri kavramının derslerde kullanımının öğrencilerde yeni ufuklar açma ve ilham olma noktasında sağladığı katkıya ilişkin öğretmen görüşleri verilen tabloda görülmektedir.

Gündelik hayatlarında, biyomimikri temel alınarak yapılan örnekleri ve tasarımları öğrenen öğrencilerde bu tasarımların ilham kaynağı olarak yeni ufuklar açtığı öğretmenlerin ifadeleri arasında yer almaktadır. Öğretmenler, eşsiz hayal gücü yeteneğine sahip olan öğrencilerin, örneklerle karşı karşıya kaldıkları zaman kendilerinin de bu ve benzeri birçok çalışmayı hayata geçirebileceklerine dair olan inançlarının artması ve yeni çalışmalar yapma noktasında ilham aldıklarını vurgulamıştır.

Psikomotor kazanımlar kategorisi kapsamında yer alan el becerisi ve psikomotor beceri kazanmak alt kategorisi incelendiğinde, yapılan aktiviteler ve tasarımlar sayesinde öğrencilerin el becerisi kazandığı görülmektedir. Ö8 "STEM aktivitelerinde olduğu gibi burada da bir 3 boyutlu ürün ortaya koymalarını istediğimiz için psikomotor açıdan da gelişimleri destekleniyor." şeklindeki ifadeleriyle öğrencilerinin el becerilerinin desteklenmesine katkı sağladığını ifade etmektedir. Gözlem yeteneği alt kategorisi incelendiğinde ise, doğayla iç içe olan biyomimikri kavramını hakkında bilgi sahibi olan çocukların; doğaya başka gözle bakmaya ve doğayı okumaya çalıştıkları görülmektedir. Hayvanların özelliklerini günlük hayatta karşılaştıkları aletlerde, icatlarda ya da yapılarda gören öğrencilerin, doğayı daha derinden gözlemleme eğilimine sahip olduğu alınan cevaplarda erişilen sonuçlar arasında yer almaktadır.

4.5. Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Beşinci alt problem olan derslerde biyomimikrinin kullanımı durumunda karşılaşılan zorlukların neler olduğuna ilişkin görüşlerin belirlenebilmesi için öğretmenlere "Biyomimikriyi derslerde kullanırken ne gibi zorunluklarla karşılaşıyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikrinin derslerde kullanımı sırasında karşılaşılan zorluklar temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmektedir (Tablo 8).

Tablo 8'de öğretmenlerin soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde, dört öğretmen biyomimikriyi kullanırken, öğrencilerine rehber rolünde olduğu ve ders esnasında konuya kısaca değindikleri için herhangi bir zorlukla karşılaşmadığını ifade etmiştir. Ö6 "Kullanım olarak ben öğrencilerimi kullanmaları açısından yönlendirdiğim için herhangi bir zorlukla karşılaşmadım." ifadelerini kullanmış ve yapılan çalışmalar esnasında herhangi bir zorlukla karşılaşmadığını söylemiştir. Benzer şekilde Ö17 "Çok fazla zorlukla karşılaştım diyemem." görüşüyle karşılaştığı bir zorluk olmadığını belirtmiştir. Geriye kalan 15 öğretmen ise çeşitli

zorluklarla karşılaştığını ifade etmiştir. Bu temanın; çocukların hazırbulunuşluk düzeylerinin düşük olması, maddi/teknolojik imkânların yetersiz olması, ders materyallerinin yetersiz olması ve diğer olmak üzere dört kategori altında toplandığı görülmektedir.

Tablo 8

Biyomimikrinin Derslerde Kullanımı Sırasında Karşılaşılan Zorluklara İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikrinin Derslerde Kullanımı Sırasında Karşılaşılan Zorluklar	Maddi/Teknolojik İmkânların Yetersiz Olması	Çalıştığımız kurumların bulunduğu bölgeye bağlı olarak sosyoekonomik düzeyde bazen çocukların teknolojik altyapı yetersizliği oluyor (Ö1). Maddi açıdan bir zorluk yaşadık (Ö10). Projelerin yapılması için maddiyat gerekiyor. Ergonomik maddeler gerekiyor. Çocukların bu malzemelere ulaşması çok zor. Maddi açıdan zorlukları var (Ö15).	4
	Çocukların Hazırbulunuşluk Düzeylerinin Düşük Olması	Ortaokuldaki çocukların yaşlarından kaynaklı olarak yapı ve işlev konusunda biraz zorlandığını görüyorum. Kavramakta zorluklar yaşayabiliyorlar (Ö8). Bu konunun çocukların yaşına uygun olmayabileceğini düşünüyorum. Lisede kullanımı daha uygun olabilir (Ö15).	3
	Ders Materyallerinin Yetersiz Olması	Biyomimikriye yönelik örnekler kitaplarda yetersiz ve çok sınırlı (Ö1). Çok fazla örnekle karşılaşmamak olabilir (Ö6).	2
	Diğer	Son konular olduğu için öğrenciler konuyu da ciddiye almıyorlar (Ö2).	2

Çocukların hazırbulunuşluk düzeyi kategorisinde, öğrencilerin yaşından ve ön öğrenmelerindeki eksiklikten kaynaklı olarak biyomimikriyi kavram, tanım ve amaç olarak kavramakta zorlandıkları, bu nedenle gerçekleştirmeleri istenen çalışmaların amacı dışında tasarımlar veya performanslar ortaya koydukları görülmektedir. Ö8 "…Kavramakta zorluklar yaşayabiliyorlar. Hatta canlının birebir prototipini yapmaya çalışabiliyorlar. Bu birazcık dezavantaj olabilir." ifadeleriyle öğrencilerin yaşından kaynaklı olarak biyomimikri kavramını tam olarak kavrayamadıklarını ifade etmiştir. Benzer şekilde Ö16 "…bazen çocuklar doğadaki canlıları görmedikleri için farkında olmayabiliyorlar ya da bilmiyorlar. Tek tek çocuklara bunları göstermek zorunda kalabiliyoruz." şeklindeki ifadeleriyle

öğrencilerin canlıları yeterince tanımamalarından kaynaklı zorlukları aşmak için çalışmalar öncesinde bir ön hazırlık yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Tablo 8'de, öğretmenlerin özellikle tasarım boyutundaki çalışmalarda malzemelerin temin edilmesi noktasında maddi açıdan ve teknolojik yetersizlikler nedeniyle zorluklar yaşadıklarını ifade ettikleri görülmektedir. Ö1 görüşünde,

> …Ayçiçeği dediğimde çocuğun gözünde ayçiçeği canlanıyor ama sınıfta bir akıllı tahta olsa onun anlık yönelimiyle ilgili video izletsem belki çocuk o dönüş esnasındaki hareketlerini daha iyi gözlemleyecek ve buna yönelik daha iyi ürünler ortaya koyabilecek. Bu anlamda okullarda teknolojik yetersizlik çok fazla.

ifadelerini kullanmış ve okullardaki teknolojik yetersizliklerin ortaya çıkardığı zorluklara ilişkin tecrübelerini paylaşmıştır. Öğretmenler, maddi açıdan desteklenecek projelerin hem sayısı hem de kalitesinde artışlara imkân tanıyacağını ifade etmişlerdir.

Ders materyallerinin yetersiz olması kategorisi incelendiğinde, öğretmenler kitaplarda ve müfredatta konunun yer almamasından, konular arasına serpiştirilen örneklerin yetersiz olmasından dolayı yaşadıkları zorlukları belirtmişlerdir. Diğer kategorisindeki görüşler incelendiğinde ise öğretmenler, okullardaki örneklerin yer aldığı ünitelerin dönem sonuna denk gelmesinden ötürü öğrencilerin derslere gerekli önemi vermemesinden ötürü yaşadıkları zorlukları ifade etmişlerdir.

4.6. Altıncı Alt Probleme İlişkin Bulgular

Çalışmanın son alt probleminde, öğretmenlerin derslerde biyomimikri kullanımına yönelik önerilerinin neler olduğu bir soru ile araştırılmıştır. Öğretmenlere "Biyomimikrinin derslerde kullanımına yönelik önerileriniz nelerdir?" sorusu yöneltilmiştir. Biyomimikrinin derslerde kullanımına yönelik öneriler temasına ilişkin kategori, kod ve frekans dağılım tablosu aşağıda verilmektedir (Tablo 9).

Tablo 9 incelendiğinde, görüşlerin müfredatta yer almalı, derslerde/konularda yer verilmeli, öğretmenlerin farkındalık ve bilgi düzeyinin arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, projeler yapılmalı, başka disiplinlerde yer almalı, laboratuvar çalışmaları yapılmalı ve diğer olmak üzere yedi ayrı kategori altında toplandığı görülmektedir. Tablo 9'da en sık tekrar eden görüşün (f=19) "müfredatta yer almalı" kategorisi olduğu görülmektedir.

Tablo 9

Biyomimikrinin Derslerde Kullanımına Yönelik Öneriler İlişkin Bulgular

Tema	Kategori	Görüşler	f
Biyomimikrnin Derslerde Kullanımına Yönelik Öneriler	Müfredatta Yer Almalı	9.Sınıftan itibaren kısaca bile olsa müfredat derslerine eklenmesi ve verilmesi gerekiyor (Ö9). Kitapta yer alan "mühendislik becerilerinde" kullanılması işe yarayabilir (Ö7). Müfredatta yer alması gerekiyor ki öğrenciye aktarabilsin (Ö11). Müfredatta kesinlikle yer almalı, çocuklara ulaşması açısından daha kolay olur. Görsel olarak çocuklara gösterilir, gerçek yaşamdaki örnekler çocukların anlayışını da kolaylaştırır (Ö12). Böyle konuların derslerde de uygulanabilir olmalı (Ö19). Teorik derslerin yanında mutlaka atölye eğitimi, uygulama dersleri olmalı (Ö17).	19
	Derslerde\ Konularda Yer Verilmeli	Derslerde çocuklarda farkındalığı arttırıcı, ilgilerini çekici etkinlikler yapılabilir. Kalıcı olan örnekler verilerek hayatlarına dahil edilebilir (Ö13). Derslerde sorular sorularak farkına varmaları sağlanabilir (Ö14). Örneklerle desteklenerek derslerde çocuklara verilebilir (Ö15). Canlılara ve biyolojiye olan ilgilerini arttırmak adına örnek vererek derslerde konu bazında bahsedilebilir (Ö18).	10
	Öğretmenlerin Farkındalık ve Bilgi Düzeyinin Arttırılmasına Yönelik Çalışmalar Yapılmalı	İlk önce öğretmenlerin biyomimikrinin farkına varması gerekiyor. Dijital platformlar oluşturulabilir benim gibi öğretmenler için konferanslar ve seminerler yapılabilir (Ö11). Biyomimikriyi herkes araştırmalı. İlk olarak tüm öğretmenlerin bu konuya dair bilgi edinmesi lazım (Ö15). Okullarda atölye eğitimleri olmalı (Ö17).	5
	Projeler Yapılmalı	Projeler desteklenirse biyotaklit daha çok kullanılabilir (Ö2). Projeler yapabilsek çok güzel olur (Ö17).	5
	Başka Disiplinlerde Yer Almalı	Biyomimikri sadece biyolojide veya fende yer almamalı başka disiplinlerde de kullanılmalı (Ö3). Sadece biyolojide değil başka derslerde de bu konuya yer verilebilir mesela fizikte matematikte yer alabilir (Ö9).	4
	Laboratuvar Çalışmaları Yapılmalı	Laboratuvar ortamında örneklerle konuya değinilebilir (Ö10). Laboratuvar çalışması yapılabilir (Ö13).	4
	Diğer	Bilimsel dergilerde daha fazla yer verilebilir. Haberlerde dikkat çekilebilir (Ö11).	1

Müfredatta yer almalı kategorisine ilişkin görüşler incelendiğinde, öğretmenlerin büyük bir çoğunluğunun biyomimikrinin müfredatta ve konular içerisinde yer alması gerektiğini öneri olarak sundukları görülmektedir. Tablo 9'da verilen görüşlerde, biyomimikri kavramının kitaplarda ve müfredatta yer almamasından dolayı öğretmenler, bu kavrama yabancı olduklarını bu nedenle de öğrencilerine aktarma noktasında eksiklik yaşadıklarını belirtmişlerdir. Benzer şekilde MEB ders kitaplarında ve öğretim programları içerisinde yer almaması ya da okuma parçası gibi çok az değinilmesi öğrencilerin birincil kaynaktan bu kavramla tanışması noktasında eksiklik oluşturduğu görüşler arasında yer almaktadır. Ö6 "Çok bilindik, çok yer verilen bir kavram değil kitaplara eklemeler yapılabilir." görüşüyle bu fikri desteklemektedir. Biyomimikri temelli yapılacak uygulama çalışmalarının öğrencilerin ilgisini çekeceği ve konuların anlaşılması noktasında öğrencilere yardımcı olacağı, bu nedenle de müfredat içerisinde bu tarz konulara ilişkin bölümlerin olması gerektiği Tablo 9'da yer alan görüşler arasında bulunmaktadır. Ö8 "Bu konuyla beraber öğrencilerin farkındalıkları da gelişecek. Çünkü BİLSEM dışındaki çocukların da bu konularla birlikte olması, onları öğrenmesi ve onları hayatlarına geçirmeleri gerekiyor." görüşüyle BİLSEM'de eğitim gören öğrencilerin bu ve benzeri kavramlarla çalışmalar yapma imkânı bularak çok yönlü gelişimlerinin desteklendiğini ifade etmiştir. Aynı öğretmen BİLSEM'lerde eğitim alma imkânı bulamayan öğrencilerin müfredatta yer almamasından ötürü bu fırsatı bulamadığını belirtip, müfredat içerisinde bu tarz güncel konuların ağırlıklı olarak yer alması ve okulların da altyapı olarak bu çalışmalara hazır hale getirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Öğretmenlerin ders saatlerinin az olmasından kaynaklı olarak bu tarz çalışmalara yer vermekte zorlandıkları bu nedenle de teorik derslere ilave olarak uygulama derslerinin eklenebileceğini belirttikleri de görüşler arasında yer almaktadır. Tablo 9'da öğretmenlerin büyük bir çoğunluğu, biyomimikrinin konu veya tema olarak müfredatta ve ders kitaplarında yer almasının, uygulamalı ek ders saatlerinin eklenmesinin öğrencilere birçok açıdan avantaj sağlayacağını ifade etmiştir. Yine fen bilimleri ders kitapları kapsamında, kitaplarda yer alan mühendislik uygulamaları bölümlerinin çevre ve teknoloji ile ilgili ünitesinde, biyomimikri konusu temel alınarak uygulama ve tasarım çalışmaları yapılabileceğinin öğretmenler tarafından öneri olarak sunulmuştur. MEB kitaplarında yer alan bu bölümlerde, öğrencilerden 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerine destek olan projeler yapmaları beklenmektedir. Öğretmenler tarafından

sunulan önerilerde, biyomimikri konusunun işlenmesine imkân tanınan bir bölümde biyomimikri özelinde projeler yapılmasının sağlanabileceği belirtilmiştir.

Derslerde/konularda yer verilmeli kategorisi (f=10) incelendiğinde, öğretmenlerin biyomimikri kavramına müfredat içerisinde yer alan konulara entegre edilebileceğini, dersler esnasında sorular sorularak veya örnekler verilerek çocuklarda farkındalığın sağlanabileceğini ifade ettikleri görülmektedir. Ö12 "Yaşama yakınlık konularına uyarlanabilir. Deney yapılabilir, uygulama açısından modeller yapılabilir, derslerde sinevizyonlara yer verilebilir, görsel örneklerle kıyaslamaya yer verilebilir." görüşüyle dersler içerisinde biyomimikri konusuna nasıl yer verilebileceğine dair önerilerde bulunmuş ve yapılacak uygulamaların kolaylığı üzerinde durmuştur. Tabloda, öğrencilere örnekler sunulması noktasında kitaplarda yer alan örneklerin yetersiz olduğu, öğrencilerde merak ve farkındalık oluşturulabilmesi adına daha çok örnek ile konuya dair bilginin arttırılmasına yönelik görüşlerin yer aldığı görülmektedir. Genel olarak Tablo 9'da yer alan görüşler incelendiğinde öğretmenler, derslerde biyomimikri kavramına yer verilmesi gerektiği görüşünü benimsemişlerdir.

Öğretmenlerin farkındalık ve bilgi düzeyinin arttırılmasına amacıyla çalışmalar yapılmalı kategorisine yönelik görüşler incelendiğinde, öncelikli olarak bilgi ile öğrenci arasında köprü vazifesi gören öğretmenlerin bu ve benzeri konulara ilişkin bilgi sahibi olması; verilecek eğitimlerle öğretmenlerin desteklenmesinin önemine vurgu yapılmıştır. Öğrenciler tarafından bilgininin kaynağı olarak görülen öğretmenlerin, rehber rolünü üstlenerek öğrencilerine yol gösterici olabilmesi için verilecek eğitimlerle, öğretmenlerin kişisel gelişimlerinin desteklenmesine dair öneriler yapılan görüşmelerde elde edilen bulgular arasında yer almaktadır.

Öğretmenler tarafından öneri olarak sunulan projeler yapılmalı kategorisi incelendiğinde, maddi açıdan desteklenmesi halinde okulların ve öğrencilerin projeler ortaya koyabileceğini ve biyomimikri kavramına ilginin de dolaylı olarak artacağının belirtildiği görülmektedir. Bunun haricinde biyomimikrinin başka disiplinlerde yer almasına yönelik görüşler incelendiğinde, biyomimikri kavramının disiplinler arası yapısından kaynaklı olarak, yalnızca fen ve biyoloji derslerinde kullanılmasının ötesinde matematik, fizik, görsel sanatlar gibi diğer disiplinlerde de uygulama alanı bulmasının öğretmenler tarafından öneri olarak sunulduğu da tespit edilmiştir.

Tablo 9'da öğretmenler, biyomimikri kavramının sadece biyoloji ve fen bilimleri dersleri ile sınırlı kalmaması ve matematik, fizik, kimya gibi derslerde de yer verilmesine ilişkin öneriler sunmuştur. Biyomimikrinin doğası gereği, organizmalardan ilham alınarak pek çok probleme çözüm bulunması, yeni tasarımlar ve ürünler yapılmasına imkân tanımaktadır. Bu durumun farkında olan öğretmenler de biyomimikriye disiplinler arası yaklaşımla, diğer derslerde de yer verilmesinin önemi üzerinde durmuştur.

Öğretmenler laboratuvar çalışmaları yapılmalı kategorisinde, laboratuvar ortamında örneklerle konuya ilişkin bilgilerin verilebileceği ve uygulama çalışmaları yapılabileceğine ilişkin önerilerde bulunmuştur. Ö19 "Üniversitelerle bağlantılı çalışmalar yapılması gerekiyor." görüşüyle okullar ile üniversiteler arasında iş birliği yapılması gerektiğini ifade etmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan görüşmeler analiz edildiğinde, öğretmenlerin biyomimikri kavramının müfredatta yer almasının gerekliliğine, bu bağlamda derslerde öğrencilerine kavramla ilgili bilgiler sunabileceklerine ilişkin önerilerde bulundukları görülmüştür. Öğretmenlerin kişisel olarak gelişimlerini desteleyecek ek hizmetler sunulmasının güncel konuların öğrencilere kazandırılması noktasında önemi üzerinde durulmuştur. Biyomimikrinin disiplinler arası doğası, fen bilimleri dersleri dışında diğer derslerde de uygulama yapılması imkânı sunmaktadır. Öğretmenlerin bu durum üzerinde durarak, diğer derslerde de bu konuya yer verilmesi önerisinde bulundukları dikkat çeken noktalar arasında yer almaktadır.

BÖLÜM V

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmanın sonuçlarına, tartışmasına ve diğer araştırmacılar için önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikri ile ilgili görüşleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar; "öğretmenlerin biyomimikri kavramına hâkim oldukları ancak bazı öğretmenlerin kavram karmaşasına sahip oldukları, biyomimikriyi derslerinde çeşitli amaçlar için kullanıldıkları, biyomimikrinin derslere ve öğrencilere çok yönlü katkılar sağladığı, çalışmalar esnasında öğretmenlerin çeşitli zorluklarla karşılaştıkları ve biyomimikrinin ders kitaplarında, ders müfredatında, basılı ve dijital kaynaklarda, öğretmen eğitimlerinde, öğrenci atölyelerinde yer alması gerektiğine ilişkin öneriler" olarak sıralanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan görüşmelerde, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoloji öğretmenlerine göre derslerinde biyomimikri kavramına daha fazla yer verdiği görülmüştür. Öğretmen görüşlerinden yola çıkılarak bu durumun sebebi, fen bilimleri ders müfredatında bulunan konular içerisinde biyomimikri kavramının kullanımına fırsat tanıyan konuların yer almasıdır. Biyoloji ders müfredatında ise bu kavramın sadece bir okuma parçasında yer alması şeklinde açıklanabilir. Ayrıca fen lise öğretmenleri başta olmak üzere, ortaöğretim kademesinde görev yapan öğretmenler, öğrencilerini merkezi sınavlara hazırladıklarını ve ders saatlerini bu çalışmalara yer verecek şekilde planladıklarını ifade etmiştir. Bu nedenle

de derslerinde biyomimikri kavramı gibi güncel konulara yer vermekte zorluklar yaşadıklarını belirttikleri görülmüştür. İlk ve ortaöğretim BİLSEM'lerde görev yapan öğretmenlerin ise diğer okul türlerinde görev yapan öğretmenlere göre, müfredat gereği biyomimikri kavramına ilişkin çalışmaları daha fazla yapabildikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Görüşmelerin gerçekleştirildiği öğretmenlerin tamamının, biyomimikri kavramını bildiği ancak yüksek lisans veya doktora eğitimi almış, seminerlere ve çeşitli eğitimlere katılmış öğretmenlerin konu hâkimiyetinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çalışmanın analizlerine de yansımış ve bazı öğretmenlerin görüşlerinin ön plana çıkmasına sebep olmuştur.

5.1.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Birinci alt problem bağlamında, biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikri kavramı ile ilgili hazırbulunuşluklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Öğretmenlerin görüşleri incelendiğinde, tüm öğretmenler biyomimikri kavramını daha önce duyduğunu belirtmiştir. Biyomimikri kavramına ilişkin sahip oldukları bilgilere eğitim hayatlarından, okudukları kitap ve makalelerden ve meslek hayatlarındaki deneyimlerinden edindikleri sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde Çakır (2019) çalışmasında, biyoloji öğretmen adaylarına biyomimikri kavramını bilme durumlarını sormuş ve %69 "Evet", %31 "Hayır" cevabını almıştır. Çalışmamızda, benzer sorunun yöneltildiği tüm öğretmenler "Evet" cevabını vererek biyomimikri kavramını bildiklerini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar örtüşmektedir. Adıgüzel, Küçükkayhan, Kürüm Yapıcıoğlu ve Atik Kara (2024) çalışmasında, biyomimikri yaklaşımı hakkında bilgi sahibi olan öğretmen ve öğretmen adaylarının doğadan ilham alan eğitim etkinliği tasarlamaya, müfredata biyomimikri kavramını entegre etmeye ve çalışmalar yapmaya yatkın olduklarını belirtmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan görüşmelerde, biyomimikri kavramını eğitim hayatları sürecinde öğrenen öğretmenlerin, kavramı kullanmaya daha yatkın oldukları sonucu elde edilmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmaların da benzer sonuçları barındırdığı görülmüştür. Tavşan (2022), çalışmasında öğretmen adaylarının biyomimikri kavramıyla daha önce karşılaşma durumlarını tespit etmiştir. Bu kapsamda 151 öğretmen adayına, "Daha önce biyomimikriyle karşılaştınız mı?" sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların çoğunun

“Hayır” (%56) geri kalanının ise “Evet” (%44) cevabını verdiği görülmüştür. Tavşan (2022)’nin verileri bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüşmemektedir.

Görüşmeler esnasında bazı öğretmenlerin “biyomimikri” ve “mimikri” kavramlarını aynı anlamda kullandıkları ve bu konuda bir kavram karmaşası yaşadıkları fark edilmiştir. MEB 11. Sınıf Fen Lisesi Biyoloji kitabında mimikri “Bir türün genellikle başka bir türün görünüşünü, kokusunu veya sesini taklit etmesi olayıdır. Mimikri, türün avcıdan korunmasını sağlar. Mimikri, hem av hem avcı olan türde görülebilir.” (s. 261) olarak tanımlanmıştır. Ancak biyomimikri “insanların karşılaştıkları sorunları çözmek için doğayı örnek alması” olarak tanımlanmaktadır (TÜBİTAK Bilimgenç, 2023). Tanımlardan da görüldüğü üzere mimikri ve biyomimikri kavramları birbirinden farklı iki kavram olarak alan yazında yer almaktadır. Mimikri, bir canlının başka canlıyı taklit etmesi adeta onun gibi davranması iken biyomimikri, canlı ve cansız varlıklardan ilham alınarak mevcut sorunlara çözüm olabilecek çok çeşitli alanlarda tasarımlar yapılmasıdır. Yapılan görüşmeler esnasında özellikle biyoloji branşında görev yapan öğretmenlerin bu iki kavramı aynı kavramlar olarak kullandığı görülmüştür. Bu nedenle de yaptıkları tanımlarda mimikriye ilişkin açıklamalara yer vermişlerdir. Ö18’in “Taklit etmek. Bir türün, yakın bir türün benzer özelliklerini taklit etmesi olarak tanımlayabiliriz.” ve Ö9’un “Farklı farklı tanımlar var biyomimikriyle alakalı. Mesela bir hayvanın davranışının taklit edilmesi.” şeklindeki görüşleri bu durumu destekleyen cevaplar arasında yer almaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlarda, öğretmenlerin biyomimikri kavramını tanımlarken “ekosistemlerin, canlı ve cansız varlıkların taklit edilerek yeni ürünler ortaya koyulması ya da problemlere çözüm önerileri sunulması” ifadelerini kullandıkları görülmüştür. Oguntona ve Aigbavboa (2023) çalışmasında öğrencilerin doğal formları, stratejileri, süreçleri ve ekosistemleri inceleyerek ve taklit ederek çevrelerindeki dünya hakkında daha derin bir anlayış geliştirebileceğini ve bu bilgiyi sürdürülebilir tasarımlar ve çözümler oluşturmak için uygulayabileceklerini ifade etmiştir. Benzer şekilde Yıldız (2023), biyomimikri kavramına ilişkin olarak, öğrencilerin genellikle doğadan veya canlılardan esinlenme, canlıları taklit etme ve doğadan ilham alma tanımlarını benimsediklerini gözlemlemiştir. Bu çalışmada elde edilen verilerin, biyomimikrinin tanımı özelinde yapılan çalışmalar ile örtüştüğü görülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarında, matematikten tıpa, havacılıktan sanata, fenden modaya kadar birçok disiplinin biyomimikriyle iç içe olabileceği ve biyomimikrinin disiplinlerarası bir alan olduğunun ifade edildiği görüşler elde edilmiştir. Benzer şekilde Oguntona ve Aigbavboa (2023) çalışmasında önerdiği eğitim yaklaşımının, yaşam bilimleri, yaratıcı problem çözme, tasarım, sistem düşüncesi ve STEM konularını harmanlayan çok disiplinli bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir. Yine Aydın (2023), fen eğitiminde biyomimikri çalışmaları, biyoloji, kimya, fizik, matematik ve mühendislik gibi çeşitli disiplinler arasında bağlantılar kurmayı sağlayan geniş bir bilgi ve kavram yelpazesi gerektirdiğini belirtmiştir.

5.1.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın ikinci alt problemi bağlamında, öğretmenlerin biyomimikriyi derslerinde nasıl kullandıklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Analiz sonucunda altı öğretmenin derslerinde, dört öğretmenin derslerinde ve projelerinde biyomimikri kavramını kullandığı; dokuz öğretmenin ise kullanmadığı görülmüştür. Derslerinde ya da projelerinde biyomimikri kavramına yer veren öğretmenlerden yaptıkları uygulamaları örnek vererek anlatmaları istenmiş ve cevapları “hayvanlar ve bitkiler” kategorilerinde toplanmıştır.

Araştırmanın verilerinde, fen bilimleri öğretmenlerinin (f=8) biyoloji öğretmenlerine (f=2) nazaran derslerinde veya yaptıkları çalışmalarda biyomimikri kavramına daha fazla yer verdiğini belirttikleri görülmüştür. Biyoloji öğretmenlerinin hem müfredat ve ders programlarının konuya ilişkin çalışmalar yaptırılması noktasında hem de ders saati noktasında yetersiz olması, öğrencilerin üniversite sınavına yönelik çalışmalar yapılması noktasındaki talepleri nedeniyle bu ve benzeri çalışmalara yer veremediklerini belirtmişlerdir. Fen bilimleri öğretmenleri ise ders müfredatı kapsamında yer alan “mühendislik becerileri” çalışmalarında ve “Kuvvet ve Hareket, Ses Özellikleri” üniteleri kapsamında örneklerle konuyu desteklemek için kavramdan yaraladıklarına ilişkin görüşler belirtmişlerdir. Benzer şekilde Çakır (2019), biyoloji öğretmen adaylarının müfredat çıktılarını göstermek için sıklıkla doğal olaylardan ilham alındığını ancak biyomimikri kavramına ilişkin anlayışlarının nispeten zayıf olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmada öğretmenlerin, yaptıkları uygulamalarda arıların uçuş şekillerinden ilham alarak drone tasarladıkları; kuşların uçuş stillerinden, kanat yapılarından ve fizyolojik özelliklerinden esinlenerek insansız hava aracı tasarımı ortaya koyduklarına ilişkin görüşler

belirttikleri görülmüştür. Oguntona ve Aigbavboa (2023), eğitimcilerin, biyomimikri tasarımlarını eğitim ortamlarına dâhil ederek, öğrencilerin geometri dersleri, mühendislik ve tasarım ilkelerini anlamak için peteklerde bulunan altıgen desenini veya kuş kanatlarının aerodinamik yapısını incelemelerine imkân sağlanabileceğini ifade etmiştir. Çoban ve Coştu (2023) yaptığı çalışmada, öğrencilerin yalıçapkını kuşundan ilham alarak uçak tasarımı, ağaçkakan kuşu ve kaplumbağadan ilham alarak kask tasarımı ortaya koydukları görülmüştür.

Bu çalışmanın bulgularında, öğretmenler yaptıkları uygulamalarda balıklardan ilham alınarak problem durumlarına çözümler ürettiklerini ve tasarımlar yaptıklarını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Mirici vd. (2021) çalışmasında, üstün yetenekli öğrencilerle çalışmış ve tatlı su canlılarından ilham alarak öğrencilerin tasarımlar yapmasını sağlamıştır. Çalışmada öğrencilerin, balıktan, kurbağa larvasından, deniz yosunundan ilham alarak tasarımlar yaptıkları görülmüştür.

Araştırmada derslerinde biyomimikriye yer veren öğretmenlerin, böcek, bitkiler ve yarasalardan ilham alınarak tasarımlar yapılmasına rehberlik ettikleri ve öğrencilerine örnekler verdiklerini ifade ettikleri görülmüştür. Yakışan ve Velioğlu (2019) tarafından 4. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilen çalışmada öğrencilerin, kaplumbağa, kurbağa, balina, balık, böcek, zürafa, yılan, deniz kaplumbağası, tavşan, baykuş, yarasa, kuş ve çita gibi hayvanlardan ilham alarak tasarımlar ve bu tasarımlara ilişkin çizimler gerçekleştirdikleri görülmüştür. Savran Gencer, Doğan ve Bilen (2020), öğrencilerden canlı ve cansız varlıkların yapı, işlev, görevlerini taklit etmesine fırsat tanıyan bir mühendislik tasarım süreci planlanmıştır. Çalışmada öğrenciler, pelikan, geko, sinekkapan bitkisi, yarasa, şahin ve tavuktan ilham alarak tasarım yapmış ve tasarımlarının hangi probleme çözüm olacağını açıklamışlardır. Ergül (2023) çalışmasında biyomimikriyi örneklendirmek için, ahtapotun esnek kolları, çömlekçi kuşu, örümcek ağı, ayçiçeği, kasımpatı, gibi organizmalara yer vermiş ve örnek olarak sunulan organizmaların hem yapısal hem de işlevsel boyutlarına değinmiştir.

Yapılan bu çalışmanın verileri incelediğinde, bazı öğretmenlerin daha genel sınıflandırmalar yaparak hayvan ve bitki şeklinde örnekler verdikleri görülmüştür. Benzer şekilde Aydın (2023) ortaokul öğrencilerin de çoğunlukla hayvanlar ve bitkilerden ilham alınabileceğini vurguladıklarını belirtmiştir.

5.1.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Üçüncü alt problem kapsamında öğretmenlerin biyomimikri kavramını derslerinde neden kullandıklarının araştırılması amaçlanmıştır. Yaptığı atölye çalışmalarıyla, öğrencilerini biyomimikriyle tanıştırdığını ve onlara tasarımlar yapma fırsatı sunduğunu belirten öğretmenler, biyomimikri ve eğitimin bütünleşmesi noktasında çalışmalara imza attıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca öğretmenler, biyomimikriyi derslerinde, projelerde ve öğrencilerin doğaya karşı farkındalık kazandırılmasında kullandıklarını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Oguntona ve Aigbavboa (2023), biyomimikri kavramlarının kurs ve atölye çalışmalarıyla eğitime entegre edilebileceğini ifade etmiştir. Bu kapsamda bakıldığında çalışma, teorik olarak belirtilen önerinin uygulanması noktasında benzerlik göstermektedir. Yıldırım (2019), öğretmen adaylarının derslerinde biyomimikri uygulamalarına yer vermek istediklerini belirtmiş, biyomimikri uygulamalarını öğretme-öğrenme süreçleri, öğretim ilkeleri ve bilimsel süreç becerileri başlıkları altında derslerinde kullanmayı düşündüklerini ifade etmiştir. Öğretmen adayları biyomimikri uygulamalarını, öğretim ilkeleri kapsamında somuttan soyuta öğretim için; bilimsel süreç becerileri kapsamında gözlem yapma ve veri kaydetme için; öğretme-öğrenme süreçleri kapsamında ise aktif öğrenme ve oyun yoluyla öğrenme için kullanacaklarını belirtmişlerdir. Bu bağlamda, öğretmen adaylarının derslerinde biyomimikriye yer vermek istemelerinin nedenlerini 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması, öğrencilerin ihtiyaçlarına cevap veren öğretim ilkelerine entegre ederek dersin anlaşılmasının kolaylaştırılması ve öğrenme-öğretme süreçlerinde öğrencinin aktif rol alacağı yöntemlerin kullanılması olarak ifade etmelerine karşın, yapılan çalışmada öğretmenler biyomimikriyi nerelerde kullandıklarını belirtmişlerdir. Araştırmada elde edilen bulgular ışığında sonuçların, biyomimikrinin kullanım nedenleri açısından alan yazındaki verilerle farklılık gösterdiği görülmüştür.

5.1.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın dördüncü alt problemi kapsamında biyomimikrinin derslerde kullanımının sağladığı katkıların neler olduğunun araştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda "Biyomimikri öğretmenlerin derslerine ne gibi katkılar sağlıyor?" sorusuna cevap aranmıştır. Çalışmada, derslerinde veya projelerinde biyomimikri uygulamalarına ve etkinliklerine yer veren öğretmenlerin, etkinlikler sonrasında öğrencilerinin bilişsel,

duyuşsal ve psiko-motor açıdan çok yönlü gelişimlerinin desteklenmesinde biyomimikrinin olumlu yöndeki katkısını ifade ettikleri görülmüştür. Alan yazın incelendiğinde, eğitim fakültesinde öğrenimlerine devam eden öğretmen adayları ve ortaokul öğrencileriyle yapılan çalışmalara rastlanılmıştır. Bu çalışmalarda biyomimikri kavramı çerçevesinde bilişsel, üstbilişsel, duyuşsal ve psikomotor açıdan öğrencilere önemli katkılar sunulduğu belirtilmiştir. Yıldırım (2019), STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yer verilmesinin öğretmen adaylarının bilişsel ve psikomotor gelişimine fayda sağladığını ifade etmiştir. Adıgüzel vd. (2024) çalışmasında, müfredat hedefleri arasında yer alan üstbilişsel ve duyuşsal özelliklerin gelişiminin desteklenmesinde biyomimikri yaklaşımının katkısının önemli olduğunu vurgulamıştır. Biyomimikri yaklaşımının geliştirilmesi ve farklı disiplinler aracılığıyla eğitimle bütünleştirilmesinin, öğrencilerin üstbilişsel beceriler ve duyuşsal özelliklerinin desteklemesine vurgu yapmışlardır. Bu bağlamda çalışma, alan yazında vurgulanan sonuçlarla örtüşmektedir.

Bu araştırmada, öğretmenler derslerinde biyomimikri uygulamalarına veya örneklerine yer verdiklerinde öğrencilerinin derse olan motivasyon, heves, ilgi ve meraklarının arttığını; dersleri daha keyifli hale getirdiğini ve öğrencilerine duyarlılık kazandırarak yeni bakış açıları kazanmaları noktasında yol gösterici olduğuna ilişkin görüşler belirtmişlerdir. Öğretmenlerle yapılan görüşmelerde, derslerinde biyomimikriyi kullanan öğretmenlerin, öğrencilerinde bilişsel, duyuşsal ve psikomotor açıdan gelişmeler gözlemledikleri ve günlük yaşamda daha bilinçli, doğaya saygılı, çevresine başka gözlerle bakabilen, hevesli, meraklı, bilgili bireyler olmasının desteklendiğini belirten görüşler belirtilmiştir. Alan yazında yer alan bilgiler ve analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde çalışmamızın daha önce yapılan çalışmalarla benzeştiği görülmektedir. Benzer şekilde Hu (2023), biyomimikrinin öğrencilerin yaratıcı becerilerini geliştirmeyi, meraklarını ve motivasyonlarını geliştirmeyi, uygulamalı öğrenme deneyimleri yoluyla başarılarını ve özgüvenlerini artırmayı, işbirlikçi ekip çalışması yoluyla akran etkileşimini teşvik etmeyi ve çeşitli uygulamalı görevler aracılığıyla kendi ilgi alanlarını ve uzmanlıklarını keşfetmeyi teşvik etmeyi amaçladığını vurgulamaktadır. Oguntona ve Aigbavboa (2023), biyomimikrinin genellikle bir merak duygusuyla başladığını ifade etmiştir. Eğitimcilerin, açık hava öğrenme deneyimleri, doğa yürüyüşleri ve gözlem alıştırmaları gibi etkinlikler düzenleyerek öğrencilerinde hayranlık uyandıran ve meraklı bakış açısını teşvik edebileceğini belirtmiştir. Mirici vd. (2021) çalışmasında, biyomimikrinin eğitime entegre edildiği uygulamaların eğitim ortamını

zenginleştirdiği için öğrencilerin motivasyonu üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu belirtmiştir. Özellikle sınıf içinde yer verilen etkinliklerin, öğrencilerin farklı alanlarda öğrenmelerini kolaylaştırarak ilgilerini arttırdığını ve dersleri eğlenceli hale getirme noktasında büyük katkısı olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Oguntona ve Aigbavboa (2023), biyomimikrinin öğrencilerde doğaya saygı, doğal çevreye farklı bir bakış açısı geliştirme, öğrenilen bilgileri gerçek yaşamla ilişkilendirme, eleştirel düşünme ve problem çözme gibi becerilerin kazandırılmasında etkili bir alan olduğunu ve öğrencileri çok yönlü geliştirdiğini ifade etmiştir. Yıldırım (2019) çalışmasında öğretmen adaylarının, biyomimikri uygulamalarının farkındalık, el-göz koordinasyonu sağlama ve farklı bir bakış açısı kazanma noktasında katkılar sağladığını ifade ettiklerini belirtmiştir. Aydın (2023), öğrencilerin görüşmelerinde sıkça vurguladıkları bir konu olarak, biyomimikri etkinliklerinin fen bilimleri derslerini daha eğlenceli ve heyecanlı hale getirerek derslere ve okula olan ilgilerini artırdığını ifade etmiştir. Ek olarak Aydın (2023) çalışma kapsamında yapılan gözlemlerde, bu etkinliklerin öğrencilerin doğa, çevre ve sürdürülebilirlik konusundaki farkındalıklarını geliştirdiğini belirtmiştir. Stevens (2021) ise çalışmasında, doğadan ilham alan tasarımlar yapmanın öğrencilerde mutluluk hissi uyandırdığını, meraklarını artırdığını ve sürekli öğrenme isteğini teşvik ettiğini belirtmiştir. Ayrıca, öğrencilerin sürdürülebilir çözümlere olan ilgilerini artırdığını vurgulamıştır.

Bu araştırmada, öğretmenlerin biyomimikrinin biyoloji öğretimine sağladığı katkılar arasında bilim ve teknolojinin gelişimi için önem arz ettiğini, bireylerin doğadan ilham alarak yeni teknolojik ürünler tasarlama noktasında destek olduğunu ifade ettikleri görülmüştür. Mirici, Tanalp, Tüysüz ve Tüzün (2021) çalışmasında, biyomimikrinin eğitimle bütünleştirildiği çalışmaların öğrencilerin, yaratıcılıklarını geliştirmek ve gerçek bir dünyada, okul duvarlarının ötesinde doğadan ilham alan yeni teknolojik ürünler tasarlamak ve potansiyel yeteneklerini geliştirmeleri için imkânlar sağladığını ifade etmiştir. Bu kapsamda çalışmadan elde edilen sonuçlar alan yazın ile örtüşmektedir.

5.1.5. Beşinci Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın beşinci alt problemi kapsamında, derslerde biyomimikri kullanılırken hangi zorluklarla karşılaşıldığının araştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda "Öğretmenler dersleri esnasında biyomimikriyi kullanırken ne gibi zorluklarla karşılaşıyorlar?" sorusuna cevap

aranmıştır. Bu çalışmada, görüşleri alınan öğretmenler tarafından, maddi imkânların yetersiz olması ve teknik açıdan gerekli desteğin eksik kalması sıklıkla ifade edilen zorluklar arasında yer almıştır. Alan yazın incelendiğinde, Oguntona ve Aigbavboa (2023), biyomimikrinin uygulanması, araştırma, tasarım ve deney aşamaları için ek malzemeler, kaynaklar ve zamanın gerekli olduğunu; bu sınırlamaların engel teşkil ettiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Çoban ve Coştu (2023) çalışmasında, öğrencilere gerçekçi modeller oluşturmaları için uygun malzeme ve teknik destek sağlanırsa, deneysel testlerle tasarımlarını değerlendirme fırsatı bulabileceklerini belirtmiştir. Bu kapsamda bakıldığında, bu tarz çalışmaların yapılması önündeki en büyük engellerin maddi ve teknik açıdan yaşanan sorunlar olduğu görülmektedir.

Bilgiye ulaşma noktasında ders kitapları ve internet ortamı ilk sıralarda yer alan birincil kaynaklardır. Bu nedenle, kaynakların bilgi ve örnekler açısından zengin olması, öğrenciler ve eğitimciler için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, biyomimikriye yönelik bilgi ve örneklerin kaynaklarda yeteri kadar bulunmaması ve yazılı kaynakların sınırlı olması yaşanan zorluklar arasında dikkat çekmiştir. Alan yazın incelendiğinde, Oguntona ve Aigbavboa (2023), kaynakların yetersizliği ve ilgili bilgilere erişim noktasında zorlukların olduğunu bu nedenle de biyomimikrinin müfredata entegre edilmesinin zorlaşacağını belirterek benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Dilaver Türe (2023) ise, biyomimikri etkinliklerinin yer aldığı STEM çalışmalarının öğretim sürecine entegrasyonunun müfredat ve ders programlarıyla uyumsuz olması, üniversiteye giriş sınavına hazırlık sürecinden kaynaklanan endişeler ve bu durumun beraberinde zaman etkeni yaşanan zorluklar açısından dikkat çeken başlıklar arasında yer aldığını ifade etmiştir. Alan yazında yer alan zorluklar ile bu araştırmadaki bulgular benzerlik göstermektedir.

Öğretmenlerle yapılan görüşmelerde, öğrencilerin biyomimikri tasarımları ve bu konudaki projeleri yaparken hazırbulunuşluk düzeylerindeki farklardan dolayı biyomimikrinin felsefesini anlamakta zorlandıkları ve bu nedenle de öğrencilerin canlının özelliklerinden ilham almak yerine direkt olarak canlı modeli yapmaya çalıştıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Stevens (2021), biyomimikri uygulamaları sırasında öğrencilerin biyolojik mekanizmaları, biyomimikri tasarımlarına çevrilmesi aşamasında zorlandıklarını ifade etmiştir. Benzer şekilde Alperen (2020), 5. sınıf öğrencileriyle yaptığı çalışma sırasında öğrencilere, biyomimikriyle ilgili olarak pek çok örnek gösterse de öğrencilerin yaş grubu itibari ile biyomimikri anlayışını kazanamadıklarını tespit etmiştir. Bu kapsamda

incelendiğinde, alan yazında yer alan çalışmalarda karşılaşılan zorlukların benzer olduğu görülmektedir.

5.1.6. Altıncı Alt Probleme İlişkin Sonuç ve Tartışma

Altıncı alt problem kapsamında, öğretmenlerinin biyomimikri kavramının derslerde kullanımına yönelik önerilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Analizler sonucunda öğretmenlerin, biyomimikrinin müfredatta ve ders kitaplarında yer almasına yönelik görüşlerinin ön plana çıktığı görülmüştür. Ulusal ve uluslararası alan yazın incelendiğinde, biyomimikrinin müfredat kapsamına alınmasına ilişkin çok sayıda önerinin yer aldığı görülmüştür. Benzer şekilde Staples (2005), çevre eğitimi müfredatına biyomimikri kavramının entegre edilmesinin iki ana nedenden dolayı önemli olduğunu vurgulamıştır. Bunlardan ilki, çevre sorunların çözümüne ilişkin konularda umudun var olduğunun aktarılmasıdır. İkincisi ise sürdürülebilir bir gelecek için eğitimin öneminin anlaşılmasıdır. Özellikle lise müfredatında yer alan çevre eğitimi programına biyomimikrinin entegre edilmesi Staples (2005) tarafından öğrenme ortamı için önemli bir materyal olarak görülmekte ve probleme dayalı öğrenme yaklaşımı için de güzel bir örnek olduğu ifade edilmektedir. Bunun yanında Arslan Selçuk ve Mutlu Avinç (2022) çalışmasında, biyo-ilhamlı tasarım yaklaşımının seçmeli ders olmanın ötesinde, mimarlık eğitimi müfredatında "mimarlıkta biyo-bilgili tasarım" konusunu içeren bir dersin geliştirilmesinin faydalı olacağını ifade etmiş ve konunun müfredatta yer almasının önemini vurgulamıştır. Barnes (2007), biyomimikrinin yaygınlaşmasının anahtarının eğitim olduğunu belirterek, bireylerin bu kavramın farkına varabilmeleri için eğitim müfredatlarında biyomimikrinin yer almasının gerekliliğini ifade etmiştir. Çoban ve Coştu (2023), öğrencilerin ne kadar çok organizma ile tanışırsa, o kadar yaratıcı fikirler üretebileceklerini belirtmiştir. Öğrencilerin bilgi edinme yolları başında gelen kitapları, örnekler ve bilgiler açısından ne kadar zengin tutarsak, bireylerin bu tarz kavramlarla tanışarak çalışmalar yapması o kadar kolay olacaktır. Bu nedenle müfredat, kitaplar, bilgisayar destekli teknolojik uygulamalar zenginleştirilmeli ve içerisinde güncel konuları da barındırmalıdır. Yine, Savran Gencer, Doğan ve Bilen (2020), biyomimikri STEM kavramının sınıf ortamıyla bütünleşmesine imkân tanıması nedeniyle fen bilgisi öğretim programında yer almasının önemli olduğunu vurgulamıştır.

Araştırmacılara göre, STEM eğitimi sırasında biyomimikri kavramının çocuklara tanıtılması doğayı; mühendislik, teknoloji, matematik ve bilim ile bağdaştırma fırsatı sunacaktır.

Bilgi ile öğrenciler arasında köprü vazifesi gören öğretmenlerin, donanımlı, güncel bilimsel bilgileri takip eden ve öğrencilerine aktaran, araştırmacı bireyler olmalarının önemlidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda, üniversitelerle yapılacak iş birlikleriyle atölye ve laboratuvar çalışmaları düzenlenip öğretmenlerin buralara katılımlarının teşvik edilmesine ilişkin önerilere vurgular yapılmaktadır. Öğretmenler, bu tarz eğitimlerin kişisel gelişimleri için faydalı olacağını belirtmişlerdir. Alan yazı incelendiğinde bu konu üzerine dikkat çeken çalışmaların yer aldığı görülmüştür. Ergül (2023), biyomimikri yaklaşımının okullarda benimsenip kullanılması için öğretmenlerin lisans eğitimleri veya beceri odaklı eğitim atölyeleri tarzı hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Dilaver Türe (2023), tersine mühendislik ve biyomimikri uygulamaları için öğretmenlere ekstra hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesinin gerektirdiğini belirtirmiştir. Ayrıca öğrencilere, özellikle biyomimikri uygulamalarını yapabilmeleri için canlıları tanımaları gerekliliğine vurgu yapmıştır. Benzer şekilde Ergül (2023), bilim merkezlerinde yapılan etkileşimli atölyelerin üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarının da desteğiyle daha geniş kapsamlı çalışmalar haline getirilebileceğini belirtmiştir. Aydın (2023) ise, öğrencilerin doğadan ilham alarak ürün tasarlayamamalarının, onları yönlendirecek olan öğretmenlerin bu konudaki eksikliklerinden kaynaklandığını tespit etmiştir.

Yapılan görüşmelerde öğretmenler, derslerde, okul dışı öğrenme ortamlarında, projelerde, laboratuvar ortamında ve mühendislik becerileri kapsamında öğrencilere biyomimikri temelli uygulamalar yaptırılabileceğini önermiştir. Ayrıca eğitimde kullanımının doğadan esinlenerek tasarımlar yapma noktasında öğrencilere ilham olacağı görüşünde bulunmuşlardır. Alan yazın incelendiğinde benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Oguntona ve Aigbavboa (2023), öğrencilerin, biyomimetik materyalleri inceleyerek, taklit ederek mühendislik ve tasarım zorluklarına yenilikçi çözümler geliştirebileceğini belirtmiş; biyomimikrinin, STEM eğitimine entegre edilerek, öğrencilere daha sürdürülebilir ve verimli çözümler veya teknolojiler yaratmaları için ilham verebileceğini ifade etmiştir. Mirici vd. (2021) çalışmasında, öğrencileri araştırmaya, üretmeye ve buluş yapmaya teşvik eden, bu konulardaki yetenek ve ilgilerini ortaya çıkaran çalışmalara yer verilerek öğretim ortamının zenginleştirilmesi son derece önemli olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Çoban ve Coştu (2023), biyomimikrinin doğada saha gözlemleri, mikroskop ve büyüteç gibi

eğitim malzemeleri ile organizmaları keşfetmede ve daha farklı tasarım fikirleri oluşturmada etkili olabileceğini belirtmiştir. Ergül (2023), biyomimikrinin doğası gereği ilham alınacak canlının doğal ortamında gözlenmesinin faydalı olacağını ifade ederek, çocukların açık alanlarda, doğada gözlem, keşif ve etkinlikler yapmalarının gerekliliği üzerinde durmuştur.

Yapılan görüşmelerde öğretmenler, biyomimikriye sadece biyoloji ya da fen bilimlerinde değil farklı disiplinlerde de yer verilmesi gereğine vurgu yapmışlardır. Ayrıca öğretmenler, farkındalık ve bilgi düzeylerinin arttırılmasına yönelik çalışmaların yapılması konusunda önerilerini belirtmişlerdir. Bu önerilere yönelik alan yazın incelendiğinde, Aydın (2023), biyomimikrinin yalnızca fen bilimleri derslerinde değil, matematik, Türkçe gibi diğer derslerde de uygulanabilir olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Staples (2005) çalışmasında, biyomimikrinin birçok disipline ve birçok öğretim düzeyine entegre edilmesi noktasında yüksek potansiyele sahip olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı ayrıca ilkokul yıllarında doğanın temel bir keşfi üzerine, lisede ise; çevre bilimi, biyoloji ve sanat derslerinde projeler geliştirilebileceği, mimarlık, tasarım gibi alanlarda ise çalışmalar yapılabileceğini belirterek biyomimikrinin disiplinlerarası doğasına dikkat çekmiştir. Bunun yanında Oguntona ve Aigbavboa (2023), eğitimcilerin biyomimikri konusunda yeterli bilgi ve becerilere sahip olmadan biyomimikrinin müfredata etkili bir uyumun gerçekleşmesinin zor olacağını belirtmiştir. Yine benzer şekilde Arslan Selçuk ve Mutlu Avinç (2022) çalışmasında, mimarlık eğitimiyle ilgilenen kişilerin çağın teknolojik ve bilimsel gelişmelerini takip etmelerinin, doğayla bütünleşmiş, sürdürülebilir yöntem ve stratejileri benimsemelerinin ve doğanın kendilerine sunabileceği potansiyelin farkında olmalarının son derece önemli olduğunu belirterek bu kişilerin kişisel gelişimlerinin önemi üzerinde durmuştur.

Çalışma kapsamında öğretmenler, biyomimikri kavramının sadece derslerle, kitaplarla sınırlı kalmaması gerektiğini; TV programları başta olmak üzere haberlerde, dergilerde bu tarz konulara değinilerek öğrencilerin bilgilenmesinin sağlanması gerektiğine ilişkin görüşler belirtmiştir. Aynı şekilde Adıgüzel vd. (2024), öğrencilerin ürün tasarımı sürecinde TV programları, kitaplar, filmler, animasyonlar, belgeseller, internet içerikleri gibi farklı formal ve informal öğrenme kaynaklarına yönelmelerinin kaynaklarda yer alan bilgilerin incelemesi, analiz edilmesi ve yorumlanmasına katkı sağladığını ifade etmiştir.

Ders saatlerinin yetersizliğinde ve müfredatın biyomimikri gibi güncel konulara yer vermemesi ya da sınırlı yer vermesinden kaynaklı olarak öğretmenler, ders dışı zamanlarda öğrencilerini TÜBİTAK, TEKNOFEST gibi alanlarda projeler yapmaları konusunda yönlendirerek biyomimikri konusunda çalışmalarına teşvik ettiklerini belirtmişlerdir. Aydın (2023) da, öğretmenlerin ve eğitimcilerin, öğrencilere daha fazla rehberlik ve destek sunarak projeler yapmaları konusunda teşvik edebileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı böylece öğrencilerin doğayı analiz etme ve ürün tasarlama konularında teorik bilgilerini pratiğe aktarmalarına katkı sağlayabileceğini belirtmiştir. Bu sayede öğrencilerin hem akademik olarak hem de kişisel olarak gelişimlerinin desteklenmesine imkân tanınacağına vurgu yapmıştır. Bu konu kapsamında bakıldığında öğretmenlerin önerileri ile Aydın (2023) tarafından sunulan önerilerin benzer olduğu görülmektedir.

5.2. Öneriler

Bu bölümde araştırmacının, süreç sonundaki deneyimlerinden yararlanarak yaptığı bazı öneriler yer almaktadır.

- Biyomimikri uygulamaları başta olmak üzere, benzeri konulara ilişkin bilgi ve örneklerin müfredat kapsamına alınarak ders kitaplarında yer verilmesi önerilmektedir. Bu amaçla müfredat, ders kitapları ve ders saatlerinin düzenlenmesi noktasında ilgili kurumlara gerekli düzenlemelerin yapılması tavsiye edilebilir.
- Öğretmenlerin biyomimikri konusunda, üniversite eğitimleri süresince daha fazla bilgi sahibi olmaları desteklenebilir.
- Öğretmenlere gerekli bilgi ve donanımın sağlanması konusunda üniversitelerle iş birliğinin artırılması için bakanlık ve üniversiteler arasında protokoller imzalanabilir.
- Öğretmenlerin hizmet içi eğitimlere, seminerlere ya da atölye çalışmalarına katılmaları teşvik edilebilir.
- Gelecek çalışmalarda, öğretmenlere konu hakkında bilgilendirme ve uygulama çalışmaları yapılarak, eğitim öncesi ve sonrası görüşmeler gerçekleştirilerek alan yazına katkı sağlayacak yeni çalışmalar yapılabilir.
- Çalışmanın kapsamı genişletilerek farklı illerde veya tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde biyoloji ve fen bilimleri öğretmenleri ile geniş örnekleme sahip nicel çalışmalar yapılabilir.

- Gelecek araştırmalarda okul türleri arasında ve farklı branşlarda görev yapan öğretmenlerle görüşülerek karşılaştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

Adıgüzel, O. C., Küçükkayhan, S., Yapıcıoğlu, D. K., & Kara, D. A. (2024). The effects of teaching practices based on biomimicry approach on learning-teaching processes. *Participatory Educational Research, 11*(3), 109-125.

Alperen, N. F. (2020*). Ortaokul 5. sınıf bilim uygulamaları dersine yönelik stem temelli bir öğretim tasarımı: Doğadan ilham alan teknolojiler.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Arhon, Z. (2017). Biyomimikri: sürdürülebilirlik için doğadan gelen inovasyon. *Çalık News Haber,* 27, s. 36-40.

Arslan Selçuk, S., & Mutlu Avinç, G. (2022). Natural language approach for bio-informed architectural education: a biomimetic shell design. *International Journal of Technology and Design Education, 32*(4), 2297-2317. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09689-z

Arslan Selçuk, S. (2009). *Proposal for a non-dimensional parametric interface design in architecture: a biomimetic approach.* (Doktora Tezi). https://open.metu.edu.tr/handle/11511/18499 sayfasından erişilmiştir.

Arsoy, T. (2013). *Biyomimikri nedir?.* https://www.bilgiustam.com/biyomimikri-nedir/ sayfasından erişilmiştir.

Asefi, M., & Foruzandeh, A. (2011). Nature and kinetic architecture: the development of a new type of transformable structure for temporary applications. *Journal of Civil Engineering and Architecture, 5*(6), 513-526.

Atabeyoğlu, Ö., & Bilge, G. (2023). Natural approach to urban construct: from leaf to urban. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, *38*(1), 127-141.

Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: okullarda biyomimikri. *Anadolu Öğretmen Dergisi, 3*(2), 214-233. https://doi.org/10.35346/aod.604872

Avcı, F. (2022). *Erken çocukluk eğitiminde çağdaş yaklaşımlar ışığında doğa temelli eğitim.* İstanbul: Efe.

Aydın, B. (2023). *Fen eğitiminde biyomimikri öğretim yaklaşımının öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerine ve yaratıcılıklarına etkisi.* (Doktora Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Aydın, D. (2023). *Biyomimikri uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin yaratıcı düşünme becerileri ve tasarımları üzerine etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Aydın Yazıcıoğlu, B. (2020). *Yapı kabuklarının termoregülasyonu: biyomimetik bir yaklaşım.* (Yüksek Lisans Tezi). https://avesis.gazi.edu.tr/yonetilen-tez/2bae4325-0f7b-4042-bc2b-1292160d5208/yapi-kabuklarinin-termoregulasyonu-biyomimetik-bir-yaklasim sayfasından erişilmiştir.

Bakırlıoğlu, Y. (2012). *Biomimicry for sustainability: an educational project in sustainable product design.* (Yüksek Lisans Tezi). https://open.metu.edu.tr/handle/11511/22135 sayfasından erişilmiştir.

Barnes, C. (2007). Biomimetics: strategies for product design insired by nature- a mission to netherlands and germany. *Dti Global Watch Mission Report,* 40-41. https://www.scribd.com/document/239892722/Biomimetics-Strategies-for-Product-Desgin-Inspired-by-Nature-A-Mission-to-the-Netherlands-and-Germany sayfasından erişilmiştir.

Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S., & Benyus, J. (2013). *The biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices*. Biomimicry 3.8: Missoula. https://b38website.azurewebsites.net/product/digital-handbook/ sayfasından erişilmiştir.

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York: Harper Perennial.

Biomimicry Institute. (2017). *Sharing biomimicry with young people: an orientation for K-12 teachers.* https://ask-nature.sfo3.digitaloceanspaces.com/wp-content/uploads/2017/02/31133721/Sharing-Biomimicry_v2-2021.pdf sayfasından erişilmiştir.

Biotic-Tech Skyscraper City. (2013). https://architizer.com/projects/biotic-tech-skyscraper-city/ sayfasından erişilmiştir.

Cattano, C., Nikou, T., & Klotz, L. (2011). Teaching systems thinking and biomimicry to civil engineering students. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice, 137*(4), 176-182. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000061

Creswell, J. W. (2017). *Karma yöntem araştırmalarına giriş* (Sözbilir, M., Çelik, S., Acar İ. H., & Göktaş, Y., Çev.). Ankara: Pegem Akademi.

Creswell, J. W. (2015). *Nitel araştırma yöntemleri*. (Bütün, M., & Demir, S. B., Çev.). Ankara: Siyasal.

Creswell, J. W. (2016). *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*. (Bütün, M., & Demir, S. B., Çev.). Ankara: Siyasal.

Çakır, A. (2019). *Biyoloji öğretmen adaylarının biyomimikri ile ilgili farkındalıkları.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/ sayfasından erişilmiştir.

Çoban, M. (2019). *Biyomimikrinin fen bilimleri eğitimine uyarlanması*. (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Çoban, M., & Coştu, B. (2023). Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach. *Journal of Biological Education, 57*(1), 145-169.

Dilaver Türe, D. (2023). *Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli stem etkinliklerinin tasarlanması kimya derslerine uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi.* (Doktora Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Doğa Dergisi. (2017). *18 farklı penguenin yok olma riski ve fotoğrafları.* https://www.dogadergisi.com/18-farkli-penguenin-yok-olma-riski-fotograflari/ sayfasından erişilmiştir.

Eastgate Center in Zimbabwe: Modeled After Termite Mounds. (2009). https://affanblearninglog.blogspot.com/2009/01/eastgate-centre-in-zimbabwe-modeled.html sayfasından erişilmiştir.

El-Zeiny, R. M. A. (2012). Biomimicry as a problem solving methodology in interior architecture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 50,* 502-512. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812031928 sayfasından erişilmiştir.

Ergül, A. (2023). Analojik akıl yürütmenin biyomimikri ile desteklenmesi: doğa ile öğrenen çocuklar. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 21*(2), 879-904.

Ersoy, A. F. (Ed.). (2016). *Fenomenoloji. eğitimde nitel araştırma desenleri.* Ankara: Anı.

Evans, H. & Viana, G. (2022). *Gökyüzünde doğadan ilham alan tasarımlar.* Ankara: TÜBİTAK.

Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve ergonomi: tasarımda doğadan yenilikçi ilham. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3*(3), 469-474. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/195489 sayfasından erişilmiştir.

Fun, T. L., Izuan, S. E. S., Hamzah, Z., Mohammad, N., & Tahir, M. M. (2023). Pendekatan biomimikri-ılham alam semula jadi dalam reka bentuk seni bina. *Jurnal Kejuruteraan SI, 6*(1), 407-418.

Fried, E., Martin, A., Esler, A., Tran, A., & Corwin, L. (2020). Design-based learning for a sustainable future: student outcomes resulting from a biomimicry curriculum in an evolution course. *Evolution: Education and Outreach, 13,* 1-22.

Gardner, G. E. (2012). Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity. *The American Biology Teacher, 74*(3), 182-184.

Goss, J. A. (2009). *Biomimicry: looking to nature for design solutions.* (Yüksek Lisans Tezi). https://scholarspace.library.gwu.edu/concern/gw_etds/w0892998j sayfasından erişilmiştir.

Gökgöz, T. (2022). *Öğretmen adaylarının dolaşım sistemi konusu ile ilgili biyomimikri tasarımlarının analizi.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Gülperçin, N. (2023). Biyotasarımda yeni bir perspektif: böcekler. *Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 3*(2), 59-74.

Gündoğdu, E., & Arslan, H. D. (2020). Mimaride enerji etkin cephe ve biyomimikri. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 8*(4), 922-935.

Teknolojinin doğadan ilham alarak ilerlediği biyomimetik biliminden 24 örnek (2017). https://www.haberbilimteknoloji.com/2017/08/28/8001/ sayfasından erişilmiştir.

Hu, H. J. (2023). The design and implementation of an innovative course on the creation of cultural landscape images: A case study of Dalin Township in Taiwan. E*ducation Sciences, 13*(1), 36. https://doi.org/10.3390/educsci13010036

Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research,* 15, 1277-1288. http://dx.doi.org/10.1177/1049732305276687

Ilgın, S. (2023). *İnovasyon nedir?*. https://boenstitu.com/blog/inovasyon-nedir#0inovasyon_ne_demek sayfasından erişilmiştir.

Kandemir, N., Değirmenci, S., & Coşgun, M. A. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikri örneklerini günlük yaşam ve fizik kavramlarıyla ilişkilendirme becerilerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Primary Education, 7*(1), 25-43. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2333378 sayfasından erişilmiştir.

Karabetça, A. R. (2018). Biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ile yenilikçi mekânlar yaratılması. *The Turkish Online Journal of Desing, Art and Communication-TOJDAC, 8*(1), 104-111.

Karabetça, A. R. (2015). *Doğadan esinlenmiş tasarımlar: tasarım stratejisi olarak biyomimikri.* MSGSU 4. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu 2015-Mekan Tasarımında Disiplinlerarası Yaklaşımlar, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul. https://www.researchgate.net/publication/277076667_DOGADAN_ESINLENMIS

_TASARIMLAR_TASARIM_STRATEJISI_OLARAK_BIYOMIMIKRI sayfasından erişilmiştir.

Kaya, Ş. (2022). *Biyomimikri uygulamalarının kullanıldığı stem eğitimine yönelik hazırlanmış etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık becerilerine etkisinin incelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Kim, S. Y., & Kwon, Y. J. (2018). Development of a digital textbook on "structure and contraction mechanism of skeletal muscle" with the learning model for biomimicry-based convergence. *Journal of Science Education, 42*(2), 95-105

Kim, J., & Park, K. (2018). The design characteristics of nature-inspired buildings. *Civil Engineering and Architecture 6*(2), 88-107. DOI: 10.13189/cea.2018.060206

Kuday, I. (2009). *Tasarım sürecinin destekleyici faktör olarak biyomimikri kavramının incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Köpekbalıklarından esinlenilen antibakteriyel film (2021). https://asknature.org/innovation/antibacterial-film-inspired-by-sharks/ adresinden erişilmiştir.

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (2013). The constructivist credo. California, CA: Left Coast Press

Stevens, L. L. (2021). *Analogical reasoning in biomimicry design education.* (Doktora Tezi). https://www.researchgate.net/publication/355167780_Analogical_Reasoning_in_Biomimicry_Design_Education sayfasından erişilmiştir.

Mahgoub, Y. M., & Alawad, A. A. (2014, February). *The impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education.* International Teacher Education Conference, Dubai, UAE.

Maraba, B. & Sarıoğlu, E. (2022). Tarihsel süreçte biyomimikri ve moda ilişkisi. *Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 7*(15), 23-38. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijiia/issue/75684/1244472#article_cite sayfasından erişilmiştir.

Mejía-Villa, A., Torres-Guevara, L. E., Prieto-Sandoval, V., Cabra, J., & Jaca, C. (2023). Training for sustainability through biomimicry and creative problem-solving processes. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 101359. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101359

Merriam, S. B. (2013). *Nitel araştırma desen ve uygulama için bir rehber* (S. Turan, Çev.). Ankara: Nobel.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). Biyoloji dersi öğretim programı. https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf adresinden erişilmiştir.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı. https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf adresinden erişilmiştir.

Mirici, S., Tanalp, D., Tüysüz, M., & Tüzün, H. (2021). An enrichment implementation in the education of gifted students: biomimicry with the macro, micro, and sub-micro nature of freshwater creatures. *International Online Journal of Education and Teaching, 8*(2), 709-729. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1294315.pdf sayfasından erişilmiştir.

Morgan, E. (2021). *Performans sporları güneş gözlüğü: daha iyi görün, daha iyi oynayın.* https://www.allaboutvision.com/tr/gunes-gozlukleri/performans-spor-gunes-gozlukleri/ sayfasından erişilmiştir.

Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023, November). *Biomimicry lessons for teaching and learning in higher education.* Proceedings of the 10th Focus Conference (TFC 2023), Atlantis Press. https://www.atlantis-press.com/proceedings/tfc-23/125993724 sayfasından erişilmiştir.

Olimpiyat stadyumu (Münih) (2006). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Olympiastadion_Muenchen.jpg sayfasından erişilmiştir.

Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü (2017). *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri.* https://oygm.meb.gov.tr/dosyalar/StPrg/Ogretmenlik_Meslegi_Genel_Yeterlikleri.pdf sayfasından erişilmiştir.

Önel, A. (Ed.). (2021). *Genetik ve biyoteknoloji.* Ankara: Pegem.

Örümcek ağı çelikten güçlü müdür? (2020). https://www.ceyrekmuhendis.com/orumcek-agi-celikten-guclu-mudur/ sayfasından erişilmiştir.

Özdemir, M., & Mirici, S. (2022). *Öğrencilerin biyomimikri tasarım uygulamalarının yaş ve cinsiyete bağlı olarak değişimi.* DİFEÖK. Ankara, Türkiye.

Özdoğan, M. (2015). *Biyosüreç: doğadan ilham alan tasarım süreçleri için sistematik bir yöntem önerisi ve uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/4988 sayfasından erişilmiştir.

Öztoprak, Z. (2020). Yaşamın ilkeleri ile kenti yeniden düşünmek: biyomimikri temelli bir yaklaşım. *İdealkent*, *11* (Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı), 1180-1204. https://doi.org/10.31198/idealkent.654203

Pathak. (2019). Biomimicry: (innovation inspired by nature). I*nternational Journal of New Technology and Research (IJNTR), 5*(6), 34-38.

Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri.* (M. Bütün & S. B. Demir, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.

Polat, F. (Ed.). (2017). *Fen eğitiminde biyolojide özel konular*. Ankara: Pegem Akademi.

Pongsophon, P., Pinthong, T., Lertdechapat, K., & Vasinayanuwatana, T. (2021). Developing science teachers' understanding of engineering design process through workshop on biomimicry for green design. *Srinakharinwirot Science Journal*, *37*(1), 56-57.

Qureshi, S. (2020). How students engage in biomimicry. *Journal of Biological Education*, *56*(4), 450–464. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1841668

Reed, A. (2004). A paradigm shift: biomimicry, resources in technology. *The Technology Teacher*. *63*(4), 23-27. https://digitalcommons.odu.edu/stemps_fac_pubs/154/ sayfasından erişilmiştir.

Roobeek, M. (2019). *Biomimicry in the classroom, how biomimicry can be integrated in the Dutch curriculum.* Bio Inspired Innovation, Holland; Utrecht University, https://biolearn.eu/assets/documents/dutch-manual/Research-Report-Matthijs-Roobeek-How-Biomimicry-can-be-integrated-in-the-Dutch-curriculum.pdf sayfasından erişilmiştir.

Savran Gencer, A., Doğan, H., & Bilen, K., (2020). Developing biomimicry stem activity by querying the relationship between structure and function in organisms. *Turkish Journal of Education, 9*(1), 64-105. https://doi.org/10.19128/turje.643785

Say, S., & Yıldırım, F. S. (Ed.). (2021). *Fen öğretiminde yeni yaklaşımlar – II.* Ankara: Pegem.

Sevencan, H., & Üreyen, M. E. (2020). Tekstil ve giysi tasarımında biyomimetik uygulamaları. *Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat, 5*(10), 101-118. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijiia/issue/57945/832314#article_cite sayfasından erişilmiştir.

Sezgin, O. (2014). *Leonardo Da Vinci bölüm 2 icatlar.* https://www.gercekbilim.com/leonardo-da-vinci-bolum-2-icatlar/ sayfasından erişilmiştir.

Shimomura M. (2010). New trends in next generation biomimetics material technology: Learning from biodiversity. *Sci Technol Trends Q Rev, 37*, 53-75.

Söğüt, M. A., & Aytar Sever, İ. (2019). Tasarımda doğa etkisi biyomimikri. *Uluslararası Sanat ve Estetik Dergisi, 2(*3), 17-31. http://dx.doi.org/10.29228/usved.23480

Staples, H. (2005). The ıntegration of biomimicry as a solution-oriented approach to the environmental science curriculum for high school students. https://eric.ed.gov/?q=biomimicry&pg=2&id=ED490541 sayfasından erişilmiştir.

Tavşan, G. (2022). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikri kavramı ile ilgili farkındalıkları.* Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Rize.

Tekin, Ç. & Kurugöl, S. (2011). Üç canlı ile çevre dostu üç bina. *E-Journal of New World Sciences Academy, 6* (4), 943-952.

Terzi, S. Y. (2023). *İlkokul 3. ve 4. sınıf öğrencilerine yönelik geliştirilen biyomimikri temelli, ders planlarının uygulanmasına ilişkin öğretmen görüşleri.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Tezel Ersanlı, E., & Ersanlı C. C. (2023). Biomimicry: Journey to the future with the power of nature. *International Scientific and Vocational Studies Journal 7*(2), 149-160. https://doi.org/10.47897/bilmes.1388402

Topsakal Temiz, M., & Sağlık, A.(2024). Biyomimikrik kentlerin yeşil altyapı yönetimi ile değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS),7* (1): 239-259.

TÜBİTAK Bilimgenç (2023). *Malzemelerin sihirli dünyası.* https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/video/malzemelerin-sihirli-dunyasi-biyomimikri sayfasından erişilmiştir.

Türk Dil Kurumu (2011). İnovasyon. https://sozluk.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Uç, B., & Oğurlu, İ. (2023). Ekolojik mimarı tasarımda biyomimikri ve ekomimikri. *YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 5*(2), 1-20. https://doi.org/10.32955/neujfa202352782

Uluçınar Sağır, Ş., Kandemir, N., & Ozan, F. (2022). The awareness of biomimicry among secondary school students. *International Journal of Educational Researchers (IJERs), 13*(3).

Ülbeği Ülker, M. (2023). *Biyomimikri ile stem eğitimi yaklaşımının 7. sınıf öğrencilerinin çevresel tutumları, bilimsel yaratıcılık becerileri ve fen bilimleri dersine karşı olan tutumları üzerine etkisinin incelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Yakışan, M., & Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 39*(2), 727-753. https://doi.org/10.17152/gefad.547807

Yazkan, C. (2022). *Mükemmel bir teknoloji vitrini: 1851 ingiltere'nin büyük sergisi.* https://tzv.org.tr/bilim-teknoloji/mukemmel-bir-teknoloji-vitrini-1851-ingilterenin-buyuk-sergisi/ sayfasından erişilmiştir.

Yedekçi, G. (2015). *Doğayla tasarlamak biyomimikri ve geleceğin mimarlığı.* İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletme, 104-113.

Yener, D. (Ed.). (2019). *Fiziğin bilim ve teknolojideki uygulamaları.* Ankara: Pegem.

Yeter, I.H., Tan, V.S.Q., & Le Ferrand, H. (2023). Conceptualization of biomimicry in engineering context among undergraduate and high school students: An ınternational ınterdisciplinary exploration. *Biomimetics*, 8, 125. https://doi.org/10.3390/biomimetics8010125

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri.* Ankara: Seçkin.

Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının stem eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 39*(1), 63-90. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gefad/issue/43993/361834#article_cite sayfasından erişilmiştir.

Yıldız, A. (2023). *Biyomimikri ile bütünleştirilmiş e-stem modüllerinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). https://tez.yok.gov.tr/ sayfasından erişilmiştir.

Yıldız, H. (2012). *Endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyomimetik tasarımın yeri ve metodolojisi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Zari, M. P. (2007). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability.* In The SB07 NZ sustainable building conference, New Zeland. https://www.academia.edu/9509268/Biomimetic_approaches_to_architectural_design_for_increased_sustainability sayfasından erişilmiştir.

Zenter, Ö., & Yıldırım, T. (2020). Proposal of bıo-ınspıred kınetıc mechanısms utılızatıon for provıdıng functıonal flexıbılıty ın archıtectural desıgn. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning, 8*(3), 643-656.

EKLER

EK 1. Etik Kurul İzin Belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 06.03.2024-E.898063

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-898063 06.03.2024
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Burçin ÇELİK'in, Doç.Dr.Çiğdem Alev ÖZEL'in** danışmanlığında yürüttüğü ***"Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikri ile İlgili Görüşleri"*** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **27.02.2024** tarih ve **04** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 345

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM
Gereği:
Sayın Doç. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL

Bilgi:
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Ek 2. Millî Eğitim Müdürlüğü Araştırma İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 21.03.2024-E.911605

T.C.
ANKARA VALİLİĞİ
Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-14588481-605.99-99251591 21.03.2024
Konu : Araştırma İzni

GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü)

İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 2020/2 sayılı Genelgesi.
b) 11.03.2024 tarihli ve E-80287700-302.08.01-902011 sayılı yazınız.

Üniversiteniz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Burçin ÇELİK'in **"Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikri ile İlgili Görüşleri"** başlıklı tezi kapsamında merkez ilçelere bağlı okul ve kurumlarda yapılacak uygulama talebi ilgi (a) Genelge çerçevesinde incelenmiştir.

Yapılan inceleme sonucunda, söz konusu araştırmanın Müdürlüğümüzde muhafaza edilen ölçme araçlarının; Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Millî Eğitim Temel Kanunu ile Türk Millî Eğitiminin genel amaçlarına uygun olarak, ilgili yasal düzenlemelerde belirtilen ilke, esas ve amaçlara aykırılık teşkil etmeyecek, eğitim-öğretim faaliyetlerini aksatmayacak şekilde okul ve kurum yöneticilerinin sorumluluğunda, gönüllülük esasına göre uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmüş olup çalışma tamamlandıktan sonra çalışmanın bir nüshasının **30 iş günü içerisinde arge06_arastirma@meb.gov.tr adresine PDF olarak gönderilmesi** gerekmektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Yaşar KOÇAK
Vali a.
Millî Eğitim Müdürü

Ek: Uygulama Araçları (2 Sayfa)

Dağıtım:
Gereği:
Gazi Üniversitesi

Bilgi :
9 Merkez İlçe MEM

EK 3. Biyomimikri Görüşme Formu

BİYOLOJİ VE FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOMİMİKRİYE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ

Değerli Öğretmenler,

Bu görüşme formu, "Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyomimikriye İlişkin Görüşleri" isimli çalışmaya veri toplamak amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmada biyoloji ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyomimikriye ilişkin görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Görüşme formu iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde kişisel bilgilere yönelik sorular, ikinci bölümde biyomimikriye ilişkin görüşlerin belirleneceği açık uçlu sorular bulunmaktadır. Araştırmada kullanılacak alıntılarda, kimliğinizi açığa çıkaracak hiçbir bilgiye yer verilmeyecektir. Görüşmelerin ortalama 20 dakika sürmesi beklenmektedir. Bu görüşmeden elde edilecek veriler tamamen araştırma amacı ile kullanılacaktır. Değerli vaktinizi ayırarak bu araştırmaya katkıda bulunduğunuz için çok teşekkür ederiz.

Yüksek Lisans Öğrencisi Burçin ÇELİK

Görüşme esnasında ses kaydı alınmasına izin veriyor musunuz? ☐ **Evet** ☐ **Hayır**

Tarih: _____

KİŞİSEL BİLGİLER

Cinsiyetiniz:	1. ☐ Kadın 2. ☐ Erkek
Yaşınız:	……
Mesleki Kıdeminiz:	……
Öğrenim Durumunuz:	1. ☐ Lisans 2. ☐ Tezli Yüksek Lisans 3. ☐ Tezsiz Yüksek Lisans 4. ☐ Doktora
Branşınız:	1. ☐ Biyoloji 2. ☐ Fen Bilimleri
Öğretim Kademeniz:	1. ☐ Ortaokul 2. ☐ Lise
Okul Türünüz:	1. ☐ Anadolu Lisesi 2. ☐ Fen Lisesi 3. ☐ Meslek Lisesi 4. ☐ BİLSEM 5. ☐ İmam-Hatip Ortaokulu 6. ☐ Sosyal Bilimler Lisesi 7. ☐ Diğer……..

GÖRÜŞME SORULARI

S.1.	Biyomimikri kavramını daha önce duydunuz mu?
1.1.	Duyduysanız bu bilgiyi nereden edindiniz?
S.2.	Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?
2.1.	Biyomimikri hangi disiplinleri içerebilir?
S.3.	Biyomimikri sizce biyoloji öğretimine katkı sağlamakta mıdır?
3.1.	Katkı sağlıyorsa nasıl?
S.4.	Biyomimikri uygulamalarını derslerinizde kullanıyor musunuz?
4.1.	Örnek vererek yaptığınız uygulamaları anlatır mısınız?
S.5.	Biyomimikriyi hangi amaçla kullanıyorsunuz?
S.6.	Derslerde biyomimikri kullanmanın sağladığı avantajlar nelerdir?
6.1.	Biyomimikriyi derslerinizde kullanmanızın bilişsel kazanımlar, duyuşsal kazanımlar ve psikomotor kazanımlara yönelik sağladığı avantajlar nelerdir?
6.2.	Kullanımdan önce ve sonra öğrencilerde bir değişim gözlemliyor musunuz? Açıklayabilir misiniz?
S.7.	Biyomimikriyi derslerinizde kullanırken ne gibi zorluklarla karşılaşıyorsunuz?
S.8.	Biyomimikrinin derslerde kullanımına yönelik önerileriniz nelerdir?
S.9.	Yukarıdaki sorularda yer almayan ancak konuyla ilgili belirtmek istediğiniz başka görüş ve öneriniz var mı?
GÖRÜŞME BİTMİŞTİR KATKILARINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ.	

GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR…