T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMİMİKRİ TEMELLİ STEM ETKİNLİKLERİNİN ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN PROBLEM ÇÖZME VE TASARIM BECERİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Aysel GÖKCE

YÜKSEK LİSANS

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Programı

Danışman

Prof. Dr. Bayram COŞTU

Eş Danışman

Doç. Dr. Fatma COŞTU

Temmuz, 2024

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMİMİKRİ TEMELLİ STEM ETKİNLİKLERİNİN ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN PROBLEM ÇÖZME VE TASARIM BECERİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Aysel GÖKCE tarafından hazırlanan tez çalışması 09.07.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Eğitimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bayram COŞTU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr. Fatma COŞTU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Bayram COŞTU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr.Fatma COŞTU, Eş Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Aslı GÖRGÜLÜ ARI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Funda SAVAŞÇI AÇIKALIN, Üye
İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Bayram COŞTU ve Eş danışmanım Doç.Dr. Fatma COŞTU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Çözme Ve Tasarım Becerisine Etkisinin İncelenmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Aysel GÖKCE

İmza

Hind RECEP'in nezdinde

Filistin başta olmak üzere

Savaşın ruhunu zedelediği

tüm kadınlara, çocuklara ve coğrafyalara

TEŞEKKÜR

Tez sürecimde bana yol göstererek akademik gelişimime katkı sağlayan, her koşulda verdikleri destekle süreci tamamlamamda büyük rol oynayan naif ve örnek kişiliklerinden ötürü kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Bayram COŞTU ve eş danışmanım Doç. Dr. Fatma COŞTU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez jürimde yer alarak yapıcı eleştiri ve önerileriyle beni olumlu yönlendiren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Funda SAVAŞÇI AÇIKALIN ve Prof. Dr. Aslı GÖRGÜLÜ ARI'ya teşekkür ederim.

Uygulama sürecinde ve hayatımın çok önemli bir yerinde bulunan biricik öğrencilerime, her koşulda desteklerini yanımda hissettiğim idarecileri, öğretmenleri ve velileriyle tüm Şişli BİLSEM ailesine teşekkür ederim.

Bu hayatta sahip olduğum en büyük nimetlerim olan annem, babam ve biricik kardeşlerim başta olmak üzere tüm OLGUN ve GÖKCE ailelerime teşekkür ederim. Hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu süreçte de tüm manevi desteklerinin yanı sıra bana akademik olarak da destek veren kardeşim ve zümrem Hayrişim'e ve kıymetli eşim, aynı zamanda zümrem İsmail GÖKCE'ye teşekkür ederim.

"Bilimle, emekle, umutla"

Aysel GÖKCE

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR **iv**
KISALTMA LİSTESİ **viii**
ŞEKİL LİSTESİ **ix**
TABLO LİSTESİ **x**
ÖZET **xi**
ABSTRACT **xiii**
1 GİRİŞ **1**
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Araştırmanın Problemi 6
1.3 Problem cümlesi 8
1.4 Tezin Amacı 8
1.5 Çalışmanın Önemi 9
1.6 Araştırmanın Varsayımları 11
1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları 12
2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE **13**
2.1.Biyomimikri 13
2.1.1 Biyomimikrinin Tanımı..... **13**
2.1.2 Biyomimikrinin Prensipleri..... **15**
2.1.3 Biyomimikri ve Sürdürülebilir Tasarımlar..... **16**
2.1.4 Biyomimikrinin Alt Boyutları..... **17**
2.1.5 Biyomimikri Tasarım Döngüsü..... **19**
2.1.6 Biyomimikriye Yönelik Eğitim Araştırmaları **20**
2.2 STEM 22
2.2.3 STEM' in Tanımı ve Bileşenleri..... **22**
2.2.2 STEM Eğitiminin Önemi..... **23**
2.2.3 STEM Eğitiminin Kavramsal Çerçevesi..... **23**
2.2.4 STEM Eğitiminin Uygulanmasında Kullanılan Yöntemler..... **24**
2.2.5 STEM Eğitiminin Etkileri İle İlgili Araştırmalar..... **25**
2.3 Probleme Dayalı Öğrenme 25
2.3.1 Probleme Dayalı Öğrenmenin Tanımı **25**
2.3.2 Probleme Dayalı Öğrenmenin Aşamaları **26**
2.3.3 Probleme Dayalı Öğrenmenin Eğitime Yansımaları ile İlgili Araştırmalar **27**

2.3.4 Problem Çözme Becerisi **28**
2.4 Özel Yetenekli Öğrenciler 28
2.4.1 Zeka ve Yetenek Kavramı 28
2.4.2 Özel Yetenek ve Özel Yetenekli Öğrenciler 29
2.4.3 Özel Yetenekli Öğrencilerin Eğitimi 30
3 YÖNTEM33
3.1 Araştırma Süreci 33
3.2 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin Geliştirilmesi 34
3.3 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinde Belirlenen Öğelerin Nasıl BirYöntemle Verileceğinin Belirlenmesi 38
3.4 Araştırmanın Modeli 44
3.5 Pilot Çalışma ve Uygulama Süreci 46
3.6 Araştırmanın Örneklemi 48
3.7 Veri Toplama Araçları 49
3.8 Verilerin Analizi 52
4 BULGULAR **58**
4.1 Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerilerine İlişkin Bulgular 58
4.2 Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarımlarında Biyomimikrinin Öğelerine Yer Verme Durumlarına İlişkin Bulgular 70
4.3 Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarım Becerilerine İlişkin Bulgular 76
5 SONUÇ **79**
5.1 Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerisine Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma 79
5.2. Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarımlarında Biyomimikri Öğelerine Yer verme Durumlarına Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma 84
5.3 Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin; Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarım Becerisine Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma 86
5.4 Öneriler 87
KAYNAKÇA **90**
ETİK KURUL İZNİ **105**
B ONAM FORMLARI **106**
VERİ TOPLAMA ARAÇLAR **108**

ÖRNEK ETKİNLİK MODÜLÜ **112**
VERİ ANALİZİNE AİT BELGE ve TABLOLAR **121**
UYGULAMA SÜRECİNDEN ÖRNEKLER **136**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **138**

KISALTMA LİSTESİ

BİLSEM	Bilim ve Sanat Merkezi
BTTYÇŞ	Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu
PBPÇBT	Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerisi Testleri
PDÖ	Probleme Dayalı Öğrenme
STEM	Science Technology Engineering Mathematic

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Biyomomimikri ve benzeri kavramlar arasındaki ilişki 15
Şekil 2.2 Yaşamın sürdürülebilir ilkeleri lensi 20
Şekil 2.3 Biyomimikri tasarım yaklaşımları 21
Şekil 3.1 Araştırma süreci 33
Şekil 3.2 Etkinlik modüllerini geliştirme süreci 34
Şekil 3.3 Seçilen ana problemlerin PDÖ, Biyomimikri ve STEM bağlamında yapılandırılması 38
Şekil 3.4 Etkinlik modüllerinin temel çerçevesi 39
Şekil 3.5 Etkinlik modüllerinden kullanılan yaklaşımların rolü 40
Şekil 3.6 Problem odaklı biyomimetik süreç 41
Şekil 3.7 Etkinlik modüllerinin içerdiği aşamalar 43
Şekil 3.8 Eylem araştırmasının aşamaları 1. döngü 45
Şekil 3.9 Eylem araştırmasının aşamaları 1.döngü 45
Şekil 4.1 Öğrencilerin çevre ile ilgili belirledikleri problem durumları ön test ve son teste ait bulgular 61
Şekil 4.3 Diğer/Kişisel duyarlılıktan ortaya çıkan ile ilgili problemler teması ön test- son test sonuçları 62
Şekil 4.2 Güvenlik ile ilgili problemler teması ön test-son test sonuçları 62
Şekil 4.4 PBPÇT elde edilen verilere göre öğrencilerin problem çözümü için önerilerinin düzeyi ön test-son test 69
Şekil 4.5 Dış görünüş taklidi içeren çalışmalara örnekler 70
Şekil 4.6 Yapı taklidi içeren çalışmalara örnekler 71
Şekil 4.7 Yapı taklidi içeren çalışmalara örnekler 71
Şekil 4.8 Sistem taklidi içeren çalışmalara örnekler 71
Şekil 4.9 BYÇŞ ön testte ve son testte biyomimikrinin farklı alt boyutlarını kullanan öğrencilerin gösterimi 75
Şekil 4.10 Hiçbir ayrıntı içermeyen prototip çizimlerine örnekler 77
Şekil 4.11 Sadece yapı olarak ilham alan canlıya benzetilen prototip çizimlerine örnekler 77
Şekil 4.12 Yapı ve işlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip çizimlerine örnekler 78
Şekil 4.13 Yapı ve işlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip tasarımları 78

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Biyomimikrinin alt boyutları ve bazı örnekleri 18

Tablo 3.1 Etkinlik modüllerinin tasarımında kullanılan ögeler ve gerekçeleri 35

Tablo 3.2 Tasarlanan etkinlik modülleri 43

Tablo3.3 Pilot çalışmada tespit edilen sorunların iyileştirilmesine yönelik yapılan iyileştirmelere örnekler 46

Tablo 3.4 Uygulama süreci 48

Tablo 3.5 Araştırma örneklemindeki öğrencilere ait bilgiler 49

Tablo 3.6 Araştırma soruları ve veri toplama araçları 50

Tablo 3.7 BTTYÇŞ verilerinin analizi 53

Tablo 3.8 Biyomimikriye yönelik çizim şablonu veri analiz kriterleri ve tablosu 55

Tablo 3.9 PBPÇBT Öğrenci yanıtlarının puanlanmasına yönelik örnek 56

Tablo 4.1Öğrencilerin odaklandığı problem durumuna ait bulgular 59

Tablo 4.2 PBPÇT ön test-son test sonuçları 65

Tablo 4.3 Normal dağılım testi 65

Tablo 4.4 Verilere ait betimsel istatistikler 66

Tablo 4.5 Problem belirleme ve problem çözme becerilerine ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları 66

ÖZET

Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Çözme ve Tasarım Becerisine Etkisinin İncelenmesi

Aysel GÖKCE

Matematik ve Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Bayram COŞTU

Eş-Danışman: Doç. Dr. Fatma COŞTU

Günümüzde doğayı yalnızca bir ham madde kaynağı ve tüketim metası olarak görmek yerine, doğaya problem çözme stratejileri test edilmiş, sürdürülebilir çözüm yollarını kullanan bir rehber rolü vermek ihtiyaç duyulan bir bakış açısıdır. Bu bakış açısını destekleyen biyomimikri, doğanın test edilmiş modellerini, metotlarını ve stratejilerini inceleyerek elde edilen bilgileri sürdürülebilir çözümlerde kullanmayı içeren bir bilimdir. Bu araştırma, biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem belirleme, problem çözme ve tasarım becerilerine etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Şişli Bilim ve Sanat Merkezine devam eden 11 özel yetenekli 5. ve 6. sınıf öğrencisi ile yürütülen bu eylem araştırmasında, veri toplama aracı olarak ilgili literatürde geliştirilip güncellenmiş "Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testleri (PBPÇBT)" ile uzman görüşü alınarak araştırmacı tarafından geliştirilen Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu (BTTYÇŞ) ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Ayrıca, 5 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu ile çizim şablonundan elde edilen veriler derinleştirilmiştir. PBPÇBT'den elde edilen veriler, SPSS veri analiz programında Wilcoxon sıralı işaret testi ile analiz edilmiştir. Biyomimikri Temelli Tasarım Çizim Şablonu ve yarı yapılandırılmış görüşme formu ise tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgulara

göre, öğrencilerin problem çözme becerileri başlangıç ve son durum arasında anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir ($z = 2,565$, $p = 0,010 < .05$). BYÇŞ'den elde edilen veriler analiz edildiğinde, öğrencilerin küresel çevre sorunlarına daha fazla odaklandığı ve benzer problemlerle baş eden canlıların yapı, işlev ve sistemlerinden ilham alarak tasarımlarını geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin kullanılması, küresel sorunlara sürdürülebilir çözümler üretmek ve öğrencilere bu alanda yeterlilik kazandırmak açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, STEM, probleme dayalı öğrenme, problem çözme becerisi, özel yetenekli öğrenciler

ABSTRACT

Investigating the Impact of Biomimicry-Based STEM Activities on Problem-Solving and Design Skills of Gifted Students

Aysel GÖKCE

Department of Math and Science Education
Master of Science

Supervisor: Prof. Dr. Bayram COŞTU

Co-supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatma COŞTU

Instead of viewing nature only as a source of raw materials and consumer goods, it is necessary to adopt a perspective that recognizes nature as a guide utilizing tested problem-solving strategies and sustainable solutions. Supporting this perspective, biomimicry is a science that involves examining nature's tested models, methods, and strategies and applying the knowledge gained to design sustainable solutions. This study aims to investigate the impact of biomimicry-based STEM activities on students' problem identification, problem-solving, and design skills. This action research was conducted with a group of 11 gifted 5th and 6th grade students attending Şişli Science and Art Center. Data collection tools included the "Problem Identification and Problem Solving Skills Tests (PIPST)" developed and renewed in literature as well as the Biomimicry-Based Design Drawing Template (BBDDT) developed by the researcher with expert consultation for pre-test and post-test. Additionally, data obtained from an eight-question semi-structured interview form and the drawing template were deepened. The data obtained from the PIPST were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test in the SPSS data analysis program. The Biomimicry-Based Design Drawing Template and the semi-structured interview form were analyzed using thematic

analysis. According to the findings, there was a significant difference in students' problem-solving skills between the beginning and the end of the study ($z = 2.565$, $p = 0.010 < 0.05$). Analysis of the data from the BBDDT revealed that students increasingly focused on global environmental issues and drew inspiration from the structure, function, and systems of living organisms dealing with similar problems in their designs. In conclusion, the use of biomimicry-based STEM activities in the education of gifted students is important for producing sustainable solutions to global problems and equipping students with competencies in this area.

Keywords: Biomimicry, STEM activities, problem based learning, problem-solving skills, gifted students

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

İnsan ve doğa sürekli bir etkileşim içerisindedir. Bu çift yönlü etkileşimin boyutu tarihin akışı içerisinde zaman zaman değişiklik göstermiştir. Başlangıçta doğadaki ögeleri hayatını devam ettirmek için kullanan insan; bir süre sonra doğa ile kurduğu bağı; ona hükmetme, onu tüketme noktasına vardırmış; doğayı araçsal bir değer boyutuna indirgemiştir. Sanayi Devrimi ile başlayan doğal kaynakların devletlerin elinde güç olması durumu zamanla bu dönüşümü hızlandırmış; doğa bir tüketim nesnesi haline gelmiştir. İnsanın doğayı bu şekilde konumlandırması tüm dünyayı etkileyen küresel problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Günümüzde insan-doğa ilişkisine yeni bir boyut kazandırma düşüncesi, sürdürülebilirlik-sürdürülebilir kalkınma kavramlarının her platformda tartışılmasını beraberinde getirmiştir. Bu bağlamdan hareketle ekonomi, toplum, çevre boyutunda sürdürülebilir bir yaşam için küresel hedefler belirlenmiştir (Özmehmet, 2008; UN, 2022).

Sürdürülebilir bir yaşam için doğa ile ilişkimizi biraz derinleştirdiğimizde doğanın ihtiyaçları karşılayan bir araca indirgenemeyecek boyutları olduğunu görmekteyiz. “Doğal yaşamdan neler elde edebileceğimize değil, ondan neler öğrenebileceğimize” odaklandığımızda; ”sürdürülebilir çözümler aradığımızda”; karşımıza “Biyomimikri” bilimi çıkmaktadır. Biyomimikri; problem çözüm sürecinde doğanın test edilmiş ve kanıtlanmış tasarımlarını, süreçlerini taklit eden; doğaya bir model rolü yükleyen bir bilimdir. Bu bakış açısıyla biyomimikri aynı zamanda kendi felsefesini içinde barındırır. Biyomimikri,yapılan inovasyonun, ortaya konan çözümün doğruluğunu test etmek için ölçü olarak da yine doğayı, ekolojik standartları baz alır. Çözüm arayışında “işe yarayan nedir, uygun olan nedir, kalıcı olan nedir?” sorularını sorar. Doğayı bir rehber olarak alır; iş yapma şeklimizi doğanın iş yapma şekliyle değiştirir. Biyomimikri, doğal dünyada neyin işlediğini ve daha da önemlisi neyin varlığını devam ettirdiğini keşfeder; inovasyonun temeline doğadan esinlenmeyi; onu taklit etmeyi alır (Benyus, 1997).

Biyomimikriye yönelik çalışmalar son zamanlarda hız kazanmış olsa da doğadan esinlenme, kökeni çok eskilere dayanan bir bakış açısıdır. Yaşamın ilk zamanlarından itibaren insanoğlu doğanın var olan gücünü kendi yaşam alanına entegre etmiş; barınma ihtiyacını giderirken diğer canlılardan ilham almış, birçok alanda kullandığı araç-gereçleri doğayı taklit ederek geliştirmiştir. İnsanların av sırasında kullandıkları taşları keskin hale getirip yırtıcı hayvanların dişlerine benzetmeleri doğadan esinlenmenin ilk örneklerindendir. Leonardo Da Vinci'nin kuşların kanatlarından yola çıkarak çizdiği kanatlı araçlar ve bu çizimler de doğadan esinlenmenin yeni olmadığını gösterir (Avcı, 2019).

Biyomimetik kavramı, ilk defa 1960'larda Amerikalı mucit, mühendis ve biyofizikçi Otto Schmitt tarafından "biyolojinin, teknolojiye transferi" anlamında kullanılmıştır (Kenny vd, 2012; Sevencan ve Üreyen, 2020). Biyomimikrinin bir bilim haline gelmesi ve yaygınlaşması Benyus'un (1997) bu alandaki çalışmaları ile hız kazanmıştır. Benyus (1997) doğanın işleyen, kanıtlanmış yasalarına vurgu yaparak; bu yasaların ihtiyaç duyulan tasarımlara transfer edilmesini önerir. Söz konusu yasalar doğanın güneş ışığıyla çalışması; sadece ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanması, biçimi ihtiyaç duyulan işleve uydurması, her şeyi geri dönüştürmesi, iş birliğini ödüllendirmesi, çeşitliliğe dayanması, yerel uzmanlık istemesi, içindeki aşırılıkları törpülemesi olarak sıralanabilir.

Doğanın bahsedilen yasaları, yine doğadan esinlenerek birçok farklı alana transfer edilmiştir. Biyomimikrinin: tasarım ve ergonomide (Eryılmaz, 2015; Çelikel ve Uçar, 2020); mimaride (İnner, 2019; Gündoğdu ve Aslan, 2020); tekstilde (Değerli, 2020); tıpta (Sarıkaya, 1999); mühendislikte (Fayemi vd, 2017) kullanımının araştırıldığı ve buna dair örneklerin ortaya konduğu araştırmalar bulunmaktadır.

Biyomimikri biliminin ve yaklaşımının eğitim ortamlarına entegre edilmesi de kaçınılmazdır. Bu noktada araştırmacıların, biyomimikriyi fen bilimleri, kimya, teknoloji tasarım gibi alanlara aktardığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar; tasarlanan biyomimikri etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerine, biyomimikriye yönelik algılarına ve biyomimikriyi kullanma düzeylerine etkisine odaklanmıştır (Gardner, 2102; Çoban, 2019; Sürgü, 2022; Ülbeği Ülker, 2023; Aydın, 2023; Türe, 2023). Biyomimikrinin fen eğitimine entegrasyonu (Coştu ve Çoban, 2021); ortaokul öğrencilerine yönelik mühendislik tasarım döngüsü ile

birlikte kullanılmasına yönelik etkinliklerin geliştirilmesi (Canbazoğlu Bilici vd., 2021); yine ortaokul seviyesinde biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin tasarlanması (Gencer vd., 2020); biyomimikrinin lise öğrencileri için STEM eğitimine entegrasyonu (Roobeek, 2019); biyoloji eğitiminde tasarım odaklı yaklaşımın biyomimikri ile harmanlanması (Fried vd., 2020); sorgulamaya dayalı öğrenmenin okul öncesi dönemde biyomimikri ile birlikte kullanılması (Deliman ve Lott, 2023); yükseköğretimde farklı lisans programlarında biyomimikri odaklı uygulamalara yer verilmesi ve bunun öğrenciler üzerindeki etkisi (Urmann, 2016; Yıldırım, 2019; Stevens vd, 2021) ile ilgili araştırmalar bulunmaktadır. Alan yazınında biyomimikri ile ilgili yapılan taramanın ardından özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde biyomimikri temelli çalışmalar incelenmiştir. Bu bağlamda Mirici vd. (2021)'nin özel yetenekli öğrenciler ile yürüttükleri araştırmada tatlı su canlılarının makro, mikro ve alt-mikro doğasından ilham almalarını sağlayacak bir uygulama gerçekleştirmiştir. Söz konusu araştırmada biyomimikri temelli uygulamaların özel yetenekli öğrencilerin yaratıcı ve analitik düşünmelerine katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir başka araştırmada Kang ve Kim (2014), özel yeteneklilerin eğitiminde biyoloji, sanat ve edebiyatın entegresine dayalı yürüttükleri projelerinde biyomimikriyi disiplinler arası bağlamı oluşturmak için yöntem olarak kullanmıştır.Alan yazınında yapılan taramada özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde biyomimikrinin kullanımına yönelik araştırmaların istenen düzeyde olmadığı; bu alanda araştırmalara ihtiyaç duyulduğu fikirleri ortaya çıkmıştır.

Özel yetenekli bireylerin eğitiminde biyomimikri kullanımı ile ilgili yapılan tespitlerin ardından bu hedef kitlenin özellikleri ve onların öğrenme ihtiyaçlarına cevap vermek için ne gibi eğitim yöntemlerinin kullanıldığı incelenmiştir.

Üstün yetenekli veya özel yetenekli birey; sıra dışı üstün yetenekleri sayesinde yüksek performans gösterebilen (İnnalı, 2017); genel zihinsel yetenek, özel akademik yetenek, yaratıcı veya üretken düşünme yeteneği, liderlik yeteneği, görsel performansa dayalı sanat yeteneği, psikomotor yeteneği gibi yetenek veya özelliklerinden biri ya da birkaçına sahip olan (NAGC, 1990); genel özel yetenek, motivasyon ve yaratıcılığın kesişiminden ortaya çıkan üstün davranışı gösterebilen (Renzulli, 1986); zeka, yaratıcılık, sanat liderlik kapasitesi veya özel akademik alanlarda yaşıtlarına göre yüksek düzeyde performans gösterdiği

uzmanlar tarafından belirlenen (MEB, 2006); akranlarına göre bilişsel gelişim adımları hızlı olan kişilerdir (Ataman, 2014).

Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde uygulanacak programların esnek ve dinamik; konunun farklı disiplinler açısından ele alındığı; onların ilgi alanına hitap eden; üst düzey düşünme becerilerini kullanmaya olanak tanıyan; bilişsel olarak onları zorlayan yapıda olması beklenmektedir (Renzulli, 1977; Kaplan Sayı, 2024). Bu ögelerin eğitim ortamlarına ve müfredatlara entegre edilmesinde farklılaştırma sık kullanılan bir yöntemdir (Renzulli, 1977; Davaslıgil, 2007). Söz konusu farklılaştırma; zenginleştirme, hızlandırma, gruplama gibi müdahalelerle gerçekleştirilebilmektedir (MEB, 2019). Alan yazınında özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde farklılaştırmanın; STEM yaklaşımıyla sağlandığı zenginleştirme çalışmalarına rastlanmıştır.

STEM, Fen (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır ve bu disiplinlerin birbiri ile entegre edilerek kullanılmasına dayanır. STEM kapsamında, her disiplinin kendine ait özellikleri ihmal edilmeden, disiplinlere özgü bilgi, beceri ve yöntemler disiplinler arası bir yaklaşımla bir arada harmanlanır (NRC, 2014). STEM eğitimi, disiplinler arası yapısıyla, okul öncesinden üniversite seviyesine kadar öğrencilere edinilen bilgiyi günlük hayatta kullanma, yaşam becerileri, eleştirel düşünme ve problem çözme, tasarım gibi becerileri kazandırır (Akgündüz vd., 2015; Çorlu ve Aydın, 2016; Şahin, Ayar ve Adıgüzel, 2014; Yıldırım ve Altun, 2015). Ayrıca STEM eğitimi sonrasında, iş hayatına atılan bireyler, kazandıkları bu beceriler sayesinde iş dünyasının beklentilerini daha kolay karşılayabilirler. Bir anlamda STEM yaklaşımının ortaya çıkış nedenlerinden biri, bu ihtiyaçları karşılayarak bireylerin sorunlara bütüncül bir perspektifle yaklaşmasını sağlamak olarak değerlendirilebilir (Bybee, 2019).

STEM yaklaşımının kavramsal çerçevesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, STEM' in Fen, Matematik, Mühendislik ve Teknolojiyi birbirine bağlayan bir sisteme benzetildiği görülmektedir. Bu sistemde, uygulama grubunun STEM ile ilgili çalışmaları yürütebilmesi için mühendislik tasarımı, matematiksel modelleme, bilgi işlemsel düşünme, teknolojik okur yazarlık ve bilimsel sorgulama becerilerini kullanması gerekmektedir (Kelly ve Knowles, 2016).

Türkiye'de STEM eğitiminin öğrencilerin; beceri, tutum, akademik başarı, mesleki tercih, kariyer bilinci, bilimsel süreç becerileri, STEM disiplinlerine yönelik algı-tutumlarına, kavramsal öğrenme üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalar yürütülmüş; STEM eğitiminin belirtilen değişkenler üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir (Herdem ve Ünal, 2018; Daşdemir vd, 2018; Çavaş vd., 2020). STEM odaklı çalışmalar, özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde de sık araştırılan konulardan bir. Özel yetenekli öğrencilerin eğitimi bağlamında STEM etkinliklerinin; mühendislik ve tasarım becerilerine (Ayverdi, 2018); problem çözme becerileri ve bilimsel süreç becerilerine (Yıldız, 2022); üst düzey düşünme becerileri ve 21. yüz yıl becerilerine (Nacaroğlu ve Kızkapan, 2021; Külegel, 2020); STEM alanlarına ilgi ve tutumlarına (Bircan ve Köksal, 2020) olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Bu araştırmalar; biyomimikri temelli etkinliklerin STEM bağlamında tasarlanması için bu araştırmaya ışık tutmuştur.

Günümüzde yaşanan küresel problemlerin içerisine doğan bireylerin taşıması gereken önemli becerilerden biri problem çözme becerisidir. STEM çalışmalarının yanında Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ) yaklaşımıyla yapılan uygulamaların da öğrencilerin problem çözme becerisini geliştirdiği ortaya konmuştur (İnel, 2012). PDÖ; gerçek hayat problemlerine çözüm aranan bir süreci içerir. Üst düzey beceriler ve problem çözme becerileri bu süreçte önem arz etmektedir. PDÖ yaklaşımında öğrenme; karmaşık ve gerçek yaşam problemlerinin çözümü ve keşfedilmesi etrafında gerçekleşir (Torp ve Sage, 2002). PDÖ, bunların yanında bilgiyi kullanarak işlevsel hale getiren, konuların derinlemesine ve bütünlük içerisinde anlaşılmasını sağlayan, ekip çalışması ve dinamiklerini barındıran bir yöntemdir (Cantürk-Günhan, 2006). Bu öğrenme yaklaşımında öğrenciden beklenen; verilen problem durumunu derinlemesine analiz ederek bilmediği kavram ve terimleri tespit etmesi; süreçte oluşan sorunlara karşı bir sistematik bakış açısı geliştirip sorunları ortadan kaldırması, probleme dair farklı kaynaklara yönelmesi, bu alanda çalışmalar yapması ve ulaştığı bilgileri eski bilgiler ile sentezlemesidir (Can, 2016). Yapılan bir araştırmada üstün yetenekli öğrencilerin probleme dayalı öğrenme yaşantılarından sonra problem çözme, grup ile çalışması, kendini ifade etme, yorum yapma ve araştırma alışkanlığı kazandığı tespit edilmiştir (Can ve İnel, 2019). Benzer örneklem grubu üzerinde yapılan bir başka araştırmada ise problem çözmeye dayalı farklılaştırılmış fen bilimleri

etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme ve işbirlikli çalışma becerilerine katkı sağladığı ortaya konmuştur (Ceylan ve Umdu-Topsakal, 2023). STEM ve PDÖ yaklaşımlarının özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde kullanılmasına dair bahsedilen bu araştırmalar; biyomimikri temelli etkinliklerin bu yaklaşımlarla tasarlanması fikrini pekiştirmiştir.

1.2 Araştırmanın Problemi

Günümüzde insanlık birçok küresel çevre problemi ile yüzleşmektedir. Bu problemler, canlılar açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. İklim değişikliği, küresel ısınma, çevre kirliliği ve biyoçeşitliliğin azalması gibi sorunlara yönelik uluslararası girişimlerin sayısı artmaktadır. Bu problemlerin temelinde, insanların doğayla kurduğu ilişkinin olumsuz etkilerinin yattığı düşünülmektedir. İnsanoğlu, zamanla doğayı sınırsız bir kaynak ve tüketim metası olarak görmüş; bu da insan-doğa ilişkisinin giderek bozulmasına ve doğanın kendini koruma ve yenileme kabiliyetinin azalmasına yol açmıştır (Sipahi, 2010). Bu durum, insan-doğa ilişkisinin yeniden yapılandırılması ihtiyacını doğurmuştur. Mevcut problemlerin çözümü ve doğaya, doğal kaynaklara bakış açısını yeniden yapılandırmak için sürdürülebilirlik kavramı günümüzde birçok alanda tartışılmaktadır (Özmehmet, 2008). Birleşmiş Milletlerin 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, bu bağlamda devletlerin ekonomi, toplum ve çevre politikalarına sürdürülebilirliği entegre etmeyi amaçlamaktadır (Peşkircioğlu, 2016).

Sürdürülebilirlik kavramının uluslararası anlaşmalarla hayatın işleyişine entegre etmek önemli bir adımdır. Ancak en temelde insanın doğaya bakış açısını yeniden düzenlemek gerekmektedir. Bu ihtiyaçtan hareketle Benyus (1997)'un doğayı bir model, ölçü ve rehber olarak konumlandırdığı, doğanın işleyişindeki sürdürülebilirliği ön plana çıkardığı, doğadan ilham alarak çözümler geliştirmeyi vurguladığı "Biyomimikri" önemli bir bilim, tasarım disiplini ve yaklaşımdır. Benyus (1997) iş yapma şeklimizi değiştirerek "doğanın yöntemiyle yapmayı" önermektedir. Bu yaklaşım ile insan-doğa ilişkisini yeniden düzenlemek, karşılaştığımız problemlerin çözümünde önemli bir adım olacaktır.

İçinde bulunduğu çağın problemlerine göre ihtiyaç duyulan yeterliliklere sahip bireyler yetiştirmek Türkiye Yeterlilik Çerçevesinin global amaçlarındandır (Baykal, 2017). Bu kapsamda eğitim-öğretim programlarında da sürdürülebilirlik,

insan-doğa ilişkisi üzerine vurgular artmıştır (Tanrıverdi, 2010). Bu vurgu ve bağlamı güçlendirmek için biyomimikri temelli içerikler kullanılabilir, böylece öğrencilerin bu yaklaşımı içselleştirilmesine katkı sağlanabilir. Nitekim araştırmacıların son yıllarda biyomimikrinin eğitimde kullanılmasına yönelik çalışmalara hız verdiği görülmektedir (Çoban, 2019; Sürgü, 2022; Ülbeği Ülker, 2023; Aydın, 2023; Türe, 2023).

Özel yetenekli öğrencilerin eğitimi de küresel problem durumları, sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve doğaya bakış açısının eğitim alanına yansımaların izini taşımaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına cevap verebilecek farklı yaklaşımlarla etkinlikler tasarlanmakta; bu konuda araştırmalar yürütülmektedir. STEM yaklaşımı bu bağlamda özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde sık kullanılmaktadır. STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin; mühendislik ve tasarım becerilerine (Ayverdi, 2018); problem çözme becerileri ve bilimsel süreç becerilerine (Yıldız, 2022); üst düzey düşünme becerileri ve 21. yüz yıl becerilerine (Nacaroğlu ve Kızkapan, 2021; Külegel, 2020), STEM alanlarına ilgi ve tutumlarına (Bircan ve Köksal, 2020) olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur.

Özel yetenekli öğrencilerin çevrelerindeki, dünyadaki problem durumlarına karşı duyarlı olduğu, bu anlamda empati yeteneklerinin gelişmiş olduğu (Özbay ve Palancı, 2011; Leana Taşçılar vd.,2014; Bildiren, 2018; Kaplan Sayı, 2024) bilinmektedir. Onların bu duyarlılığını öğrenme ortam ve içeriklerine entegre etmek için Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ) ve biyomimikri yaklaşımlarını kullanmak bu araştırmanın çıkış noktası olmuştur. Söz konusu yaklaşımları STEM disiplin ve stratejileri ile bütünleşik bir şekilde kurgulamak; özel yetenekli öğrencilerin farklı disiplinleri birlikte kullanmasına olanak sağlayacaktır. Bahsedilen bu noktalardan hareketle; özel yetenekli öğrencilerin küresel çevre problemlerine karşı doğanın rehberliğine başvuracakları; problem çözme stratejilerine biyomimikri felsefesini entegre ettikleri; çözüm üretme sürecinde STEM disiplinlerinin bilgi ve becerilerini işe koşacakları bir içeriğin oluşturulması ve bu içeriğin öğrencilerin problem belirleme ve çözme becerisine, biyomimikriyi kullanma düzeyine, tasarım fikir ve becerisine etkisini ortaya koymak bu araştırmanın problem durumudur.

1.3 Problem Cümlesi

Bilim ve Sanat Merkezine devam eden özel yetenekli 5. ve 6. sınıf öğrencileri ile gerçekleşen bu araştırma; Probleme Dayalı Öğrenme yaklaşımıyla kurgulanan biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme, tasarım becerileri ve biyomimikrinin alt boyutlarını kullanma durumunda oluşturduğu etkiye odaklanmıştır. Buradan hareketle araştırmanın problem cümlesi; "Biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrenciler üzerindeki etkisi nedir?" şeklinde belirlenmiştir.

1.3.1. Alt Problemler

Araştırmanın yol haritasını çıkarmayı sağlayan ve süreçte cevabı aranan araştırma soruları şunlardır:

1.Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerilerine etkisi nedir?

2.Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin tasarım becerilerine etkisi nedir?

3.Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarında biyomimikrinin boyutlarına yer verme durumuna etkisi nedir?

1.4 Tezin Amacı

Son yıllarda Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, ekonomi, çevre, toplum üçgeninde sürdürülebilir adımlar atmak için devletleri motive etmektedir. Eğitim, bu küresel hedeflerden etkilenen alanlardan biridir. Ekonomi, çevre, toplum üçgeninde sürdürülebilirlik ilkeleri eğitim müfredatlarında ve içeriklerinde yer almaya başlamıştır. Biyomimikri odaklı içerikler doğadaki sürdürülebilirliği keşfetmeye ve rehber edinmeye dayandığı için (Benyus, 1997) bu bağlamda bir fırsat sunabilir.

Özel yetenekli öğrencilerin potansiyellerinin açığa çıkması ve toplumda beklenen faydayı sağlamaları için, onlara öğrenme ihtiyaçlarını gideren eğitim ortam ve içeriği sunulmalıdır (Ataman, 2004). Bu bağlamda zenginleştirilmiş içeriklere ihtiyaç duyulmaktadır. STEM yaklaşımının özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde zenginleştirme unsuru olarak kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır (Ayverdi,

2018; Yıldız, 2022; Külegel, 2020; Barış, 2019). Bunun yanında probleme dayalı öğrenme yaklaşımı da bilim eğitiminde kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın öğrencilerin problem çözme becerileri algılarına, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına ve kavramsal anlama düzeylerine katkı sağladığı üst düzey bilişsel düşünme becerilerine ve duyuşsal kazanımlarda olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur (Can ve İnel, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin eğitime entegrasyonunda, biyomimikrinin sunduğu sürdürülebilir çözüm anlayışından yararlanarak; STEM ve probleme dayalı öğrenme (PDÖ) yaklaşımlarının özel yetenekli öğrenciler üzerindeki olumlu etkisinden yola çıkarak biyomimikriyi STEM ve PDÖ ile harmanlamak; özel yetenekli öğrencilere yönelik etkinlikler geliştirmek; bu etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme, tasarım becerisi ve çözüm önerilerinde biyomimikriyi kullanma düzeyindeki değişimi ortaya koymak bu araştırmanın temel amacıdır.

1.5 Çalışmanın Önemi

Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi (AYÇ) ile uyumlu olarak tasarlanan Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi (TYÇ), tüm eğitim ve öğretim programlarıyla kazanılan yeterlilikleri belirler. TYÇ'ye göre (2020) hedeflenen kazanımlara ulaşmak için öğretim programlarının içerik ve öğrenme alanlarının düzenlenmesi önemlidir. Çağın gerektirdiği yeterliliklere sahip bireylerin yetişmesi için müfredatların öğrenme alan ve içerikleri ihtiyaçlara cevap vermelidir. Bu bakış açısıyla mevcut durum analiz edildiğinde; ekonomi, çevre toplum üçgeninde sürdürülebilir yaşam ilkelerinin yaşam kültürü haline getirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Peşkircioğlu, 2016; UN, 2022).

Sürdürülebilirlik ilkelerinin uygulandığı en önemli alan doğanın kendisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Benyus, 1997). Doğadaki sistemlerin sürdürülebilir işleyişi incelendiğinde; atıkları kaynak olarak kullanması, enerjiyi verimli bir şekilde üretmesi ve kullanması, simbiyotik yaşam ile canlıların arasında bir iş birliği kurması, malzemelerin yerelden ve tutumlu kullanması, her şeyi geri dönüştürmesi, çeşitliliğe dayanması doğanın ön plana çıkan özelliklerinden bazılarıdır (Sarıkaya, 1999). Doğanın model, ölçü ve akıl hocası olarak konumlandırılması ve bu ilkelerin günümüzde mühendislik, tıp, mimari, endüstri

gibi birçok alanda uygulanması sürdürülebilir bir yaşam için kat edilen önemli bir yol olacak; biyomimikrinin felsefesi ve ilkelerini farklı alanlara uygulanması; belirlenen kalkınma hedeflerine ulaşmaya katkı sağlayacaktır (Benyus, 1997). Bu motivasyonla biyomimikrinin eğitim ortamlarına taşındığı; yenilikçi bir yaklaşımla biyomimikri temelli eğitim içeriklerinin üretildiği ve bu yaklaşımın uygulanabilirliğine odaklanan eğitim araştırmaları bulunmaktadır. Bu araştırmaların biyomimikri yaklaşımının fen bilimleri, kimya, teknoloji tasarım eğitimine entegrasyonuna, öğrencilerin biyomimikri algıları ve biyomimikri kullanma durumuna odaklandığı görülmektedir (Çoban, 2019; Çoban ve Coştu, 2021; Türe, 2023; Avcı, 2019; Aydın, 2023; Sürgü, 2022).

Doğanın rehber olarak görüldüğü yaklaşımın toplumda yaygınlaştırmanın önemli bir sacayağı eğitimdir. Durum özel yetenekli öğrencilerin eğitimi açısından düşünüldüğünde toplumun yaklaşık %2-3'ünü oluşturan özel yetenekli bireylerin eğitimi, onların potansiyellerini açığa çıkarmak, liderlik becerilerini, motivasyonlarını ve yaratıcı problem çözme yeteneklerini geliştirmek sürdürülebilir yaşam ilkelerini benimseyen bir toplum için önemlidir. Nitekim özel yetenekli öğrenciler toplum için bir katalizör görevi görebilir çünkü bu bireyler, topluma yön verme, gelişim ve değişimi hızlandırma açısından büyük bir rol oynar (MEB, 2013). Biyomimikri yaklaşımı; özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde kullanılabilecek bir zenginleştirme unsuru olarak kullanılabilir. Zenginleştirme süreci yaratıcı düşünme, problem çözme, eleştirel düşünme, bilimsel düşünme gibi hedefleri içeren; bu sürecin geliştirildiği ders konuları, proje, etkinlik gibi içerikleri kapsamaktadır (Renzulli, 1977; Davaslıgil, 2007). Ülbeği (2023) biyomimikri yaklaşımını STEM ile entegre ederek kullandığı araştırmasında bu etkinliklerin; normal gelişim gösteren öğrencilerin çevresel tutumları, bilimsel yaratıcılık becerileri ve fen bilimleri dersine karşı olan tutumları üzerindeki olumlu bir etkisi olduğunu ortaya çıkarmıştır. STEM yaklaşımının özel yetenekli öğrenciler için içerik zenginleştirme yöntemi olarak kullanılması çok yaygın (Ayverdi, 2018; Yıldız, 2022; Külegel, 2020; Barış ve Ecevit, 2019) olduğu düşünüldüğünde; biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına cevap verecek bir nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Bu araştırma belirtilen ihtiyaç ve gerekçelerden yola çıkarak biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli BİLSEM öğrencilerinin eğitiminde kullanılmasına odaklanmıştır. Doğanın sürdürülebilir ilkelerine duyulan ihtiyacın özel yeteneklilerin eğitimi açısından ele alınması çalışmaya değer katan noktalardandır. Tüm bunların yanında gerçek problem durumlarının öğrenme ortamına taşındığı ve öğrenme sürecinin problem çözme süreci ile iç içe yaşandığı Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ) yaklaşımı da araştırmada biyomimikri ve STEM ile harmanlanmıştır. PDÖ'nün normal gelişim gösteren öğrencilerin problem çözme becerileri ve algılarına, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına ve kavramsal anlama düzeylerine, üst düzey düşünme becerilerine katkısı (İnel, 2012; Ersoy, 2012) düşünüldüğünde özel yetenekli öğrenciler için zenginleştirme unsuru olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak özel yetenekli BİLSEM öğrencilerine yönelik PDÖ stratejilerini içeren biyomimikri temelli STEM etkinlikleri geliştirmeyi ve bu etkinliklerin öğrencilerin gelişimine katkısını ortaya koymayı amaçlayan bu çalışma; bu yönleriyle literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir.

1.6 Araştırmanın Varsayımları

1. Araştırmaya katılan öğrencilerin, araştırma sürecinde yapılan gözlemlerde gerçekçi davrandıkları, bilgi, duygu ve düşüncelerini ölçme araçlarına tarafsız olarak yansıttıkları;

2. Araştırmacının uygulama süresince tarafsız gözlem, uygulama ve değerlendirme yaptığı;

3. BİLSEM' de öğrenim gören öğrencilerin zeka puanlarının gerçekçi ve uygun kriterlerle belirlendiği ve seçilen öğrencilerin özel yetenekli olduğu;

4. Öğrencilerin süreçte katıldıkları biyomimikri temelli STEM etkinlikleri dışındaki dış faktörlerin belirleyici olmadığı;

5. Öğrencilerin tasarım fikri ve becerisini yaptıkları prototip çizimlerine yansıttığı varsayılmıştır.

1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma;

1. Bir Bilim ve Sanat Merkezine 2022-2023 eğitim öğretim yılında; 5. ve 6. sınıf düzeyinde; Bireysel Yetenekleri Farkettirme (BYF) programına devam eden; araştırmacı ile atölye derslerinde bir araya gelen on bir özel yetenekli öğrenci ile;

2. Hazırlanan etkinlik modülleri "Bilinçsiz enerji kullanımına karşı enerji tasarrufu, su kirliliği, sürdürülebilir yaşamın temelleri ve sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımı" temaları ile;

3. Doğa ile etkileşimin istenen düzeyde sağlanamadığı bir okul ortamı ile sınırlıdır.

2
KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Araştırmanın bu bölümünde, sürecin temel çerçevesini oluşturan 'biyomimikri, STEM, probleme dayalı öğrenme ve özel yetenekli öğrenci' kavramları, alan yazın ışığında ayrıntılı bir şekilde tartışılmış; bu kavramların araştırma bağlamında hangi perspektifte ele alındıkları belirtilmiştir.

2.1 Biyomimikri

2.1.1 Biyomimikrinin Tanımı

Biyomimikri, insanların karşılaştığı problem durumlarına yönelik sürdürülebilir tasarım ve teknolojiler üretmek için doğadaki yapı, biçim, prensip ve sistemleri derinlemesine analiz ederek onlardan ilham almaya dayanan bir bilimdir. Doğayı bir rehber konumunda gören bu bakış açısıyla aynı zamanda kendi felsefesini içinde barındıran; bir tasarım disiplini; bir problem çözme yaklaşımı, doğaya saygı duymayı içeren bir yaklaşım olarak da görülebilir (Benyus, 1997; Goss, 2009). Bu kilit noktaları ile biyomimikri, teknoloji, mühendislik, tıp, mimari, endüstri, ekoloji, kimya gibi birçok farklı disiplinin bir arada çalışarak doğanın modellerini analiz ettiği ve karşılaştıkları problemlerin çözüm yollarını beraber tasarladıkları disiplinler arası bir alandır (Bartholomew, 2017). Doğa, yüz yıllardır test edilmiş, kendi içinde geliştirilmiş ve mükemmelleştirilmiş modelleriyle, stratejileriyle okunmayı bekleyen, herkese açık bir rehber kitap niteliğindedir (Benyus,2014; Çoban, 2019).

Biyomimikrinin etimolojik yapısı incelendiğinde “bios” hayat; “mimesis” taklit anlamına gelen iki kelimenin bir araya gelmesi ile oluşan bu kavram; içinde kendi felsefesini, yaklaşımını içeren disiplinler arası bir bilimdir.

Biyomimikri kavramının tarihsel gelişimine bakıldığında Leonardo da Vinci (1452-1519), yaşamı boyunca doğal eko sistem ilkelerine göre işleyen, doğadan ilham alarak kentler tasarlamış ve bu konudaki bakış açısını "Doğa dışında bir modelden ilham alanlar boşuna çalışıyorlar" sözleriyle dile getirmiştir (Kenny vd., 2012). Da Vinci, makinelerin icadını, anatomi incelemelerini ve resim yapmayı eş

güdümlü ilerletmiş; doğayı doğru gözlemleyerek bilim ve sanat arasındaki sınırları kaldırmıştır. Sanat tarihçisi Kennet Clark, Da Vinci'nin gözlem yeteneğini vurgulamış, onun doğa ve insan anatomisiyle benzeşimler kurarak bilgilerini tasarımlarına aktardığını belirtmiştir. Bu sebeple Leonardo'nun çalışmaları biyomimikrinin erken örnekleri olarak kabul edilir ve düşünceleri biyomimikrinin özünü oluşturur (Genç, 2013).

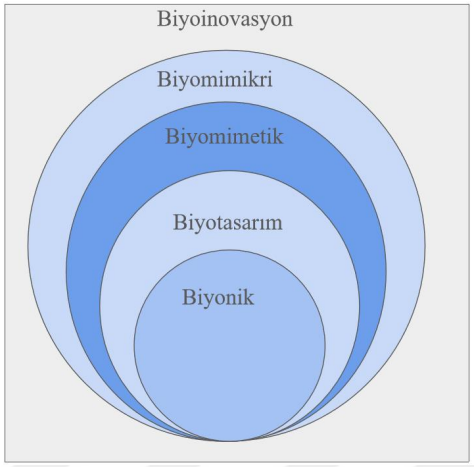
Biyomatematikçi D'arcy Wentworth Thompson, "Büyüme ve Form Üzerine" adlı kitabında mekanik ve biyolojik formlar arasındaki ilişkiyi görselleştirmiş ve hayvan ve bitki formlarının matematik bilgisiyle anlaşılacağını vurgulamıştır (Özen, 2016). Amerikalı akademisyen Otto Schmitt, biyomimetik terimini biyolojiden teknolojiye fikir aktarmak olarak kullanmıştır (Özen, 2016). Mühendis ve psikiyatrist Jack Ellwood Steele, 1960' da " biyonik" terimini, mevcut yöntem ve sistemlerin teknoloji ve mühendislikte kopyalanması anlamında kullanmıştır (Özen, 2016). Biyomimikri kavramı, 1982 yılında ortaya çıkmış ve 1997'de Janine Benyus'un 'Biomimicry: Innovation Inspired by Nature' adlı eseri sayesinde geniş çapta tanınmıştır.

Günümüzde "biyoinovasyon, biyomimikri, biyomimetik, biyonik" kavramları çok sık kullanılmaktadır. SO/TC 266 Biomimetik komitesi tarafından yapılan son çalışma aşağıdaki tanımları ortaya koymuştur (Fayemi vd., 2017). Buna göre;

- ✓ Biyoinovasyon: 'Biyolojik sistemlerin gözlemlenmesine dayanan yaratıcı yaklaşımdır.
- ✓ Biyomimikri: Doğayı model alarak sürdürülebilir kalkınma (sosyal, çevresel ve ekonomik) zorluklarını karşılamak için felsefe ve disiplinler arası tasarım yaklaşımlardır.
- ✓ Biyomimetik: Biyolojik sistemlerin fonksiyon analizinden, bu sistemlerin modellere soyutlanmasından ve bu modellerin çözüme aktarılıp uygulanmasından geçerek, pratik sorunları çözme amacıyla biyoloji ve teknoloji veya diğer yenilik alanlarının disiplinler arası iş birliğidir.
- ✓ Biyotasarım: Temel biyolojik prensiplerin ve benzetmelerin keşfini ve doğadan ilham alarak daha iyi tasarımlar yapmak için mühendislik uygulamalarını içerir.
- ✓ Biyonik: Biyolojik fonksiyonları elektronik ve/veya mekanik eşdeğerleri ile kopyalamayı, artırmayı veya değiştirmeyi amaçlayan teknik disiplindir.

Biyoinovasyon, biyomimikri, biyomimetik, biyotasarım ve biyonik kavramlarının bu tanımları düşünüldüğünde; biyoinovasyon biyolojik sistemlerin gözlemini içeren anlamıyla en kapsayıcı kavramdır. Biyomimikri; doğadan ilham alarak

sosyal, ekonomik ve çevresel alanlarda sürdürülebilir çözümlere odaklanması ile diğer kavramların temel felsefesini teşkil etmektedir. Genel olarak tüm bu kavramların temelinde doğadan gözlemleme, doğadan ilham alma yatmaktadır. Bu kavramlar arasındaki ilişki, Sahrma ve Sarkar'ın (2019) çalışmasından yararlanılarak Şekil 2.1 'de özetlenmiştir.



Şekil 2.1 Biyomomimikri ve benzeri kavramlar arasındaki ilişki

2.1.2 Biyomimikrinin Prensipleri

Benyus, yaşamın dehasını öğrenme konusunda biyomimikrinin üç ana ilkesini sorular aracılığıyla vurgular (Benyus, 1997). Söz konusu ilkeler:

Doğayı model olarak almak ("Doğa burada ne yapardı?"): Biyomimikri, doğayı bir model olarak görür. Biyomimikri; insanların, karşılaştıkları sorunları çözmek için doğanın tasarımlarını, modellerini keşfetmeleri ve bunları öğrenmeleri için doğayı açık bir kitap olarak değerlendirmeleri gerektiğini vurgular.

Doğayı ölçüt olarak almak ("Doğa burada ne yapmazdı?"): Biyomimikri, insan yeniliklerinin uygunluğunu değerlendirmek için doğanın belirlediği ekolojik standartları kullanır.

Doğayı mentör olarak almak ("Neden olsun/ neden olmasın?"): Biyomimikri, doğayı görme ve ona değer verme konusunda yeni bir bakış açısıdır. Bunun arkasındaki fikir, doğadan ne elde edebileceğimiz değil, ondan ne öğrenebileceğimiz üzerine kuruludur.

Biyomimimkrinin dayandığı prensiplerin yanında doğanın sürdürülebilir işleyişi asırlardır devam eden bazı prensiplerle mümkündür. Benyus (2002)'un belirttiği söz konusu prensipler şöyledir;

- ✓ "Doğa sadece ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanır.
- ✓ Doğa Güneş ışığıyla çalışır.
- ✓ Doğa biçimi işleve göre şekillendirir.
- ✓ Doğa her şeyi geri dönüştürür.
- ✓ Doğa iş birliğini ödüllendirir.
- ✓ Doğa çeşitliliğe dayanır.
- ✓ Doğa yerel uzmanlık ister.
- ✓ Doğa içerideki aşırılıkları törpüler."

Bu prensiplerin biyomimikri uygulamalarına aktarılmasını kolaylaştırmak için doğanın tasarımlara transferi sırasında sorulacak kilit sorular bulunmaktadır. Bu sorular şu şekilde özetlenebilir (Benyus, 1997);

- ✓ "Çözüm önerisi sürdürülebilir mi?
- ✓ Doğada bunun bir örneği var mı?
- ✓ Güneş ışığı ile/ yenilenebilir enerji ile mi çalışıyor?
- ✓ Sadece ihtiyacı olan enerjiyi mi kullanıyor?
- ✓ Her şeyi geri dönüştürüyor mu?
- ✓ İşbirliğini ödüllendiriyor mu?
- ✓ Çeşitliliğe mi dayanıyor?
- ✓ İçindeki aşırılıkları törpülüyor mu?"

2.1.3 Biyomimikri ve Sürdürülebilir Tasarımlar

"Sürdürülebilirlik" kavramı, çeşitliliği sürdürmek, üretkenliği devam ettirmek ve mevcut kaynakları muhafaza etmek olarak ifade edilir (Özmehmet, 2012). Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma benzer noktalara temas etse de birbirinden farklı anlamlara sahiptir. Sürdürülebilirlik geleceğe yöneliktir, oysa sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilirliği başarmak için yöntemler ve stratejiler üzerinde yoğunlaşır (Glavic, 2022).

Birleşmiş Milletler (BM), tüm dünyayı etkileyen küresel sorunlardan ötürü Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunu (WCED), daha iyi bilinen adıyla Brundtland Komisyonunu kurmuştur. 1987 yılında komisyon, sürdürülebilir kalkınmayı (sustainable development): "mevcut ihtiyaçları karşılarken gelecek nesillerin

kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeyen kalkınma" olarak tanımlayan Ortak Geleceğimiz (Brundtland Raporu) belgesini yayınlamıştır. Bu belgede ekonomik büyüme, çevre koruma ve sosyal eşitlik olmak üzere 3 sütuna sahip uzun vadeli bir çevre stratejisi önerilmiştir (Glavic, 2022). İlerleyen aşamalarda benzer çalışmalarına devam eden BM, 2015 yılında toplum, ekonomi ve çevre alanlarına değinen 2030 Sürdürülebilir kalkınma hedeflerini açıkladı (UN, 2022). Sürdürülebilirliği hedefleyen bu stratejiler birçok alanı etkiledi.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden özellikle çevre boyutundaki hedefler, sürdürülebilirliğin temel ilkelerini ve sürdürülebilir tasarımları odağına almaktadır. Sürdürülebilir tasarımların dayandığı ilkeler üzerine yapılan araştırmalarda bu temel ilkeler şu şekilde özetlenebilir;

> "1.Tüketilen kaynakların sınırlarını belirleyerek kaynak verimliliğine önem vermek, 2. Enerjiyi etkin kullanabilmek için enerji verimliliğini göz önünde bulundurmak, 3. Fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı gibi çıktılarının çevreye olumsuz etkilerini önlemek yoluyla kirliliği engellemek, 4. Doğal çevre ile uyum içinde olmak ve 5. Bütünleşik ve sistematik yaklaşımlar benimsemek" (Çelikel ve Uçar, 2020). "

Sürdürülebilir tasarımların dayandığı bu ilkelerin; doğanın işleyişinde sürdürülebilirliği sağlayan "kaynakların verimli kullanılması, doğal çevre ile iş birliği ve uyum içinde olması, atık yönetimini etkin yapması" gibi ilkeler ile benzeştiği görülmektedir. Bu durum sürdürülebilir tasarımlarda biyomimikriyi kullanma anlayışını pekiştirmektedir.

2.1.4 Biyomimikrinin Alt Boyutları

Biyomimikri; doğadan ilham almayı, doğayı taklit etmeyi farklı alt boyutlar şeklinde ele almaktadır (Benyus, 2022; Boğa, 2013; Aydın, 2023). Bu boyutlar; biçimsel ve yapısal taklit, işlevsel taklit ve süreç taklidi, sistemsel taklit olarak sınıflandırılmaktadır.

1. **Biçim ve Yapı Taklidi (Form-based/ structured based design):** Biçimsel taklit, canlı organizmanın şeklini bir bütün olarak veya bir parçasını taklit etmeye dayanır. İlham alınan canlı ile tasarım arasında fiziksel bir benzerlik olmakla birlikte yapı ve fonksiyonel olarak bir benzerlik bulunmamaktadır. Bu düzeydeki araştırmanın ana sorusu 'Tasarım nedir?' olup, doğal dünyada meydana gelen desenler, şekiller veya yapılar hakkında düşünmeyi ve bunların insan tasarımına

nasıl uygulanabileceğini göz önünde bulundurmayı gerektirir (Kenny vd., 2012; Benyus, 2002; Çoban, 2019). Canlı organizma bir yapı üzerinden taklit edilmesi yani yapısal taklit (structured based design) de biçimsel taklit ile benzerlik gösterir. Ancak yapısal taklitte tasarım ve canlı arasında fonksiyonel bir ilişki oluşturulmuştur (Ergül, 2023).

2. **İşlev ve Süreç Taklidi (Function-based/Process based):** Doğanın biçimini veya işlevini taklit etmek, biyomimikri tasarım sürecinin bir diğer boyutudur ve bu boyut biçim ve yapı taklidine göre biraz daha derin bir seviyedir. Tablo 2.1 Biyomimikrinin alt boyutları ve bazı örnekleri

Alt Boyut	Açıklama	Örnekler
Biçim ve Yapı Taklidi	Canlı organizmanın şekli bir bütün olarak veya bir parçası taklit etmeye dayanır. Doğal dünyada meydana gelen desenler, şekiller veya yapılar hakkında düşünmeyi ve bunların insan tasarımına nasıl uygulanabileceğini göz önünde bulundurmayı gerektirir.	*Lotus yaprakları hidrofobikliğe neden olan mikro ölçekte pürüzlü bir yüzeye sahiptir; kir tutmaz boyalar, kumaşlar üretilirken bu yapı taklit edilmiştir (Brusic, 2013). * Yalıçapkınının gagası, suya sıçrama yapmadan suya girmesine izin veren belirli bir yapıya sahiptir. Yalıçapkınının aerodinamik gaga şekli, Japonya'daki Shinkansen hızlı trenin tünellerden geçerken trenin karşılaştığı sonik patlama etkisini azaltmak için trenin burnu tasarlanırken yalıçapkınından ilham alınmıştır (McKeag, 2012).
İşlev/Süreç Taklidi	Bu düzeydeki araştırmanın ana sorusu 'Nasıl yapılıyor?"dur. Hedeflenen işleve bir yapıyı tek başına değil, organizmanın işlevi yerine getiren mekanizmaları ve süreçleri taklit edilerek ulaşılmıştır.	* Yeşil yapraklar aracılığıyla güneş ışığından temiz enerji üretmek için, fotosentez sürecini incelemek ve yeşil enerji üretiminde güneş panellerinin kullanımı bu düzeye örnek verilebilir.
Sistem Taklidi	Bu düzeydeki araştırmanın ana sorusu:'Nasıl sisteme uyar?'' şeklindedir. Doğada hiçbir şey yalnızca izole olarak var olmaz. Sistemleri taklit etmek bir yönüyle, doğada var olan karşılıklı yararlı işbirliklerini taklit etmeye dayanır.	* Sürdürülebilir ekolojik yaşam alanları tasarlanırken doğada uyum içerisindeki simbiyotik işleyişler, yapılar, iş birlikleri bir bütün şeklinde taklit edilir (Kenny vd., 2012).

Bu düzeydeki araştırmanın ana sorusu 'Nasıl yapılıyor?' olup doğanın yaratma sürecinde kullandığı montaj veya kimyasal süreçleri düşünmeyi gerektirir. Bu

düzeyde organizmanın yerine getirdiği işlev, çoğu zaman fonksiyon ile birlikte taklit edilmiştir. Hedeflenen işleve genellikle bir yapıyı tek başına değil, organizmanın işlevi yerine getiren mekanizmaları ve süreçleri taklit edilerek ulaşılır (Kenny vd., 2012; Ergül, 2023).

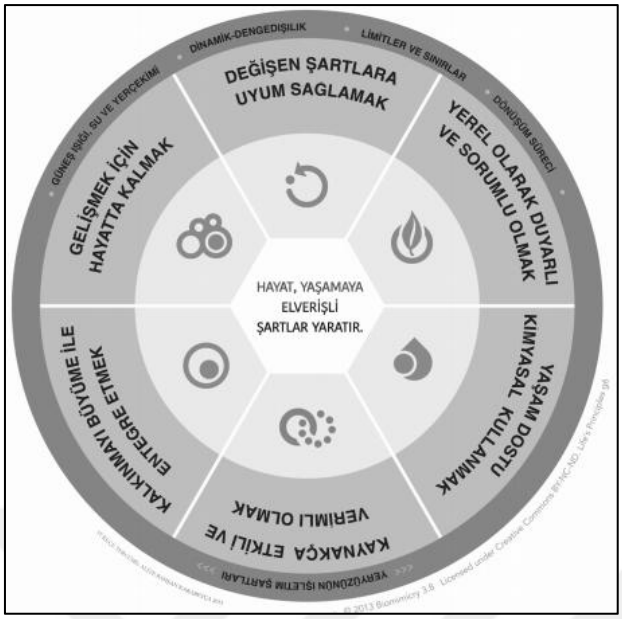
Bu seviyede, organizmalar sadece formları nedeniyle taklit edilmez, aynı zamanda malzemelerin nasıl üretildiği ve doğada sergiledikleri davranışlar de taklit edilir (Benyus, 2014). Organizmaları bu düzeyde analiz etmek, doğadaki yeşil kimyayı anlamayı gerektirir.

3.Sistemsel Taklit (system-based): Doğada gerçekleşen sistemleri taklit etmek, biyomimikrinin en karmaşık düzeyidir. Bu düzeydeki araştırmanın ana sorusu 'Nasıl sisteme uyar?'dır. Doğada hiçbir şey yalnızca izole olarak var olmaz, canlı-cansız etmenler tüm yapı ve mekanizmaları ile bir bütünlük içindedir. Sistemleri taklit etmenin bir örneği, doğada var olan karşılıklı, yararlı işbirliklerini taklit eden bir ekolojik yaşam alanı oluşturmak olabilir (Kenny vd., 2012; Benyus, 2002; Çoban, 2019).

2.1.5 Biyomimikri Tasarım Döngüsü

Biyomimikri temelli tasarımlar için araştırmacıların ortaya koyduğu bazı döngüler ve bakış açıları bulunmaktadır. Baumeister (2013)'in kullandığı yaşamın sürdürülebilir ilkelerini belirten bakış; biyomimikri temelli tasarımlar için odak noktasına alınması gereken yaklaşımlardan biridir. Var olan organizmaların bir biriyle bağlantılı ve aynı kaynakları kullanarak milyarlarca yıl hayatını sürdürdürdüğü düşünüldüğünde yaşamın sürdürülebilir ilkelerinin önemi bir kez daha ön plana çıkmaktadır. Yaşamın sürdürülebilir ilkeleri, hayatta kalan ve gelişen organizmalar arasındaki koşulları temsil eder (Baumeister, 2013). Söz konusu bu koşulların sürdürülebilirliği ve doğanın bu konudaki dehası keşfedilirse; bu koşulları ve prensipleri tasarımlara transfer etmek kolaylaşacaktır (Benyus, 2022). Uygulama sırasında yaşamın bu sürdürülebilir ilkelerinden birini atlamak; biyomimikrinin amacından uzaklaşmasına sebep olur. Baumeister (2013)'in özetlediği yaşamın bu prensipleri; "Gelişmek için hayatta kalmak, kaynak açısından (malzeme ve enerji) etkili olmak, değişen şartlara uyum sağlamak, büyümeyi kalkınma ile entegre etmek, yerel olana karşı duyarlı ve sorumlu olmak, doğa dostu kimyasallar kullanmak" şeklindedir. Yaşamın sürdürebilir ilkelerini

belirten bu lens, biyomimikri tasarım döngülerinin oluşturulmasına kaynaklık etmiştir.



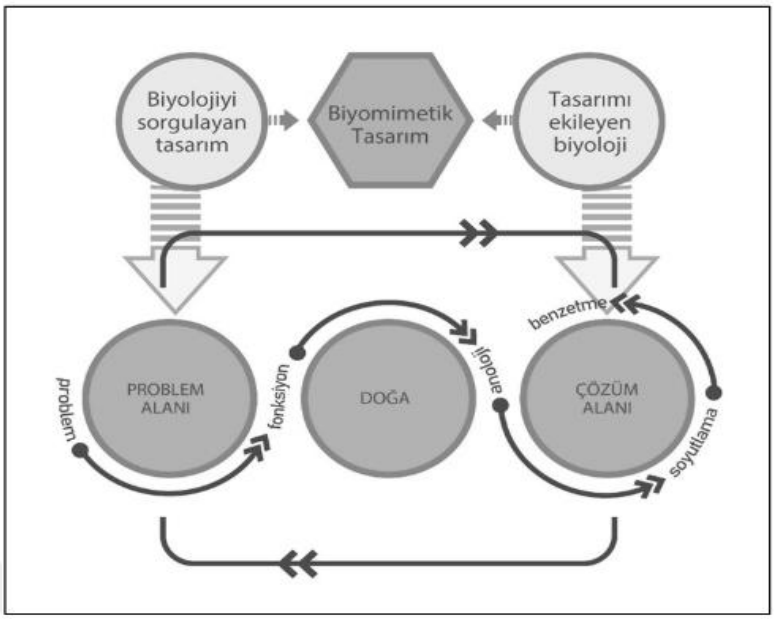
Şekil .2.2 Yaşamın sürdürülebilir ilkeleri lensi (Karabetçe, 2015)

Biyomimetik tasarımların iki ana çıkış noktası vardır: Birincisi, biyolojik araştırmalardan ilham alan tasarım yaklaşımıdır. Bu yöntemde, plancılar ve tasarımcılar bir problemi tanımlar ve biyologlarla işbirliği yaparak doğada bu probleme en uygun çözümü sunan organizmayı bulurlar. İkinci yaklaşım ise biyolojiden etkilenen tasarım yaklaşımıdır. Burada, plancılar ve tasarımcılar doğayı gözlemleyerek organizmaların özelliklerini ve davranışlarını incelerler ve mevcut ihtiyaçlara uygun tasarımlar geliştirirler (Taylor Buck, 2017; Karabetça, 2018). Biyomimikri tasarımına yönelik söz konusu iki yaklaşım Şekil 2.3'te paylaşılmıştır.

2.1.6 Biyomimikriye Yönelik Eğitim Araştırmaları

Biyomimikri biliminin ve yaklaşımının eğitim ortamlarına entegre edilmesi giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Bu bağlamda, biyomimikrinin; fen bilimleri, kimya, teknoloji tasarımı gibi alanlara nasıl aktarılabileceği konusu üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar, biyomimikri etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerine, biyomimikriye yönelik algılarına ve biyomimikriyi kullanma düzeylerine etkilerini incelemekte; biyomimikri bazlı etkinlik ve uygulamaların söz konusu değişkenleri olumlu

yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Gardner, 2012; Çoban, 2019; Coştu ve Çoban, 2021; Sürgü, 2022; Ülbeği Ülker, 2023; Aydın, 2023; Türe, 2023).



Şekil 2.3 Biyomimikri tasarım yaklaşımları (Fıstıkçı ve Gündüz ,2021)

Biyomimikrinin fen eğitimine entegrasyonu üzerine yapılan çalışmalarda ortaokul öğrencileri için mühendislik tasarım döngüsü ile birlikte kullanılacak etkinlikler geliştirilmiş (Canbazoğlu Bilici vd., 2021); ortaokul seviyesinde biyomimikri temelli STEM etkinlikleri tasarlanmış (Gencer vd., 2020) ve biyomimikrinin lise öğrencileri için STEM eğitimine entegrasyonu incelenmiştir (Roobeek, 2019). Ayrıca, biyoloji eğitiminde tasarım odaklı yaklaşımın biyomimikri ile harmanlanması (Fried vd., 2020), sorgulamaya dayalı öğrenmenin okul öncesi dönemde biyomimikri ile birlikte kullanılması (Deliman ve Lott, 2023) ve yükseköğretimde farklı lisans programlarında biyomimikri odaklı uygulamaların öğrencilere etkisi üzerine de araştırmalar yapılmıştır (Urmann, 2016; Yıldırım, 2019; Stevens vd., 2021). Söz konusu bu araştırmaların farklı yaş grubundaki öğrencilerin yaratıcı düşünme becerileri ve biyomimikriye yönelik algılarında olumlu etki oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alan yazın taramasında, biyomimikrinin özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde kullanımına yönelik çalışmalar incelenmiştir. Bu bağlamda, Mirici vd. (2021) tarafından özel yetenekli öğrencilerle yürütülen bir araştırmada, tatlı su canlılarının makro, mikro ve alt-mikro doğasından ilham alınarak biyomimikri temelli uygulamaların öğrencilerin yaratıcı ve analitik düşünme becerilerine

katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, Kang ve Kim (2014) tarafından yürütülen bir başka araştırmada, biyoloji, sanat ve edebiyatın entegrasyonuna dayalı projelerde biyomimikri; disiplinler arası bir bağlam oluşturmak için kullanılmıştır.

2.2 STEM

2.2.3 STEM' in Tanımı ve Bileşenleri

Değişen ve gelişen teknolojiler ile birlikte 21. Yüzyılda yaşayan bireylerin araştırma, sorgulama, yaratıcılık, eleştirel ve analitik düşünme, karar verme ve problem çözme gibi becerilerini geliştirmeleri ve inovasyon çağına ayak uydurmaları beklenmektedir. Küresel çapta yaşanan ekonomik, çevresel ve sosyal sorunlara çözüm üretmek için de çağın yeterliliklerini taşıyan bireylere duyulan ihtiyaç artmaktadır. Öğrencilere, söz konusu bu becerileri kazandırmak, eğitimin temel hedeflerinden biri olmalıdır. STEM bu hedeflere ulaşmak için sık kullanılan bir yaklaşımdır. ABD' de STEM eğitimi kavramının ortaya çıkışı, STEM alanlarından mezun olan birey sayısındaki azalma, mezunların işveren beklentilerini karşılayamaması, Amerikan vatandaşlarının STEM alanlarına katılımının azalması ve bu alanlarda çalışanların çoğunluğunun yabancı uyruklu olması gibi sebeplerle gerçekleşmiştir. Bu durum, ülke genelinde STEM eğitimine yönelik önlemler alınmasını gerektirmiştir (NRC, 2014; Çepni, 2018).

STEM, Fen (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. STEM eğitimi, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik bileşenlerini disiplinler arası bir yaklaşımla harmanlayarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini, yaşam becerilerini ve mühendislik tasarım becerilerini geliştirmeyi amaçlayan bir eğitim yöntemi olarak görülmektedir (MEB, 2016a). STEM, adında barındırdığı disiplinlerin entegrasyonuna dayanır. Disiplin entegrasyonunun nasıl gerçekleştirileceğine dair çeşitli bakış açıları vardır ve bu bakış açıları çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü yaklaşımları kapsamaktadır. Bu yaklaşımların temelinde, her disiplinde ayrı öğretilen temel kavram ve becerileri ortak bir tema etrafında birleştirmek; iki veya daha fazla disiplinden ilgili kavram ve becerileri bir arada öğreterek disiplinlere ait anlayış ve becerileri

derinleştirilmek; iki veya daha fazla disiplinden bilgi ve becerileri gerçek dünya problemleri ve projelerine uygulayarak öğrenme deneyimini şekillendirmek gibi yöntemler bulunmaktadır (Vasquez, 2015; English, 2016). STEM kapsamında, her disiplinin kendine özgü özellikleri göz ardı edilmeden, disipline ait bilgi ve beceriler bütünleştirilerek öğretilmesi gerekmektedir (NRC, 2011).

2.2.2 STEM Eğitiminin Önemi

STEM eğitimi, disiplinler arası bir bağlam sunarak okul öncesinden üniversite seviyesine kadar öğrencilerin bilgiyi günlük yaşamda kullanma, yaşam becerileri, eleştirel düşünme ve problem çözme gibi yeteneklerini geliştirmelerini sağlar (Akgündüz vd., 2015; Çorlu ve Aydın, 2016; Şahin, Ayar ve Adıgüzel, 2014; Yıldırım ve Altun, 2015). Ekonomi, sanayi, akademik alanda karşılaşılan zorluklarla başa çıkmak için STEM becerilerine olan talep giderek daha acil hale gelmektedir (English 2016; Marginson vd. 2013; NAE ve NRC 2014). STEM eğitimi almış bireyler, iş hayatına girdiklerinde kazandıkları beceriler sayesinde iş dünyasının beklentilerini daha kolay karşılayabilmektedir (Adams vd., 2014). STEM, bu ihtiyaçları karşılamak ve sorunlara bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşmak için geliştirilmiştir (Bybee, 2019). Bunların yanında STEM eğitimi, toplum genelinde teknoloji ve bilim alanlarında okuryazarlığı da artırmakta; toplumsal problemleri çözme konusunda bireylere ilham vermektedir (NAE ve NRC, 2009; NRC, 2014; Chen, 2013).

2.2.3 STEM Eğitiminin Kavramsal Çerçevesi

STEM yaklaşımının kavramsal çerçevesi incelendiğinde, STEM; Fen, Matematik, Mühendislik ve Teknolojinin birbiriyle bağlantısını kuran bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. STEM eğitimi, bu disiplinler arasındaki geleneksel engelleri ortadan kaldırarak, inovasyona; güncel araçlar ve teknolojiler kullanarak karmaşık problemlere çözüm bulma sürecine odaklanan entegre bir yaklaşıma dönüşmüştür. Öğrencileri yüksek kaliteli STEM eğitimine dahil etmek için programların kapsamlı bir müfredat, öğretim ve değerlendirme içermesi; teknoloji ve mühendisliğin fen ve matematik müfredatına entegre edilmesi; ve bilimsel araştırma ile mühendislik tasarım sürecinin teşvik edilmesi gerekmektedir (Kennedy ve Odell, 2014). Uygulama grubunun STEM ile ilgili çalışmalarını ilerletebilmesi için mühendislik tasarımı, matematiksel düşünme ve modelleme,

teknolojik okuryazarlık ve bilimsel sorgulama becerilerini kullanması gerekmektedir (Kelley ve Knowles, 2016).

STEM' in doğduğu yer olan Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) Fen Eğitiminde temel alınan Gelecek Nesil Bilim Standartları (NGSS) incelendiğinde, bu standartların üç ana boyut üzerine inşa edildiği görülmektedir: temel disiplinler (core ideas), bilim ve mühendislik uygulamaları (science and engineering practices) ve kesişen ortak kavramlar (crosscutting concepts). Fen eğitiminde; mühendislik ve bilim uygulamaları ile disiplinlerin kesişen ortak kavramları, mühendislik eğitimi ve fen eğitiminin birbirine daha da yakınlaşmasını sağlamıştır (Dorsey, 2013). STEM'in disiplinler arası doğası ve tasarım ile uygulamaya dayalı yönü, NGSS'nin de disiplinlerin kesişen ortak kavramlarına ve bilim-mühendislik uygulamalarına dayanır (NRC, 2011).

2.2.4 STEM Eğitiminin Uygulanmasında Kullanılan Yöntemler

STEM eğitiminin okullarda uygulanmasını kolaylaştıran çeşitli yöntem, model ve döngüler bulunmaktadır. Tasarım Temelli öğrenme döngüleri (Kolodner vd., 2003); mühendislik tasarım döngüleri (Barnett vd., 2008; Ayhan Gündüz, 2024) STEM eğitiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu döngüler, NRC (2011) K-12 Fen eğitiminin temel boyutlarından biri olan fen ve mühendislik uygulamaları çerçevesinde geliştirilmiştir. NRC'ye göre (2011) fen ve mühendislik uygulamalarının temel basamakları: soru sorma ve problem tanımlama, model geliştirme ve kullanma, araştırma planlama ve yapma, verileri analiz etme ve çıkarımlarda bulunma, matematiksel ve bilgi işlemsel düşünme, açıklamalara varma ve çözüm tasarlama, kanıtlardan yola çıkarak argümanlar oluşturma, elde edilen bilgiyi değerlendirme ve paylaşmadır. Süreçte bu basamaklardan geçen öğrenciler mühendis ve bilim insanlarının sahip olduğu temel becerileri kazanırlar. Bu yolla bilimin nasıl ilerlediği, mühendislerin çalışmaları ve bu çalışmaların birbiri ile olan ilişkisi daha açık bir şekilde anlaşılır ve STEM Eğitimi için bir bağlam oluşur (NRC, 2011).

STEM disiplinlerini bütünleştirmeyi sağlayan yöntemlerden biri de Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ) uygulamalarıdır. PTÖ' de öğrenciler gerçek hayat problemlerini genellikle disiplinler arası bir yaklaşımla ele alır. PTÖ, öğrencileri konuları derinlemesine keşfetmeye, iş birliği içinde çalışmaya ve eleştirel düşünme ve

problem çözme becerilerini geliştirmeye teşvik eder (Sasson vd., 2018; İnce, 2024).

Öğrencilerin STEM alanları ile ilgili beceri ve pratiklerini geliştirmek için başvurulan yöntemlerden biri de Probleme Dayalı Öğrenmedir. Bu öğrenme modelinde öğrencilere çözümü karmaşık olan gerçek hayat problemleri sunulur (Savery, 2015). Problem çözme sürecinde öğrenciler sorgulama, araştırma, iş birliği, eleştirel düşünme, ihtiyaçtan kaynaklanan disiplinler arası öğrenme yaşantıları içerisinde olur (Altunışık, 2024).

2.2.5 STEM Eğitiminin Etkileri İle İlgili Araştırmalar

Türkiye'de ve dünyada STEM eğitiminin öğrencilerin; beceri, tutum, akademik başarı, mesleki tercih, kariyer bilinci, bilimsel süreç becerileri, STEM disiplinlerine yönelik algı-tutumlarına, STEM alanlarına yönelme durumlarına, kavramsal öğrenmeleri üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalar yürütülmüş; STEM eğitiminin belirtilen değişkenler üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir (Riskowski vd., 2009; Sanders, 2009; Herdem ve Ünal, 2018; Daşdemir vd, 2018; Çavaş vd., 2020; VanMeter-Adams, 2014).

STEM odaklı çalışmalar, özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde de sık araştırılan konulardan biridir. Özel yetenekli öğrencilerin eğitimi bağlamında STEM etkinliklerinin; mühendislik ve tasarım becerilerine (Ayverdi, 2018); problem çözme becerileri ve bilimsel süreç becerilerine (Yıldız, 2022); üst düzey düşünme becerileri ve 21. Yüzyıl becerilerine (Nacaroğlu ve Kızkapan, 2021; Külegel, 2020), STEM alanlarına ilgi ve tutumlarına (Bircan ve Köksal, 2020) olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Özel yetenekli öğrencilerin STEM alanlarında kariyer seçimi yapmaları, ülkenin kalkınması için büyük önem taşımaktadır (Vu vd., 2019)

2.3 Probleme Dayalı Öğrenme

2.3.1 Probleme Dayalı Öğrenmenin Tanımı

Günümüzde yaşanan küresel sorunlar bireylerin problem çözme, eleştirel düşünme, analitik düşünme, iş birliği gibi yetkinliklere sahip olmasını gerekli kılmaktadır. STEM çalışmalarının yanı sıra, Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ)

yaklaşımıyla gerçekleştirilen uygulamaların öğrencilerin problem çözme gibi yeteneklerini geliştirdiği araştırmalarda ortaya konmuştur (İnel, 2012). PDÖ, gerçek problemlere çözüm arama sürecidir ve bu süreçte üst düzey becerileri ile problem çözme yetkinlikleri büyük önem taşır. PDÖ yaklaşımında öğrenme, karmaşık ve gerçek yaşam problemlerinin çözülmesi ve keşfedilmesi etrafında gerçekleşir (Torp ve Sage, 1998). PDÖ, öğrencileri araştırma yapmaya teşvik eden, bilgi ve becerileri pratiğe dökerek teori ve uygulamayı bir arada kullanmayı sağlayan öğrenme yaşantıları sağlar ve bu yönleriyle öğrenci merkezli bir yaklaşımdır (Savery, 2015). PDÖ, öğrencilerin ihtiyaçtan kaynaklanan bir öğrenme deneyimi yaşamasını, bilgiyi kullanarak işlevsel hale getirmesini, konuların derinlemesine ve bütünsel olarak anlaşılmasını sağlar; ekip çalışması ve dinamiklerini içerir (Cantürk-Günhan, 2006). Bu öğrenme modelinde üzerine çalışılan problem gerçek dünyadan seçilir, öğrenciler kendi sorgulama sürecini yaşar (Hmelo-Silver, 2004). Öğrencilerden beklenen, verilen problem durumunu derinlemesine analiz ederek bilinmeyen kavram ve terimleri belirlemesi, süreçte karşılaşılan sorunlara karşı bir sistematik bir bakış geliştirip bu sorunları çözmesi, probleme yönelik farklı kaynaklara yönelmesi, problemin altında yatan konu, ilke ve yasaları anlaması, bu alanda araştırmalar yapması ve ulaştığı bilgileri mevcut bilgilerle sentezlemesidir (Can vd., 2016; Spencer ve Jordan, 1999).

2.3.2 Probleme Dayalı Öğrenmenin Aşamaları

PDÖ yapılandırılmamış; öğrencilerin günlük hayatta karşılaşabilecekleri bir problem durumu ile başlar; temel amaç problemi çözmektir; öğrenciler süreçte kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu alır ve genellikle bu süreç küçük grup çalışmalarıyla ilerler. Öğretmen bu noktada probleme yönelik sorgulama sürecini yönlendiren ve öğrenciye rehberlik eden bir rol üstlenir (Bridges ve Hallinger, 1997; Çelik, 2013).

PDÖ yaklaşımına göre seçilen problemlerin; genel geçer bir cevabı olmayan, disiplinler-arası bir etkileşim sağlayan, öğrencilerin yaparak-yaşayarak öğrenmelerine imkan sağlayan, iş birliğine dayalı, üst düzey düşünme becerilerini işe koşan; gerçek hayatta karşılaşılabilecek yapıda olması gerekmektedir (Bridges ve Hallinger, 1997, İnel ve Can, 2019; Can 2021).

PDÖ, küçük gruplarla; birbirini takip eden oturumlar şeklinde uygulanır. Bu oturumlarda yer alacak işlem basamakları (Kaptan ve Korkmaz, 2001);

1.Problemin farkına varılması
2.Problemi açıklama
3.Problemin çözülmesi için gerekli bilgiyi tanımlama
4.Bilgi toplamak için gerekli kaynakların belirlenmesi
5.Olası çözümlerin oluşturulması
6.Çözümlerin analiz edilmesi
7.Çözümün raporlaştırılması şeklinde özetlenebilir.

2.3.3 Probleme Dayalı Öğrenmenin Eğitime Yansımaları ile İlgili Araştırmalar

PDÖ, başlangıçta Tıp eğitiminde yaygın olarak kullanılmış; geleneksel yöntemler yerine gerçek hayat problemleri üzerinden bir bağlam sağlayarak öğrencilerin aktif rol almasını sağlamıştır. Günümüzde hukuk, mühendislik, mimarlık, iş, eğitim, sanat, matematik, fen gibi birçok farklı disiplinde kullanılmaktadır (Hmelo-Silver, 2004).

PDÖ'nün disiplinler arası çalışmayı teşvik etmede ve öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmede başarılı olduğu ortaya konmuştur (McDonald vd., 2018). PDÖ yaklaşımının lise öğrencilerinin STEM alanlarındaki öğrenme motivasyonunu olumlu etkilediği (Lou vd., 2011); bu yaklaşımla tasarlanan etkinliklerin STEM disiplinlerine yönelik içerik bilgisini ve eleştirel düşünme becerisini geliştirdiği (Rehmat ve Hartley, 2020) yönünde araştırma sonuçları bulunmaktadır.

Öğretmen adaylarına yönelik yapılan probleme dayalı öğrenme araştırmalarında, bu yaklaşımın STEM alanlarına yönelik olumlu görüşler geliştirdiği (Altunışık, 2024) ve öğretmen adaylarının akademik başarıları ile bilimsel süreç becerilerinde anlamlı bir fark yarattığı (Çelik, 2013) tespit edilmiştir.

Ayrıca, üstün yetenekli öğrenciler üzerinde yapılan araştırmalar, probleme dayalı öğrenme yaşantılarının bu öğrencilerin çeşitli beceriler kazanmasını sağladığını göstermiştir. Can ve İnel (2019) bu öğrencilerin problem çözme, grup çalışması, kendini ifade etme, yorum yapma ve araştırma alışkanlıklarını geliştirdiğini belirtirken, Ceylan ve Umdu-Topsakal (2023) ise problem çözmeye dayalı

farklılaştırılmış fen bilimleri etkinliklerinin bu öğrencilerin problem çözme ve işbirlikli çalışma becerilerine katkı sağladığını ortaya koymuştur.

2.3.4 Problem Çözme Becerisi

Problem, hazır, anlık çözüm tepkilerimizin olmadığı herhangi bir durum olarak düşünülebilir. Problem çözme; farklı fikirler ya da olası çözümler arasında seçim yapmaktır. Problem çözme, önceki deneyimlerden öğrenilen kuralların basitçe uygulanmasının ötesine geçerek yeni çözüm yolları bulabilme sürecidir (Ramsey, 1989). Problem çözme sürecinde bilişsel beceriler, duyuşsal ve davranışsal özellikler bir arada kullanılır. 21.yüzyıl becerilerinden biri olan problem çözme becerisi; öğrencilerin edindikleri bilgileri gerçek hayat şartlarında nasıl uygulayacaklarını vurgulayan ve onlara analiz, sentezleme ve yaratıcı çözümler üretme yeteneği kazandıran önemli bir üst düzey beceridir. Alan yazınında problem çözme ile ilgili ortaya konan bu bilgiler ışığında "problem çözme becerisi" öğrencilerin bir karşılarına çıkan problem durumlarına yönelik izledikleri yol olarak düşünülmüştür.

2.4 Özel Yetenekli Öğrenciler

2.4.1 Zeka ve Yetenek Kavramı

Özel yetenek kavramı, günümüzde zeka ve yetenek kavramlarını içeren bir anlama sahiptir. Zeka ve yetenek kavramları, geçmişten günümüze kadar farklı yaklaşımlar içinde birçok kez tanımlanmıştır, ancak her iki kavram da hala tartışmalı konular arasında yer almaktadır. Zeka ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, kesin bir tanımı yapılabilmiş değildir. Başlangıçta tek bir etmenle açıklanan zeka, zamanla çoklu etmenlerle açıklanmaya çalışılmış ve farklı zeka alanlarını içeren çoklu zeka teorisine ortaya çıkmıştır (Gardner, 1983; MEB 2019).

Zeka, genel bir zihinsel kapasite olarak tanımlanmış ve farklı araştırmacılar tarafından çeşitli şekillerde ele alınmıştır. İlk zeka tanımlarından biri zekayı genel bir kapasite olarak ele alıp, bu bilişsel kapasitenin temellerinin duyular tarafından oluşturulduğunu ve zeka üzerinde çevrenin etkisinin çok az olduğunu savunur (Galton, 1869). Binet (1905), zekanın çok daha karmaşık olduğunu ve çeşitli zihinsel bileşenlerden oluştuğunu savunmuş ve bu doğrultuda zeka testleri

geliştirmiştir. Terman (1925) Binet'in çalışmalarını revize ederek Stanford-Binet Zeka Testini geliştirmiş ve IQ (zeka bölümü puanı) kavramını literatüre kazandırmıştır. Thorndike, Thurstone, Piaget ve Gardner gibi araştırmacılar da zeka kavramına farklı perspektiflerden yaklaşmışlardır. Gardner, zekayı "bir ya da birden fazla kültür için değerli olan bir ürünü ortaya koyma ya da problem çözme yeteneği" olarak tanımlamış ve çoklu zeka teorisini geliştirmiştir (Gardner, 1983).Yetenek kavramı da zeka gibi çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Yetenek, Türkçede "bir kimsenin bir şeyi anlama, yapabilme niteliği veya bir duruma uyma konusunda organizmada bulunan ve doğuştan gelen güç, kapasite" olarak tanımlanır (TDK, 2024). Bloom'a (1985) göre yetenek, "özel ilgi alanlarında olağanüstü yetenek, başarı ya da beceriyi" içerir. Zeka, farklı yeteneklerin bir arada bulunduğu bir bütün olarak görülürken, yetenek bireyin belirli bir alanda üstün performans gösterebilme kapasitesini ifade eder. Zeka ve yetenek kavramlarının kesin tanımları yapılmamış olsa da, her iki kavramın da bireyin bilişsel ve performans yeteneklerini ifade ettiği açıktır.

2.4.2 Özel Yetenek ve Özel Yetenekli Öğrenciler

Özel yetenek, üstün yetenek veya üstün zeka kavramları, birçok farklı araştırmacı tarafından bireysel yeteneklerin yanı sıra çevresel ve psikolojik faktörler de dikkate alınarak farklı şekillerde tanımlanmıştır.

Galton (1989) zekanın büyük ölçüde genetik ve kalıtsal olduğunu; bireysel farklılıkların duyusal yeteneklerden kaynaklandığını savunur. Bu yaklaşımda bireyin duyuları ne kadar keskin ise zekası da o kadar keskindir.

Terman (1985), üstün zekayı IQ (Intelligence Quotient) ile eşdeğer tutmuş ve zeka testlerinde belirli bir puana ulaşan bireyleri üstün zekalı olarak kabul etmiştir. Terman, zekanın ölçülebilir ve belirli sınırlar içinde değerlendirilebilir olduğunu savunarak, IQ testlerinin üstün yetenekliliği belirlemede önemli bir araç olduğunu öne sürmüştür. Renzulli (1986), yaratıcılığını sergileyerek başarı gösteren bireyler üzerinde yaptığı incelemeler sonucunda özel yeteneklilik insanın üç temel özelliği arasındaki ilişkiden kaynaklandığını savunmuştur. Renzulli'ye göre bu üç özellik, genel ve özel yetenek, yaratıcılık ve motivasyondur. Bu yaklaşım, yetenekli bireylerin sadece akademik başarılardan değil, aynı zamanda yaratıcılık ve motivasyon gibi diğer önemli faktörlerden de etkilendiğini öne sürer. Milli

Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından 1991 yılında düzenlenen I. Özel Eğitim Konseyinde "Genel ve/veya özel yetenekleri açısından yaşıtlarına göre yüksek düzeyde performans gösterdiği konunun uzmanları tarafından belirlenmiş kişiler" olarak tanımlanmıştır (MEB, 1991). 2013 yılından bu yana MEB üstün zeka, üstün yetenek gibi farklı kullanımların yerine "özel yeteneklilik" kavramını tercih etmektedir.

Üstün yetenekli veya özel yetenekli bireyler, sıra dışı yetenekleri sayesinde yüksek performans gösterebilen kişilerdir. Marland Raporuna (1971; alıntı Levent, 2012) göre, bu kişiler genellikle genel zihinsel yetenek, özel akademik yetenek, yaratıcı veya üretken düşünme yeteneği, liderlik kabiliyeti, görsel performansa dayalı sanat yeteneği, psikomotor yetenek gibi alanlarda belirgin üstünlük gösterirler. NAGC'ye (1990) göre ise üstün yetenekli bireyler, genel özel yetenek, motivasyon ve yaratıcılığın kesişiminden ortaya çıkan üstün davranışları sergilerler. Renzulli'ye (1986) göre, bu kişiler zeka, yaratıcılık, sanat, liderlik kapasitesi veya özel akademik alanlarda yaşıtlarına göre belirgin bir şekilde üstün performans gösterirler. Milli Eğitim Bakanlığının (2006) tanımına göre ise üstün yetenekli bireyler, uzmanlar tarafından zeka, yaratıcılık, sanat, liderlik kapasitesi veya belirli akademik alanlarda yaşıtlarından önemli ölçüde ileri düzeyde performans sergileyen kişilerdir. Ataman (2003) ise özel yetenekli bireyleri, akranlarına göre bilişsel gelişim adımlarında hızlı ilerleyen kişiler olarak tanımlar.

2.4.3 Özel Yetenekli Öğrencilerin Eğitimi

2.4.3.1 Özel Yetenekli Öğrencilerin Eğitiminde Farklılaştırma

Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde uygulanacak programın esnek ve dinamik; konunun farklı disiplinler açısından ele alındığı; onların ilgi alanına hitap eden; üst düzey düşünme becerilerini kullanmaya olanak tanıyan; bilişsel olarak onu zorlayan yapıda olması beklenmektedir (Renzulli, 1975; Kaplan Sayı, 2024). MEB (2016b) Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesinde, öğrencilerin yeteneklerini ortaya çıkarabilmeleri için projeye dayalı, disiplinler arası, farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş eğitim programlarının uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda eğitim ortamlarına ve müfredatlara entegre edilmesinde farklılaştırma sık kullanılan bir yöntemdir (Renzulli, 1977; Davaslıgil, 2007). Söz konusu

farklılaştırma; zenginleştirme, hızlandırma, gruplama gibi müdahalelerle gerçekleştirilebilmektedir (MEB, 2019).

Zenginleştirme, özel yetenekli öğrencilerin mevcut müfredatın ötesinde ilgi ve yetenekleri doğrultusunda daha derin ve kapsamlı çalışmalar yapmalarını sağlayan stratejileri içerir. Zenginleştirme yapmanın amacı öğrencilere müfredat dışında ek ve ileri düzey içerik sunmak, disiplinler arası çalışmalara teşvik etmek, öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini geliştirmektir (Conklın ve Frei, 2016). Zenginleştirme müdahaleleri genellikle Kaplan'ın (1986) derinlik ve karmaşıklık boyutları kullanılarak yapılmaktadır. Kaplan'ın zenginleştirme modeline göre , içerik; derin ve karmaşık; süreç; üretmeyi teşvik edecek düşünme ve araştırma becerilerini içermeli; ürün, bir tema etrafında üretim becerilerinden elde edilmelidir (MEB, 2019; Tortop, 2015).

2.4.3.. Özel Yetenekli Öğrencilerin Eğitimi ve Bilim ve Sanat Merkezleri

Ülkemizde özel yeteneklilerin eğitimi konusunda Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM) önemli bir rol üstlenmiş durumdadır. Özel yetenekli öğrenciler, Bilim ve sanat merkezlerinde genel yetenek, resim, müzik alanlarında eğitim alabilmektedir. Öğrenciler söz konusu eğitimi normal öğrenim gördükleri okullarıyla birlikte yürütmektedir (MEB, 2016).

Bilim ve Sanat Merkezlerinde (BİLSEM) uygulanan programlar ile özel yetenekli öğrencilerin ilgi ve yetenekleri doğrultusunda öğrenme ihtiyaçlarının karşılanması hedeflenmektedir. Bu bağlamda BİLSEM'de uygulana eğitim programları şu şekilde sıralanmaktadır;

Uyum Programı: BİLSEM'e yeni kaydı yapılan genel zihinsel yetenek, müzik ve görsel sanatlar yetenek alanı öğrencilerinin BİLSEM'e uyumunu sağlamak amacıyla kurumu, programları tanıma ile öğretmen ve diğer öğrencileri tanımalarını hedefleyen programdır.

Destek Eğitim Programı: Uyum programını tamamlayan genel zihinsel yetenek alanından tanılanan öğrencilerin geliştirmesi gereken temel becerileri tüm alan/disiplinlerle ilişkilendirilmesini esas alan eğitim programıdır.

Bireysel Yetenekleri Farkettirme Programı (BYF): Genel zihinsel yetenek alanında tanılanan ve destek eğitim programını tamamlayan öğrencilerin bireysel yeteneklerini fark etmeleri amacıyla yürütülen eğitim programıdır.

Özel Yetenekleri Farkettirme Programı (ÖYG) : Müzik ve görsel sanatlar yetenek alanından uyum programını, genel zihinsel yetenek alanından ise bireysel yetenekleri fark ettirme programını tamamlayan öğrencilerin özel yeteneklerini geliştirmek amacıyla yürütülen eğitim programıdır.

Proje Üretimi ve Yönetimi Programı: Özel yetenekleri geliştirme programını tamamlayan öğrencilerin ilgi, istek ve yetenekleri doğrultusunda bir alanda/disiplinde grupla veya bireysel olarak yürütülen eğitim programıdır.

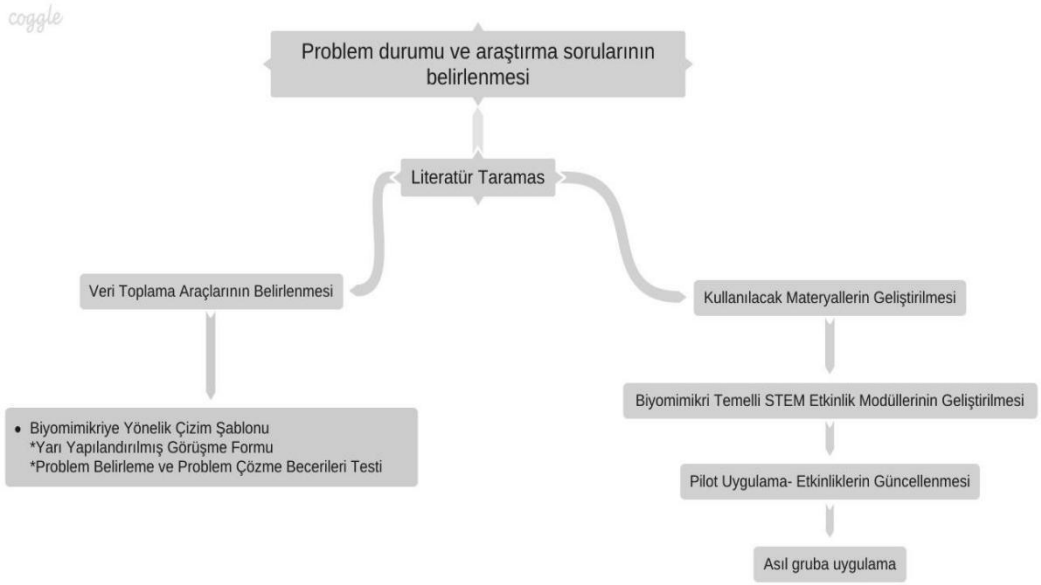
Araştırmanın temelinde yer alan kavramların hangi bağlamda ele alındığı, alan yazın ışığında ayrıntılı olarak tartışıldıktan sonra, araştırmanın kurgusu detaylı bir şekilde planlanarak yöntem bölümü oluşturulmuştur.

3
YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde uygulama süreci, uygulama sürecinde kullanılan Biyomimikri Temelli STEM etkinlik modüllerinin nasıl tasarlandığı, çalışma grubu, araştırmanın deseni, veri toplama araçları ve veri analizi konularında ayrıntılara yer verilmiştir.

3.1 Araştırma Süreci

İçinde yaşadığımız dönemde karşılaştığımız küresel problemlere sürdürülebilir çözümler üretmek son derece önem kazanmıştır. Bu noktada doğanın yüz yıllardır işleyen, kanıtlanmış çözümlerini rehber edinmek önemli bir bakış açısıdır. Bu bakış açısının eğitim ortamlarına yansımalarından biri biyomimikri temelli eğitim yaklaşımlarının, araştırmalarının hız kazanmasıdır. Bu noktadan hareketle özel yetenekli öğrencilere yönelik biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin etkisi üzerine odaklanan bu araştırma, iç içe ve dinamik iki döngü şeklinde yürütülmüştür.



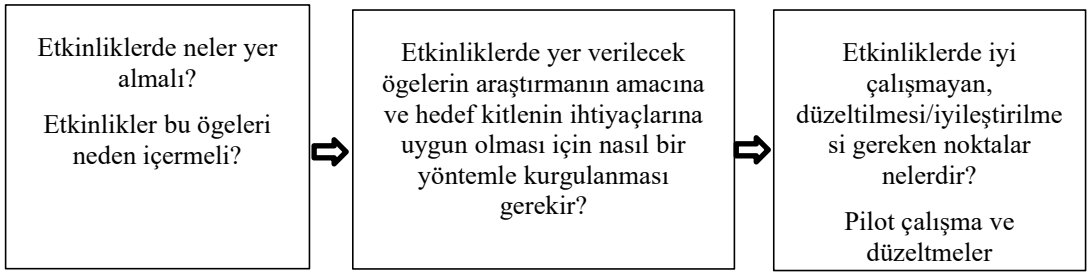
Şekil 3.1 Araştırma süreci

Birinci döngüde etkinlik modülleri geliştirilmiş, bu modüllerin pilot uygulaması gerçekleştirilmiş; aksayan ve eksik görülen hususlar ile ilgili düzeltmeler ve iyileştirmeler yapılmıştır.

İkinci döngüde güncellenen modüller çalışmanın örneklem grubuna uygulanmıştır. Uygulama sürecinin başında ve sonunda veri toplama araçları kullanılmıştır. Sürecin özeti Şekil 3.1'de paylaşılmıştır.

3.2 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin Geliştirilmesi

Araştırma sürecinde kullanılan Biyomimikri Temelli STEM Modülleri araştırmacı tarafından üç aşamalı bir süreç sonunda oluşturulmuştur. Birinci aşamada uygulanacak etkinliklerin hedef kitlenin öğrenme ihtiyaçları ve araştırmanın amaçları doğrultusunda hangi kriterlere göre tasarlanması gerektiği belirlenmiştir. Bu aşamada araştırmacı "Etkinliklerde neler yer almalı?", "Etkinlikler bu ögeleri neden içermeli?" sorularına odaklanmıştır. İkinci aşamada belirlenen "Etkinliklerde yer verilecek ögelerin araştırmanın amacına ve hedef kitlenin öğrenme ihtiyaçlarına uygun olması için nasıl bir yöntemle kurgulanması gerekir?" sorusu yol gösterici olmuştur. Her iki aşamada alan yazınından yararlanarak kriterler oluşturulmuş; uygulanan etkinlik modülleri bu kriterlere göre tasarlanmıştır. Üçüncü aşamada tasarlanan etkinliklerin pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışmadan elde edilen verilere göre etkinlikler güncellenerek örneklem gurubuna uygulanmıştır. Süreç, Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Etkinlik modüllerini geliştirme süreci

3.2.1 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin Hangi Kriterlere Göre Tasarlanacağının Belirlenmesi

3.2.1.1 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinde Neler ve Neden Yer Almalı?

Özel yetenekli öğrencilere yönelik öğretim program ve materyallerinin öğrencilerin sadece bilişsel değil aynı zamanda duyuşsal, psikomotor ve sosyal gelişimlerini hedefleyen; kavramsal anlamda zorlayıcı içerikler barındıran, kapsamlı kavram, tema ve problemlerden oluşan; öğrencilerin ilgili ve yetenekli oldukları alanlarda onlara keşif ve araştırma fırsatı sunan, bilimsel araştırma yöntemleri kullanarak bilimsel süreç becerilerini geliştiren, açık uçlu etkinlik ve problemlere yer veren; ürün geliştirmesine olanak tanıyan bir yapıda olması gerekmektedir (Sak, 2011). Etkinlik modüllerinin tasarımında bu öğrenme ihtiyaçları göz önünde bulundurulmuştur. Tasarlanan modüllerde kullanılan ögeler ve bunların literatüre dayalı kullanım gerekçesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo. 3.1 Etkinlik modüllerinin tasarımında kullanılan ögeler ve gerekçeleri

Etkinlik Modülünde Kullanılan Ögeler	**Gerekçe**
Gerçek hayattan bütüncül bir problem durumunu ele alma ve problem dayalı öğrenme süreci	Probleme dayalı öğrenme yönteminin; * Özel yetenekli öğrencilerin öğrenme motivasyonu üzerinde olumlu etkisi (Emir ve Kanlı, 2009); *Öğrencilerin belirlenen hedeflere ulaşmasında olumlu etkisi (Biber ve Başer, 2012); * Özel yetenekli öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve sosyal alanlarda üst düzey performans sergilemelerine olanak sağlaması (Ceylan ve Topsakal, 2023); * Öğrencilerin problem çözme ve işbirlikli çalışma becerilerini geliştirmelerine yardımcı olması (Ceylan ve Topsakal, 2023); * Öğrencilerin üst düzey düşünme becerileri geliştirmesi (Argaw vd., 2017);

Tablo. 3.1 Etkinlik modüllerinin tasarımında kullanılan ögeler ve gerekçeleri (devamı)

Etkinlik ModülündeKullanılan Ögeler	**Gerekçesi**
Odaklanan problemlerin küresel bir çevre problemi olması	*Özel yetenekli öğrencilerin çevresel ve küresel sorunlara karşı duyarlı olması (Schroth vd, 2017)
Farklı STEM disiplinlerinin bilgi ve becerilerini içerme	* Özel yetenekli öğrencilerin STEM'e karşı olumlu tutumları (Nacaroğlu ve Kızkapan, 2021) * Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde zenginleştirme amacıyla STEM etkinliklerinin de kullanılması (Barış ve Ecevit, 2019; Ayverdi vd. ,2023; Ayverdi, 2018)
Doğada benzer sorunla karşılaşan canlıların olması, sürdürülebilir çözümlerin doğadan ilham alınarak geliştirilmesi ; Biyomimikri ögeleri	* Özel yetenekli öğrencilerin doğaya karşı olumlu tutum geliştirme eğiliminde olması (Aydın vd., 2011; Ayaydın vd., 2018) * Biyomimikri temelli etkinliklerin fen eğitiminde kullanımı (Çoban & Coştu, 2021)

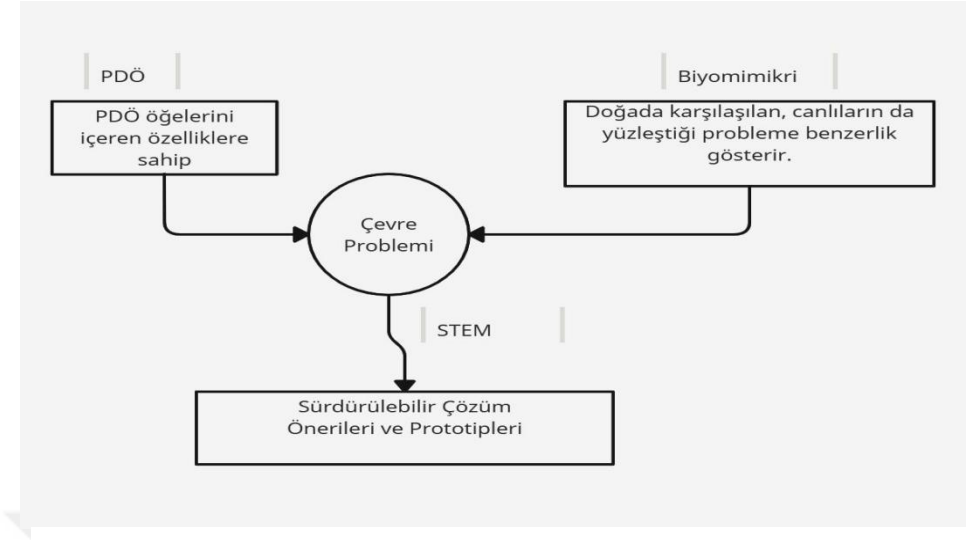
Etkinlik modüllerinin hangi kriterlere göre hazırlanacağına dair yapılan araştırmalar neticesinde bu modüllerin;

- ✓ Bir çevre sorununa odaklanmış olma, probleme dayalı öğrenmeyi içerme, öğrencilerin farklı çözümler üretmesine olanak sağlama,
- ✓ STEM disiplinlerini içerme ve öğrencilerin bu disiplinleri kullanmalarına ihtiyaç duymasını sağlama, grup çalışmaları içerme,
- ✓ Biyomimikri stratejilerini temele alma; öğrencilerin çözüm önerilerini doğadan ilham alarak ortaya koymalarını hedefleme gibi özellikleri taşıması kararlaştırılmıştır.

3.2.1.2 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin Odağında Yer Alan Problemlerin Özellikleri

Belirlenen kriterlere göre tasarlanan etkinliklerde kullanılan problem durumları, etkinliklerin odak noktasındaki ana ögelerden biri olmuştur. Öğrenme süreci, belirlenen problem durumları ve onların çözümü etrafında kurgulanmıştır. Bu durum seçilen problemlerin önemini ön plana çıkarmaktadır. PDÖ yaklaşımına göre seçilen problemlerin; genel geçer bir cevabı olmayan, disiplinler arası bir etkileşim sağlayan, öğrencilerin yaparak-yaşayarak öğrenmelerine imkan tanıyan, iş birliğine dayalı, üst düzey düşünme becerilerini işe koşan yapıda olmasına dikkat edilmiştir (Bridges ve Hallinger, 1997, İnel ve Can, 2019; Can 2021).

Uygulama modüllerinin PDÖ yaklaşımını kullanmaya olanak sağlamasının yanında; öğrencilerin seçilen problemlere sürdürülebilir çözüm üretmesi konusunda motive edilmeleri de önemsenmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin doğaya karşı gösterdiği olumlu tutum (Aydın vd., 2011; Ayaydın vd., 2018) ve çevre sorunlarına karşı duyarlılığı (Schroth vd, 2017); biyomimikri yaklaşımının kullanım sebepleri arasında yer almaktadır. Biyomimikri, doğanın test edilmiş modellerini, metotlarını ve stratejilerini inceleyen; elde ettiği bilgileri taklit ederek veya onlardan esinlenerek tasarım yapmayı içeren problem çözmeye yönelik yeni bir bilimdir. Biyomimikri; insan problemlerine ve ihtiyaçlarına sürdürülebilir çözümler üretme sürecinde doğadaki yapı, fonksiyon ve sistemlerden esinlenmeyi temel alır (Benyus, 1997). Doğanın kendi içerisindeki uyumuna bakıldığında; tüketmeye dayalı bir sistem olmadığını, uyumlu, sürdürülebilir, ihtiyaç duyulan enerjiyi verimli kullanan, atık biriktirmeyen ve geri dönüşümcü olduğu görülmektedir (Avcı, 2019). Bu nedenle öğrenciler, doğanın doğal seyrinde canlıların karşılaşıp çözüm ürettikleri problemlerden esinlenmelerine olanak sağlayacak şekilde yönlendirilmiştir. Çözüm adımları izlenirken, öğrencilerin STEM yaklaşımının ilkelerini kullanmalarını gerektirecek bir bağlam oluşturulmuştur. Uygulama modüllerindeki ana problemlerin PDÖ, Biyomimikri ve STEM bağlamında nasıl yapılandırıldığı Şekil 3.3’ de özetlenmiştir.



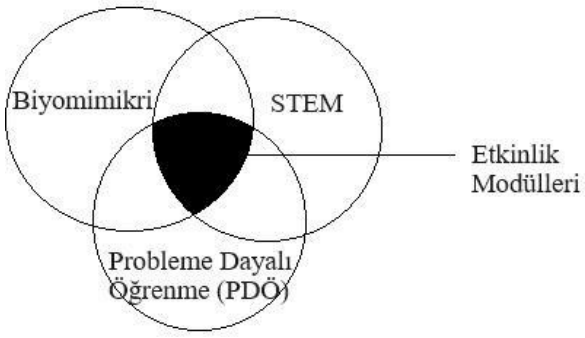
Şekil 3.3 Seçilen ana problemlerin PDÖ, Biyomimikri ve STEM bağlamında yapılandırılması

3.3 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinde Belirlenen Ögelerin Nasıl BirYöntemle Verileceğinin Belirlenmesi

3.3.1 Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin Temel Çerçevesinin Oluşturulması

Etkinlik geliştirme sürecinin birinci aşamasında etkinliklerin hangi ögeleri, neden içermesi gerektiği kararlaştırıldıktan sonra ikinci aşamada etkinlikler için temel bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu aşamada "Etkinliklerde yer verilecek ögeler hedef kitlenin öğrenme ihtiyaçlarına hangi yöntemin kullanılmasıyla cevap verebilir?" sorusu sorulmuştur. Bu bağlamda tasarlanan etkinlik modüllerinde Biyomimikri, STEM ve Probleme Dayalı Öğrenme yaklaşımları bir arada harmanlanmıştır. Bu durum Şekil 3.4'te verilen görsel üzerinde özetlenebilir.

Etkinlik modüllerinin temel çerçevesi Biyomimikri, STEM ve Probleme Dayalı Öğrenme yaklaşımlarını içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bu yaklaşımların tasarlanan etkinliklerin özellikle hangi aşamalarında belirleyici rol oynadığına dair gerekçeler Şekil 3.5'te sunulmuştur. Süreçte problem belirleme ve problemi tanımlama aşamalarında gerçek bir probleme odaklanma; öğrenme sürecini bu problemin çözüm ve keşif sürecine yedirilmesi (Peterson ve Treagust 1997; Kaptan ve Korkmaz, 2001; Şenocak ve Taşkesenligil, 2005) PDÖ yaklaşımından

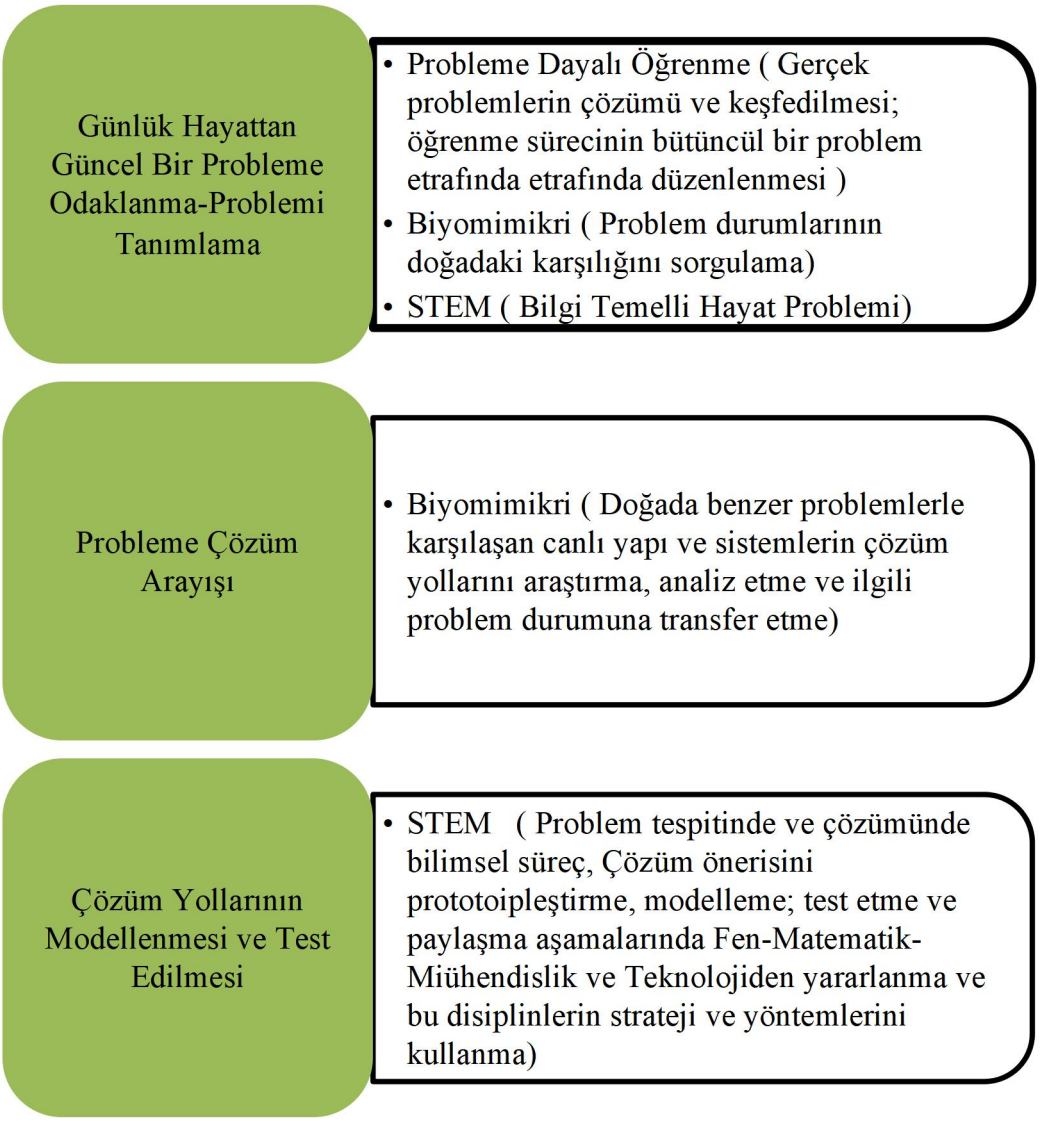


Şekil 3.4 Etkinlik modüllerinin temel çerçevesi

yararlanmayı gerektirmiştir. Öğrenme sürecinin günlük hayattan bilgi temelli bir hayat problemi ile başlaması; çözüm üretme sürecinde prototip veya modellerin tasarımında Fen-Matematik-Mühendislik ve Teknolojiden yararlanmayı; bu disiplinlerin kendine has bilgi ve becerilerini kullanmayı gerektirmesi etkinliklerin tasarımında ve uygulama sürecinde STEM yaklaşımını kullanmayı gerektirmiştir (Çorlu, 2017; NRC, 2014). Çözüm geliştirme sürecinde doğanın sürdürülebilir, test edilmiş, kanıtlanmış çözümlerini, biyolojik yapılarını ilgili problem durumuna transfer etme amacı (Benyus, 1997; Çoban ve Coştu, 2021) da biyomimikri yaklaşımın kullanmayı gerektirmiştir.

3.3.2 Problem Odaklı Biyomimetik Süreç Modelinin Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerine Uyarlanması

Uygulama Modüllerinin temel çerçevesi ve odakta yer alan problemlerin özellikleri belirlendikten sonra Biyomimikri, STEM ve PDÖ odağında nasıl bir model kullanılması gerektiği araştırılmıştır. Bir problemden yola çıkarak biyomimikri stratejilerinin kullanımını hedefleyen etkinlik modülleri geliştirilirken Fayemi vd. (2016)'da ortaya koydukları "Problem Odaklı Biyomimetik Süreci (Problem Driven Biyomimetic Process)" modeli incelenmiştir. Bu model, sorun çözmeye odaklanan ve doğadan ilham alan bir süreci tanımlar. İlk olarak, bir teknik sorun belirlenir ve soyutlanır. Sonra, bu soyutlama doğadaki örneklerle bağlantılı hale getirilir. En sonunda ise, doğadan alınan bu örnekler, teknolojide kullanılarak sorunun çözümüne katkı sağlar. Yani, bu süreçte doğadan gelen fikirler, teknik problemleri çözmek için kullanılır.



Şekil 3.5 Etkinlik modüllerinden kullanılan yaklaşımların rolü

Problem odaklı biyomimetik süreç modeli şu adımları içerir;

1. **Problem Analizi (Adım 1):** İlk adım, bir sorunun tanımını içerir. Eğer belirli bir sorun yoksa, teknik bir sistemin gelişme ekseni için tanımlama yapılır ve sistem optimizasyonuna odaklanılır. Eğer sorun önceden belirlenmişse, problem tanımı uygun bir şekilde yapılarak sorun formalize edilir.

2. **Teknik Sorunun Soyutlanması (Adım 2):** Problem analizinden sonra ortaya çıkan sorun ve çevresi, işlevsel bir model oluşturacak şekilde soyutlanır. Bu soyutlama, başarılı bir işleve dair gereksinimleri belirler.

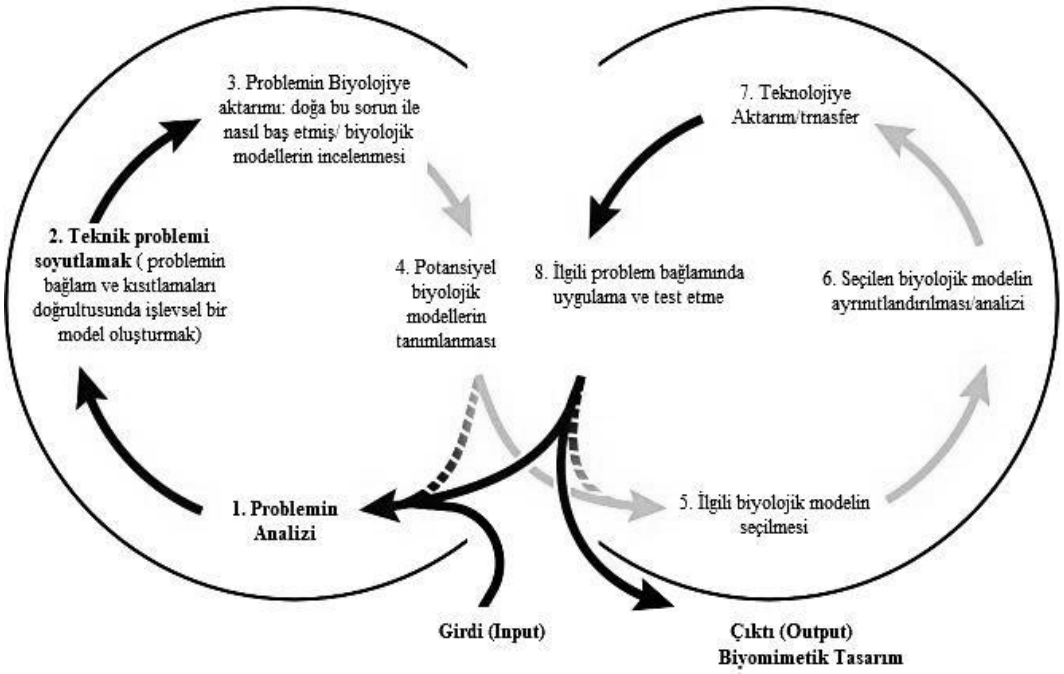
3. **Doğaya Sorunun Aktarımı (Adım 3):** Soyutlanmış teknik sorun, doğaya aktarılır. Genellikle doğaya yöneltilen bir soru, doğanın belirli bir işlemi nasıl başardığını anlamak amacıyla formülize edilir.

4. **Biyolojik Modellerin Tanımlanması (Adım 4):** Biyolojik modeller, literatür araştırması ve bilgi toplama yöntemleri ile tanımlanır.

5. **Biyolojik Modelin Seçimi (Adım 5):** Tanımlanan biyolojik modeller arasından ilginç olanı seçilir. Bu adım, biyolojik modelin stratejisini ayrıntılı olarak anlamayı içerir.

6. **Biyolojik Stratejinin Soyutlanması (Adım 6):** Seçilen biyolojik modelin stratejisi, genel prensiplere soyutlanır. Birden fazla biyolojik model ve prensibin birleştirilmesine izin verir.

7. **Biyolojik Stratejinin Teknolojiye Aktarımı (Adım 7):** Biyolojik strateji, teknolojiye aktarılır. Tasarımcılar, belirtilen biyolojik prensipleri teknik işlevlere uygulamak için mevcut teknolojik bilgiyi kullanır.



Şekil 3.6 Problem odaklı biyomimetik süreç (Fayemi vd., 2016)

8. **Uygulama ve Test (Adım 8):** Biyolojiden teknolojiye dönüşüm, tasarımın son uygulamasını ve testini içerir. Başarılı bir biyomimetik tasarımın tamamlanmasıyla bu aşamada döngü sona erer. Ancak sonuçlar yeterli değilse, döngü yeniden başlatılabilir veya ikinci aşamada yeni bir model seçilebilir.

Biyolojinin teknolojiye aktarımını sağlayan bu süreç Şekil 3.6'da görülmektedir ve özetle biyolojik modellerin teknolojiye aktarılması, biyolojik prensiplerin teknik işlevselliklere dönüştürülmesini içeren bir süreci ifade eder.

Araştırma sürecinde öğrencilerin verilen problem durumları ile ilgili detaylı bir analiz yapmaları istenmiştir. Bu yolla probleme yoğunlaşmaları, problemin sebeplerini ortaya koymaları çözüm süreçlerini kolaylaştırmıştır. Problem analiz sürecinden sonra öğrenciler doğadaki benzer problem durumlarını araştırmış canlıların bu problemlere yönelik geliştirdikleri çözümleri detaylı bir şekilde incelemiştir. Öğrenciler bu çözümlerden ilham alarak benzer yapı/sistem veya işlevi kendi çözüm önerilerine entegre etmiştir. Buna göre; etkinlik modülünü geliştirme aşamasında analiz edilen "Problem Odaklı Biyomimetik Süreç Modeli" yol gösterici bir rol oynamış; bu modelden ilhamla etkinlik süreci şu adımlara göre yapılandırılmıştır;

1. **Problemin Analizi:** Öğrenciler problemler ile ilgili veri toplamış, problem durumunu sebepleri ile birlikte ortaya koyarak bu durumun gerçek bir problem olduğuna dair kanıtlar sunmuştur.

2. **Problemin Doğaya Aktarımı**: "Doğada bu problem durumu ile hangi canlılar, sistemler karşı karşıya kalmaktadır?" sorusundan hareketle öğrenciler benzer problemin doğadaki durumunu araştırır.

3. **Doğada işleyen Sistem/Yapı veya Fonksiyonun Analiz Edilmesi:** "Bu canlılar karşılaştıkları bu problemi çözmek için nasıl bir yapı veya sistem geliştirmiştir? Bu yapı/sistemi ayrıntılı inceleyiniz. Bu yapı/ sistemin, nasıl çalıştığını belirtiniz" sorularına cevap arayan öğrenciler doğadan seçtikleri canlının çözüme götüren yapı/ fonksiyon veya sistemi analiz eder, onların arkasındaki bilimsel prensipleri ortaya koyar.

4. **Doğadan İlham Alarak Tasarlama:** "Siz bu yapı veya sistemlerden ilham alarak probleminizi çözmek için nasıl bir yapı veya sistem tasarlayabilirsiniz? Tasarlayacağınız sistemin özelliklerini belirtiniz." sorularının göz önüne alınacağı bu aşamada öğrenciler çözüm önerilerine dair ayrıntıları belirler ve bir çözüm geliştirirler. Geliştirilen çözüme dair prototip tasarlarlar.

5. **Uygulama ve Test Etme:** Geliştirilen çözüm önerileri, prototipler test edilir. Bu prototiplerin günlük hayatta nerelerde kullanılabileceği ortaya konur.

Etkinlik modüllerinde yer alan adımlar Şekil 3.7'de belirtilmiştir. Araştırma sürecinde bu adımları içeren toplamda üç ayrı modül tasarlanmıştır.



Şekil 3.7 Etkinlik modüllerinin içerdiği aşamalar

Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modüllerinin nasıl tasarlanacağına yönelik belirlenen çerçeveden sonra 3 uygulama modülü tasarlanmıştır. Bu modüllerin teması; "Bilinçsiz enerji kullanımına karşı enerji tasarrufu", "Su kirliliği", "Sürdürülebilir yaşamın temelleri ve sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımı" olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Tasarlanan etkinlik modülleri

Modüller	Temalar
1	Bilinçsiz enerji kullanımına karşı enerji tasarrufu
2	Su kirliliği
3	Sürdürülebilir yaşamın temelleri ve sürdürülebilir yaşam alanlarınıntasarımı

3.4 Araştırmanın Modeli

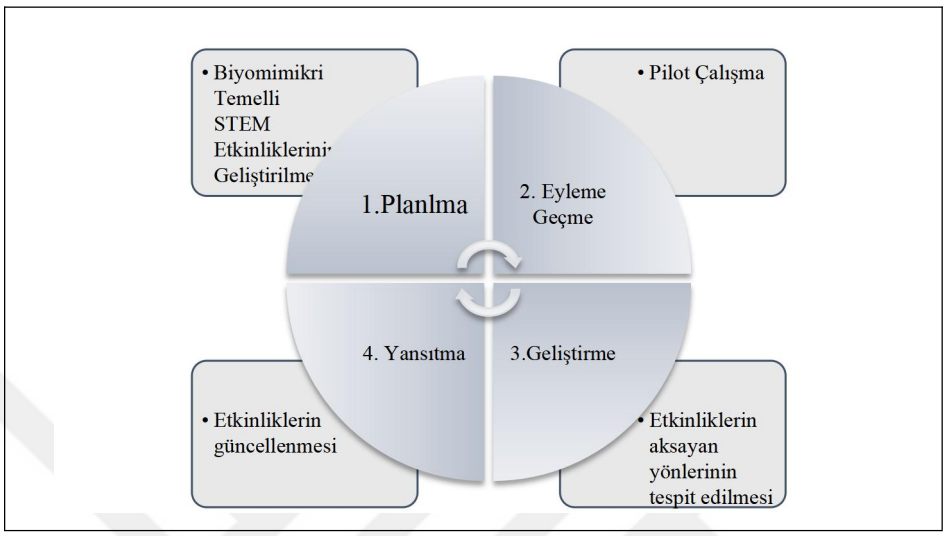
Bu araştırma biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme sürecine ve tasarım becerisine olan etkisini ortaya koymak amacıyla eylem araştırması şeklinde desenlenmiştir. Veri toplama ve analiz sürecinde ağırlıklı olarak nitel yöntemler kullanılmış; süreç nicel veriler ile de desteklenmiştir.

Eylem araştırması, nitel araştırma yöntemlerinden biridir. Eylem araştırması, genellikle belirli bir sınıf veya okul problemini çözmek ve bir uygulama geliştirmek amacıyla yerel bir alana odaklanan süreçtir (McMillan, 2004). Johnson (2014) eylem araştırmasını, öğretmenlerin kendi uygulamaları için sistematik bir biçimde gerçekleştirdikleri soruşturma süreci olarak tanımlar. Mills (2011) ise eylem araştırmasını, okulların çalışma şekli, öğretmenlerin öğretme tarzları ve öğrencilerin öğrenme süreçleri hakkında bilgi toplamak amacıyla eğitimciler, yöneticiler, danışmanlar veya öğretim sürecine ilgi duyan herkes tarafından yapılan sistematik bir soruşturma süreci olarak açıklar. Bu bağlamda, eylem araştırmaları, öğretmenlere sınıflarını anlamak ve öğretim kalitesini geliştirmek için öz değerlendirme yapma olanağı sunar (Mertler, 2017).

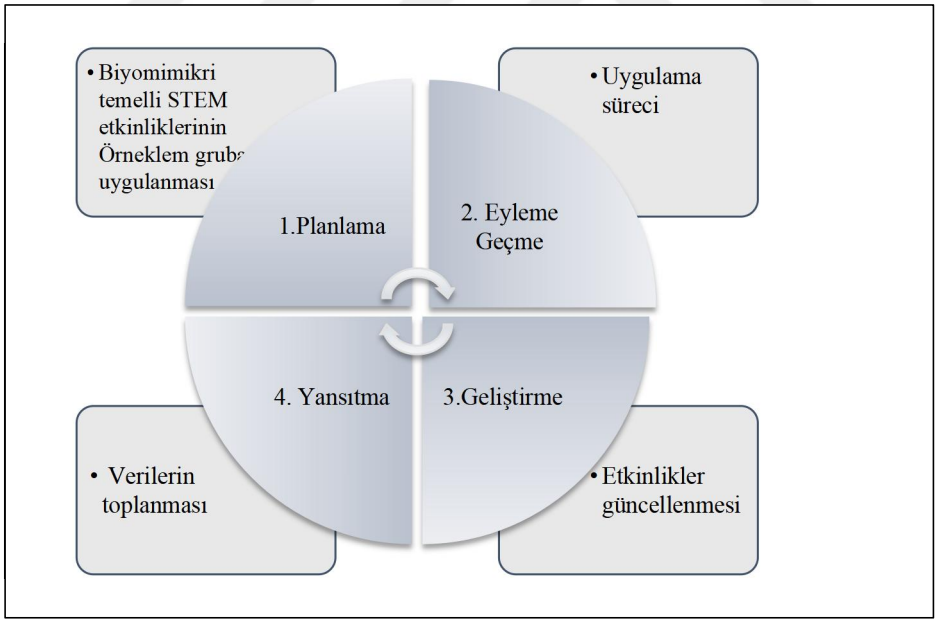
Eylem araştırması kavramı çeşitli şekilde tanımlanmıştır. Johnson (2014), Mertler & Charles (2011) ve Mills (2011) gibi araştırmacılara göre eylem araştırması genel olarak eğitimi değiştiren ve geliştiren bir süreçtir. Bu araştırma, eğitimcilerin ve öğrencilerin birlikte çalıştığı, katılımcı ve etkileşimli bir süreçtir. Bir başkası adına veya başkası tarafından değil, öğretmenler tarafından gerçekleştirilir. Eylem araştırması, öğretmenlerin öğretmeyi düşündükleri anlık bir şey değil, sistematik ve işbirlikçi bir süreci ifade eder.

Eylem araştırması ayrıca planlı ve sistemli bir yaklaşım olup, öğrenme sürecini anlamak, fikirleri test etmek, açık fikirli olmak ve eleştirel düşünce geliştirmek amacıyla kullanılan bir araştırma türüdür. Bu süreç, eğitimde mevcut bir problemi çözmekle kalmaz, aynı zamanda yeni bir şey geliştirmek ve içeriğin etkililiği üzerinde yansımalar yapmak için de kullanılır. Eylem araştırması, planlama, harekete geçme, geliştirme ve yansıtmadan oluşan döngüsel bir işlemdir (Mertler & Charles, 2011; Johnson, 2014). Eylem araştırmasının sonuçları ne doğru ne de yanlış olarak değerlendirilir, daha çok güçlü yönleri ve sınırlamaları belirlemek

amacıyla izleme ve değerlendirme gerektiren belirsiz çözümler içerir. Bu çalışmada eylem araştırması kurgulanırken bu özellikler dikkate alınmış ve araştırma birbirini takip eden 4 aşamada ilerlemiştir. Şekil 3.8'de araştırmaya ait aşamaların nasıl ilerlediği açıklanmıştır.



Şekil 3.8 Eylem araştırmasının aşamaları 1. döngü



Şekil 3.9 Eylem araştırmasının aşamaları 2.döngü

3.5 Pilot Çalışma ve Uygulama Süreci

Biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin tasarımından sonra bu etkinlikler benzer özelliklere sahip 5 kişilik bir pilot öğrenci grubu ile atölye ders saatlerinde uygulanmış; gerekli görülen iyileştirmeler, düzeltmeler sağlanmıştır. Yapılan bu iyileştirmelerden örnekler Tablo 3.3' te belirtilmiştir.

Tablo 3.3 Pilot çalışmada tespit edilen sorunların iyileştirilmesine yönelik yapılan değişikliklere örnekler

	Pilot Uygulamada Tespit Edilen Durum	**Yapılan İyileştirmeler**
Uygulama sürecine yönelik iyileştirmeler	Pilot çalışma sırasında; önce öğrencilerin çalışacağı problem durumu üzerine hiç bir yönlendirme yapılmamıştır. Bu durum grubun ortak ve araştırmanın amacına uygun problemler belirlemesini güçleştirmiştir.	Öğrencilere modül girişlerinde problem durumunu hissettirecek örnekler verilerek yönlendirmeler yapılmıştır.
Zaman Yönetimi İle İlgili iyileştirmeler	Her modül için ortalama 4 hafta zaman planlanmıştır. Ancak her modül için bu zaman yeterli olmamıştır.	1.modül; 4 hafta; 2. modül: 5 hafta; 3. modül: 4 hafta şeklinde uygulanmıştır.
Grup etkileşimlerine yönelik iyileştirmeler	Uygulama sürecinde öğrenciler sadece atölye ders saatlerinde bir araya gelmiştir. Bu durum grup içi etkileşimi ve iş birliğine dayalı dinamiklerin zayıf kalmasına sebep olmuştur.	Online bir sınıf oluşturularak (Google Classroom) öğrencilerin okul sonrasında da süreçte iş birliği içinde olması, paylaşımlarına devam etmesi sağlanmıştır.

Tablo 3.3 Pilot çalışmada tespit edilen sorunların iyileştirilmesine yönelik yapılan iyileştirmelere örnekler (devamı)

	Pilot Uygulamada Tespit Edilen Durum	**Yapılan İyileştirmeler**
İçerik ile ilgili Yapılan İyileştirmeler	Problemin analizi aşamasından öğrencilerin grup şeklinde "Problem Durumu", "Probleme dair veriler"," Problemin sebepleri" başlıkları altında çalışmaları istenmiştir. Grupların elde ettikleri bulguları, vardıkları sonuçları paylaştıkları aşamada verilen yönergenin yeterli olmadığı tespit edilmiş; bu durum grupların birbirini tekrar etmesine, zamankaybına sebep olmuştur.	Çalışma kağıtlarına "Probleme Dair Araştırma süreci ve sunum için planlama","Verilerin hangi yolla sunulacağının seçilmesi" gibi daha çok ayrıntı içeren bir planlama yapmaları için başlıklar eklenmiştir.
	Uygulamada "Doğadan ilham aldığınız canlı veya sistemin ayrıntılı yapısını çiziniz ve bu sistem/yapının çalışma prensiplerini yazınız." bölümünde ilham alınan canlının yapı ve sisteminin analizi konusunda öğrencilerin daha fazla derinleştirme yapmasına ihtiyaç duyulmuştur.	Hazırlanan çalışma kağıdına; bunu derinleştirmek için ek sorular eklenmiştir. Örneğin;" Bu yapı/ sistem canlının veya sistemin karşılaştığı sorunlar ile baş etmesi konusunda ona nasıl bir avantaj sağlamaktadır?" gibi

Yapılan düzeltmelerden sonra etkinlikler asıl gruba uygulanarak veri toplama süreci tamamlanmıştır. Tüm sürecin sonunda etkinlikler tekrar revize edilmiştir. Bu aşamalar göz önünde bulundurulduğunda etkinliklerin geliştirilmesi dinamik ve esnek bir süreç ile sağlanmıştır. Uygulama süreci: 1. modül; 4 hafta; 2. modül: 5 hafta; 3. modül: 4 hafta olmak üzere toplamda 13 hafta sürmüştür. Bu aşama her hafta devam eden iki saatlik atölye derslerinde tamamlanmıştır. Öğrencilerin atölye saatleri dışında çalışmalarını ve paylaşımlarını teşvik etmek, problem durumlarının derinleştirmelerini ve atölye sonrasında da süreci takip etmelerini kolaylaştırmak amacıyla online bir sınıf (Google Clasroom) oluşturulmuştur ve

öğrencilerin çalışmalarını bu platformdan da birbirleri ile paylaşmaları sağlanmıştır.

Tablo 3.4 Uygulama süreci

Uygulama Süreci	
Eylül-Ekim-Kasım 2022	Problem durumu, araştırma sorularının belirlenmesi, literatür tarama sürecinin başlaması, ön hazırlıklar
Aralık 2022	Etik kurul izni ile ilgili işlemler
Ocak 2023	Veli onam formunun veliler ile paylaşılması, Ön testlerin uygulanması
Şubat, Mart,Nisan 2023	Uygulama süreci
Mayıs 2023	Son testlerin uygulanması

3.6 Araştırmanın Örneklemi

Araştırmada örneklem oluşturulurken kolay erişilebilir örneklem (convenience sampling) yöntemi göz önünde bulundurulmuştur. Bu yöntem araştırmacılara kolay erişebilme, araştırmaya hız ve pratik katma gibi avantajlar sağlamaktadır (Patton, 2005; Yıldırım ve Şimşek, 2008). Buna göre araştırmacı öğretmen bağlı bulunduğu kurumda kolay erişebildiği öğrenciler ile uygulama sürecini yürütmüştür.

Araştırma 2022-2023 eğitim öğretim yılında İstanbul'da Şişli Bilim ve Sanat Merkezine devam eden 5. ve 6. sınıf öğrencileri (10-11 yaş) ile gerçekleştirilmiştir. Bu öğrenciler BİLSEM Bireysel Yetenekleri Farkettirme (BYF) programına devam etmektedir. Uygulama grubu, kurumda duyurusu yapılan STEM atölyesini gönüllü olarak tercih eden öğrencilerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Uygulama süreci 11 öğrenci ile tamamlanmıştır. Bu öğrencilere ait demografik bazı özellikler Tablo 3.5'de yer almaktadır. Söz konusu öğrenciler 15 haftalık

uygulama süreci boyunca haftada bir gün, 2 ders saati olacak şekilde atölye saatlerinde bir araya gelmiştir.

Tablo 3.5 Araştırma örneklemindeki öğrencilere ait bilgiler

Kız	Erkek	5.Sınıf	6.Sınıf
4	7	6	5

3.7 Veri Toplama Araçları

Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerisinde meydana getirdiği değişimi ortaya koymak üzere yürütülen bu çalışmada araştırma sorularına cevap bulmak için hem nitel hem de nicel veri toplama araçları kullanılarak veri çeşitlemesi yapılmıştır. Ivankova ve Wingo (2018) tarafından belirtildiğine göre, eylem araştırması için karma yöntemlerin bir arada kullanılması, daha güvenilir ve geçerli veriler elde etmeye ve araştırmanın daha sistemli bir şekilde yürütülmesine yardımcı olmaktadır. Bu durum, farklı veri toplama araçları ve analiz yöntemlerinin bir araya getirilerek araştırma sonuçlarını daha güvenilir hale getirme çabası olarak da adlandırılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Bu nedenle, araştırmada nitel ve nicel veri toplama araçları bir arada kullanılarak daha geçerli, güvenilir ve kapsamlı bulgular elde edilmesi hedeflenmiştir. Süreçte kullanılan nicel ve nitel veri toplama araçları ve veri toplama süreci Tablo 3.6'de yer almaktadır.

3.7.1 Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu (BTTYÇŞ)

Nitel araştırmalarda öğrenci çizimleri yoluyla veri toplamak sık rastlanan bir durumdur. Araştırmacıların bir konu veya kavram hakkında hedef kitlenin bilgi durumunu (Uzunkavak, 2009; Harman, 2012); algı durumunu (Pınar ve Yakışan, 2017); duygu ve düşüncelerini (Gül ve Marulcu, 2014; Akbayrak ve Namdar, 2019) ortaya çıkarmak için öğrenci çizimlerinin kullandığı çalışmalar bulunmaktadır. Benzer şekilde biyomimikriye yönelik ilkokul öğrencilerin algılarını ve hayvanlardan ilham alarak geliştirebilecekleri biyomimetik tasarımları incelemek için yürütülen bir çalışmada çizim yöntemine başvurulmuştur (Yakışan ve Velioğlu, 2019).

Tablo 3.6 Araştırma soruları ve veri toplama araçları

Araştırma Sorusu	Veri Toplama Aracı	Veri Türü	Veri Analiz Yöntemi
1. .Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerilerine etkisi nedir?	Problem Belirleme Ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT)	Nicel	* Wilcoxon işaretli sıralar testi *Tematik Analiz
2.Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin tasarım becerilerine etkisi nedir?	*Biyomimikriye Yönelik Çizim Şablonu *Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	Nitel	Tematik Analiz
3.Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin; özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarında biyomimikrinin boyutlarına yer verme durumuna etkisi nedir?	*Biyomimikriye Yönelik Çizim Şablonu * Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	Nitel	Tematik Analiz

Çizimlerin analizinde ve yorumlanmasında veri kaybı yaşamamak, çizimlerin yansıttığı durumu daha iyi ortaya koymak için görüşmeler ile desteklenmesi tavsiye edilmektedir (.akçay ve Halmatov, 2015). Bu yöntemin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde araştırmanın bağlamına göre çizimi yapan katılımcıların her biri ile bireysel görüşmeler yapıldığı ve destekleyici sorular yardımıyla analizler yapıldığı görülmektedir (Uzunkavak, 2009; Harman, 2012; Pınar ve Yakışan, 2017; Gül ve Marulcu, 2014; Namdar ve Akbayrak, 2019; Yakışan ve Velioğlu, 2019).

Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin tasarım becerisinde; biyomimikriye yönelik algılarında zaman içerisinde nasıl bir değişiklik meydana getirdiğini ortaya koymak amacıyla araştırmacı; çizim yönteminin kullanıldığı araştırmaları incelenmiş ve uzman görüşü alarak“ Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonunu”

oluşturmuştur. Çizim şablonu " Doğadaki canlılar, mevcut yapı ve sistemleri ile bir çok problem için bir çözüm rehberi ile karşımızda durmaktadır. Sizler de bir problem durumu belirleyiniz. Doğadan ilham aldığınız bir canlıyı taklit ederek bu probleme çözüm oluşturabilecek bir sistem/yapı/ ürün tasarlayınız. İlgili canlıyı ve geliştirmek istediğiniz sistem/yapı/ ürünü aşağıdaki şablona çiziniz." açıklaması ile başlar. Şablonda ayrıca problem durumu, "Doğada bu problem durumu ile hangi canlılar nasıl bir sistem veya yapı ile baş ediyor?" sorusu, "Doğadan seçilen canlı, Bu canlıyı taklit ederek yaptığın tasarım" gibi maddeler yer almaktadır. Böylece katılımcıların bir problem durumu belirlemeleri; bu problem durumunun benzeriyle karşılaşan doğadaki canlıların bu sorunun üstesinden gelmek için nasıl bir yapı, sistem veya işlev ile çözüm ürettiğini düşünmeleri istenmektedir. Bu amaçla; belirledikleri problem durumunun çözümüne yönelik bir sistem/yapı/ ürün tasarımı çizmeleri; bu tasarımda doğadaki canlı bir yapıdan ilham almaları beklenmektedir.

" Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu" veri toplama aracı daha önce aynı araştırmacı tarafından TÜBİTAK 4004 16. Doğa ve Bilim Okulları çağrısı kapsamında desteklenen " Doğadan Tasarıma Bir Bilim Yolculuğu" projesinde benzer yaş grubundaki 40 özel yetenekli öğrenciye proje kapsamındaki izinler doğrultusunda uygulanmıştır (TUBİTAK 4004, 2022). Veri toplama aracının pilot uygulamasından sonra uygulama ile ilgili güncellemeler yapılmıştır. Buna göre uygulama sırasında çizimler için bir süre sınırlaması verilmemiş; katılımcıların her biri kendi bireysel hızlarına göre şablonu doldurmuştur. Katılımcıların birbirinden esinlenmemesi için gerekli önlemler alınmış; örneğin oturma düzeni buna göre düzenlenmiştir. Çizim şablonunu tamamlayan her bir katılımcı ile bireysel görüşmeler yapılarak çizimlerini ayrıntılı şekilde anlatmaları istenmiştir. Her bir görüşme ortalama 5-7 dakika arası sürmüştür. Araştırmacı öğrencileri dinlerken tasarımlar ile ilgili notlar tutmuştur. Görüşmeler sırasında katılımcıları teşvik etmek ve çizimleri daha iyi anlayabilmek için yarı yapılandırılmış bir görüşme ile ;

1.Neden çizmek için bu canlıyı seçtiniz?

2.Tasarımınızı yaparken canlının hangi özelliğinden ilham aldınız? 3.İlham aldığınız bu özellik tasarımınızda nasıl bir görevi yerine getiriyor?

4.Bu tasarımnerelerde hangi amaçla kullanılabilir? Bu amaçların gerçekleştirebileceğini nasıl kanıtlarsınız?

5.Oluşturduğunuz tasarıma başka neler eklenebilir? gibi sorular yöneltilmiştir? Yarı yapılandırılmış görüşmeler sırasında araştırmacı her öğrencinin BTTYÇŞ'de yer alan çizimlerinden hareketle sorularını yöneltmiş; öğrencilerin ihtiyacına göre ortalama 5-6 dakikalık sürelerde görüşmeler gerçekleştirmiştir.

3.7.2 Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT)

Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT) Erdoğan (2009) tarafından geliştirilmiştir. Fakat Haydari (2021)'de taslak aynı kalmak kaydıyla içeriğini kendi çalışmasına özgü güncellemiştir. Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerilerinde zaman içerisinde nasıl bir değişiklik gerçekleştirdiğini ortaya koymak için PBPÇBT ; Haydari'nin (2021) uyarladığı şekliyle uygulanmıştır çünkü çevre problemleri ile ilgili içeriği araştırmaya uygunluk göstermektedir. Bu testte, PBPÇBT soruları çevrede gözlemlenen bir çevre problemini belirleme ve verilen bir problemi çözmek için kullanılan becerileri ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca, öğrencilerin bir çevre sorunuyla karşılaştıklarında takip etmeleri gereken bilimsel süreç becerilerini ve gerekli davranışları belirlemeyi amaçlamaktadır (Erdoğan, 2009). Testte, çevre ile ilgili bir problem durumu sunulmuştur İlk soru, problemi çözmek için ihtiyaç duyulan bilişsel süreç basamaklarını doğru sıraya koyma yeteneğini ölçerken, ikinci soru ise verilen probleme çözüm sunma becerisini değerlendirmektedir. Testin birinci aşamasında problem çözümünde doğru sıralanması gereken bilimsel süreç becerileri şunlardır: problemi tanımlama, gözlem yapma, veri toplama, deney düzeni hazırlama ve gerçekleştirme, verileri kaydetme, yorumlama ve sunmadır. Testin ikinci aşamasında öğrencilere herhangi bir yönlendirme yapılmadan verilen problem durumlarına yönelik nasıl bir yol izleyebilecekleri; problemin çözümüne yönelik önerileri sorulmuştur. Testte toplamda 2 sıralama sorusu; 2 açık uçlu soru bulunmaktadır.

3.8 Verilerin Analizi

3.8.1.Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim(BTTYÇŞ) Şablonunun Analizi

Araştırmanın nitel verilerini toplamak amacıyla BTTYÇŞ kullanılmıştır. Nitel araştırmalarda araştırmanın amacı ve doğası gereği verilerin analizine yönelik

geliştirilen planlar; çeşitlilik, yaratıcılık ve esneklik gibi unsurlar barındırabilir (Yıldırım & Şimşek, 2016). Bu noktadan hareketle BTTYÇŞ'den elde edilen verilerin analizinde tematik analiz yöntemine başvurulmuş; süreç birkaç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Tematik analiz, araştırma sorusuna yönelik elde edilen verilerdeki anlam kalıplarını, örüntüleri belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Braun & Clarke, 2006). Bu kapsamda bir tema, verilerin içerisinde araştırma sorusuyla ilgili önemli bir noktayı açıklar veya araştırma sorusuna dair örüntü oluşturan cevapları ortaya çıkarır. Tematik analiz yönteminde veri setlerindeki temalar veya örüntüler iki yol kullanılarak saptanabilir: tümevarımsal (özelden genele) veya tümdengelimsel (genelden özele). Tümevarımsal analiz, mevcut bir teoriye bağlı olmadan verilerin aşağıdan yukarı veri kodlama sürecidir ve veriye göre şekillenir. Tümdengelimsel analizde ise tam aksine mevcut bir teori veya çerçeve ışığında temalar ve kodlar baştan oluşturulur ve analiz sürecinde bu baştan belirlenmiş tema ve kodlar kullanılır (Braun & Clarke, 2013).

Tablo 3.7 BTTYÇŞ verilerinin analizi

Tematik Analiz	**Kullanıldığı Aşama**
Tümevarımsal Tematik Analiz	* Belirlenen problem durumlarının analizi * Çizilen tasarımların analizi
Tümdengelimsel Tematik Analiz	* Tasarımların biyomimikriyi içerme durumunun analizi

Braun ve Clarke (2012) tematik analizi kolaylaştıran ve araştırmacının önemli unsurları belirleyip onlara odaklanmasını sağlayan altı aşamalı bir süreç önermişlerdir. Bu anlamda, Braun ve Clarke (2012) bu altı aşamalı süreci hem tematik analiz yapma hem de tematik analiz yapmayı öğrenme yaklaşımı olarak tanımlamışlardır. Buna göre tematik veri analizi;

1.Verilere Aşinalık (Birinci Aşama): Bu aşama birçok nitel analiz türünde yaygındır. Verilere aşinalık, veri setinin tamamının tekrar tekrar okunmasını ve verilerle yakından tanışmayı gerektirir. Bu, araştırma sorusuna/sorularına uygun

bilgileri belirleyebilmek için gereklidir. Öğrencilerden BTTYÇŞ ile topladıkları veriler birkaç kez baştan incelenmiş; öğrencilerin yarı yapılandırılmış görüşmede verdikleri cevaplar çizim şablonunda ilgili yerlere not edilmiştir.

2. İlk Kodların Oluşturulması (İkinci Aşama): Kodlar, daha sonra temalara dönüşecek olan temel yapı taşlarıdır. Kodlama süreci, araştırma sorusuna/sorularına uygun olabilecek bilgi parçaları için kısa, özlü tanımlayıcı veya yorumlayıcı etiketler üretmek amacıyla yapılır (Byrne, 2022). Bu kapsamda öğrencilerin çizim şablonunda belirledikleri problem durumları, çizimler mercek altına alınmış, veri kaybına sebep olmayacak şekilde kodlar oluşturulmuştur.

3.Temalar Oluşturmak (Üçüncü Aşama): Tüm veriler kodlandıktan sonra kodlanmış veriler, ortak anlamlarına göre incelenir ve analiz edilir, böylece olası temalar oluşturulabilir. Bu araştırmada da veri setlerindeki problem durumları ve çizimler öncelikle konusuna göre kodlanmış; sonra bu kodlar ortak noktalarına göre gruplandırılmıştır.

4. Olası Temaları Gözden Geçirmek (Dördüncü Aşama): Olası temalar oluşturulduktan sonra veri ögeleri; tüm veri seti ile ilişkili olarak döngüsel bir şekilde gözden geçirilmelidir (Byrne, 2022). Bu aşamada bazı kodlar ve veri ögelerinin araştırma soruları veya temalar ile uyumsuz olduğu ve revizyon gerektiği ortaya çıkabilir. BTTYÇŞ'den elde edilen problem durumları ve tasarımlardan oluşturulan temalar ışığında veriler gözden geçirilmiş; oluşturulan temalar ile uyumsuz olan kodlar için yeni temalar oluşturulmuştur.

5. Temayı Tanımlama ve Adlandırma (Beşinci Aşama): Bu aşamada, araştırmacı tematik çerçevenin ayrıntılı bir analizini sunmakla görevlidir. Her bir tema ve alt tema, hem veri seti hem de araştırma sorusuna/sorularına ilişkin olarak ifade edilmelidir. Bu kapsamda oluşturulan temalar araştırmanın konusu bağlamında isimlendirilmiş; bağlam dışında kalan kodlar ayrı bir tema altında birleştirilmiştir. Oluşturulan tema adlarında bağımsız bir saha uzmanın da görüşleri alınmıştır.

6. Raporun Oluşturulması (Altıncı Aşama): Bu aşamada veri analizleri tablolar şeklinde raporlaştırılmıştır.

BTTYÇŞ 'da her bir öğrenciden elde edilen verileri analiz etmek için her biri için tek tek Tablo 3.8 kullanılmıştır. Böylece her bir veri setinin önce genel hali ortaya konmuştur. Sonraki adımda öğrencilerin kendi belirledikleri problem durumları;

bu problem durumlarına yönelik ortaya koydukları tasarım çizimleri tümevarımsal tematik analiz ile yukarıda belirtilen 6 aşamada incelenmiştir.

Biyomimikriye yönelik çizim şablonu ile toplanan verilerin analizi üç basamak şeklinde ilerlemiştir. Birinci basamakta katılımcı öğrencilerin belirlediği problemin düzeyi irdelenerek katılımcıların problem belirleme, problem çözme konusundaki becerileri incelenmiştir. İkinci aşamada öğrencilerin taklit etmek için seçtikleri canlılar ile ilgili taklit edilen özellikler dış görünüş (Biçimsel), yapı, işlev veya sistem taklidi gibi boyutlarda irdelenmiştir. Bu boyutlar belirlenirken öğrencilerin çizimleri incelenmiş; Coştu ve Çoban'ın (2021) benzer konuda yürüttüğü araştırma; Boğa'nın (2013) doğadan esinlenen örnekleri kategorilendirdiği çalışma; Aydın (2023)'ın araştırmasında biyomimikrinin alt boyutlarına bakışı (yapı-işlev) incelenmiştir. Bunların yanında Ergül'ün (2023), analojik akıl yürütmede biyomimikrinin etkisine dair yaptığı çalışmada biyomimikrinin alt boyutlarını; yapı, işlev ve süreç taklidi şeklinde sınıflandırdığı tespit edilmiştir. Bu sınıflandırmada yapı/biçim taklidi; canlıların görünen dış yapılarına dair taklitleri içermektedir. İşlev taklidi; canlının işleyen bir görevini taklit etmeyi; süreç taklidi; canlının görünmeyen sahip olduğu yapı ile birlikte işleyen bir süreci (örn. Fotosentez süreci) taklit etmeyi içerir.

Tablo 3.8 Biyomimikriye yönelik çizim şablonu veri analiz kriterleri ve tablosu

Öğrenci:	**Ön test**	**Son test**
Problem Durumu		
Problem durumununçözümü için taklitedilen canlı		
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği		
Yapılan Taklidin Boyutu		
Prototip Çizimi		
Prototopin problemençözümüne uygunluğu ve uygulanabilirliği/Yarıyapılandırılmış görüşmede belirtilen hususlar		

Tüm bunlardan hareketle doğadan esinlenen çalışmalarda; tasarımın biyomimikrinin alt boyutlarını içerme kriterine göre biçimsel,yapısal, işlevsel, süreç/ sistem taklidi şeklinde dört boyutta incelenmesine karar verilmiştir. Buna göre tasarıma yansıtılan taklitlerin boyutları ile ilgili bir çerçeve çizilmiştir. Bu aşamada tümdengelimsel tematik analiz kullanılmıştır.

BTTYÇŞ'den ayrıca öğrencilerin tasarım fikirlerini yansıtan veriler toplanmıştır. Öğrenci çizimleri incelenerek bir problemin çözümüne yönelik ortaya koydukları tasarımların prototiplerini çizmeleri istenmiştir. Bu prototip çizimleri incelenerek çizimler içerdikleri ayrıntılara göre sınıflandırılmıştır.

3.7.1 Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT)

Öğrencilerin bir probleme bilimsel yaklaşma durumunu, problem durumu belirlemelerine yönelik gelişimini ortaya koymak için uygulanan PBÇBT; uygulama grubuna ön test ve son test olarak verilmiştir. Elde edilen veriler analiz edilirken öncelikle her öğrencinin aldığı puan belirlenmiştir. Bunun için problem çözme basamaklarının doğru sıralaması ile öğrencinin verdiği cevaplar karşılaştırılarak öğrenciye her doğru cevap için bir puan verilmiştir. Bu durumu gösteren bir örnek Tablo 3.9'da verilmiştir. Öğrencilerin her iki problem durumu için de verdikleri toplam puanlar hesaplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS İstatistiksel Programı kullanılarak analiz edilmiştir. İlişkili ölçümlere ait ortalama puanların birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini belirlemek, hangi testin kullanılacağına karar vermek için öncelikle verilerin normal dağılım gösterme durumu incelenmiştir.

Tablo 3.9 PBPÇBT Öğrenci yanıtlarının puanlanmasına yönelik örnek

Öğrenci	Doğru Sıralama	Öğrencinin Cevabı	Doğru Sıralanan Basamaklar	Alınan Puan
Ö8	A,C,B,G,F,D,E	C,A,B,G,D,F,E	B,G,E	3

Elde edilen veriler eğer normal dağılıyorsa parametrik testler, normal dağılmıyor ise parametrik olmayan testler uygundur. Tek gruplu zayıf deneysel bir desen içeren verilerin normal dağılımını incelemek için örneklem büyüklüğü 35'ten büyük olduğunda Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi (McKillup, 2012), 35 veya daha küçük olduğunda ise Shapiro-Wilk testi kullanılabilir (Shapiro ve Wilk, alıntı Ghasemi ve Zahediasl, 2012). Bu çalışmada, örneklemin 35'ten küçük olması nedeniyle normal dağılımın incelenmesi için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Shapiro Wilk testi sonuçlarına göre puan dağılımının normal dağılımı sağlamadığı ($p<0,05$) sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı veriler analiz edilirken non- parametrik testlerden, ilişkili ölçümler için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Wilcoxon işaretli sıralar testi İlişkili iki ölçüm grubuna ait puanlar arasındaki farkın manidarlığını test etmede kullanılır. Bağımlı örneklemler t testinin parametrik olmayan karşılığıdır (Büyüköztürk vd., 2008).

Araştırmanın yol haritası, yöntemi netleştirildikten sonra veriler toplanmış; elde edilen veriler belirtilen yöntemlerle analiz edilmiştir. Araştırma sorularına ait veri süreci bulgular bölümünde ayrıntıları ile verilmiştir.

,

4
BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde veri toplama araçlarından elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Araştırma sürecinde eylem araştırması iki döngü şeklinde iç içe ilerlemiştir. Birinci döngüde uygulanacak etkinlikler geliştirilmiştir, bu sürece ait aşamalara yöntem bölümünde yer verilmiştir. İkinci döngüde uygulama sürecinin öncesinde ve sonrasında veri toplama araçları yardımıyla veriler toplanmıştır. Bu bölümde toplanan veriler ve verilerin ayrıntılı analizi yer almaktadır.

4.1 Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerilerine İlişkin Bulgular

Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerisine etkisini ortaya koymak için uygulanan ölçme araçlarından biri "Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu (BTTYÇŞ)" dur. Bu ölçme aracından elde edilen bulgular tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Verileri analiz etmek için oluşturulan analiz şablonu her öğrenciden elde edilen ön test ve son test verileri için kullanılmış; verilerden özet tabloları oluşturulmuş; öğrencilerin belirledikleri problem durumlarındaki değişim incelenmiştir. Derinlemesine bir analiz için ve veri kaybının önüne geçmek için süreç yarı yapılandırılmış görüşmeler ile desteklenmiştir.

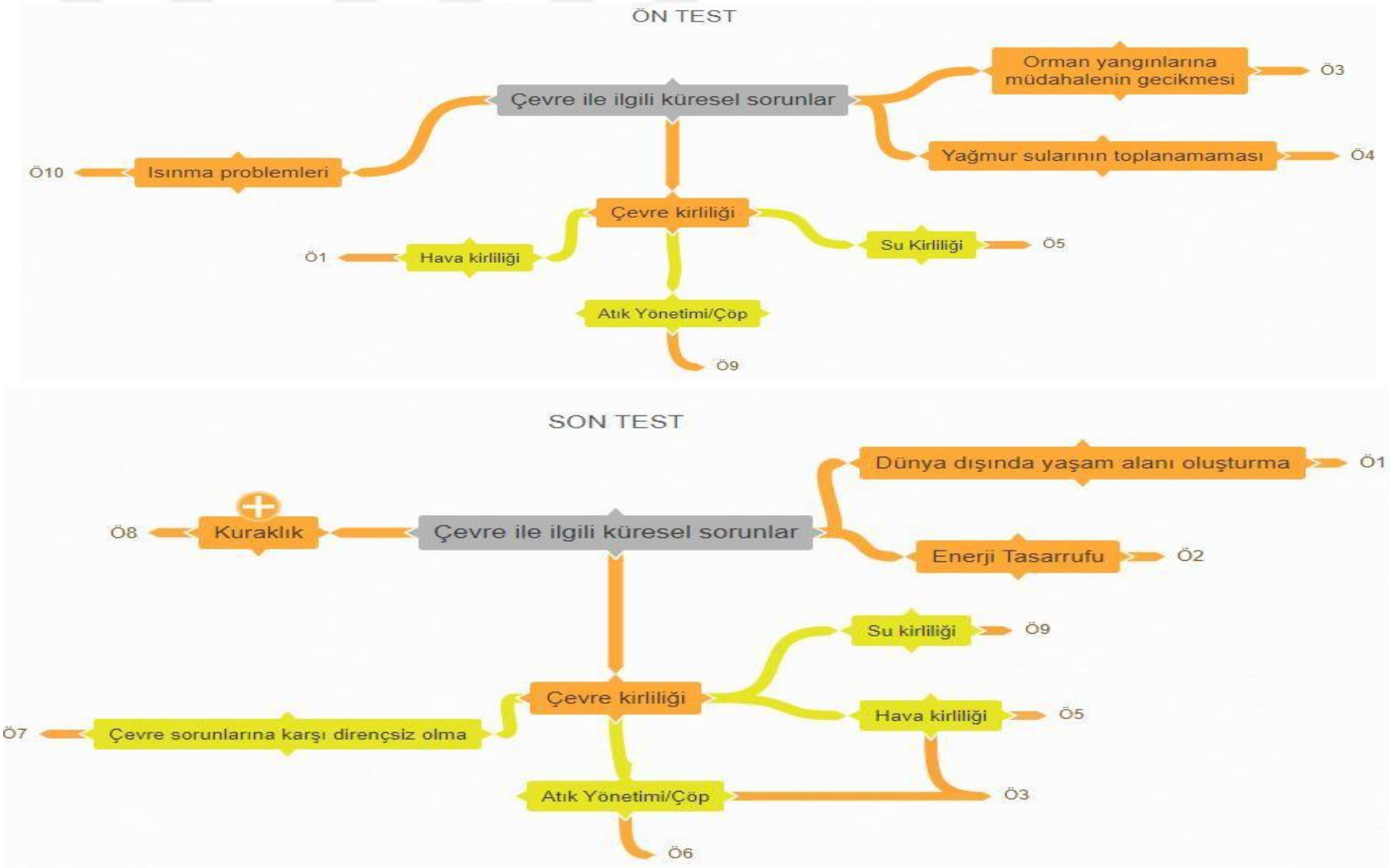
BTTYÇŞ'de öğrencilerden bir problem durumu belirlemeleri istenmektedir. Belirlenen bu problemler kodlanırken; ön test ve son test veri setleri kendi içerisinde incelenmiştir. Temaların yapı taşı olacak kodlar oluşturulmuştur. Buna göre ön testte öğrencilerin belirledikleri problemler "Hava kirliliği, su kirliliği, atık yönetimi/çöpler, orman yangınlarına müdahalenin gecikmesi, yağmur sularının verimli kullanılamaması, insanların ısınma problemi, vahşi hayvan saldırıları, birinin bizi takip etmesi/güvenlik problemleri, eşyalarımızın kalabalık ortamlarda güvende olmaması, sokak hayvanlarının ihtiyaçlarının karşılanmaması, aynı anda her şeyi tutamama durumumuz" şeklinde kodlanmıştır.

Tablo 4.1 Öğrencilerin odaklandığı problem durumuna ait bulgular

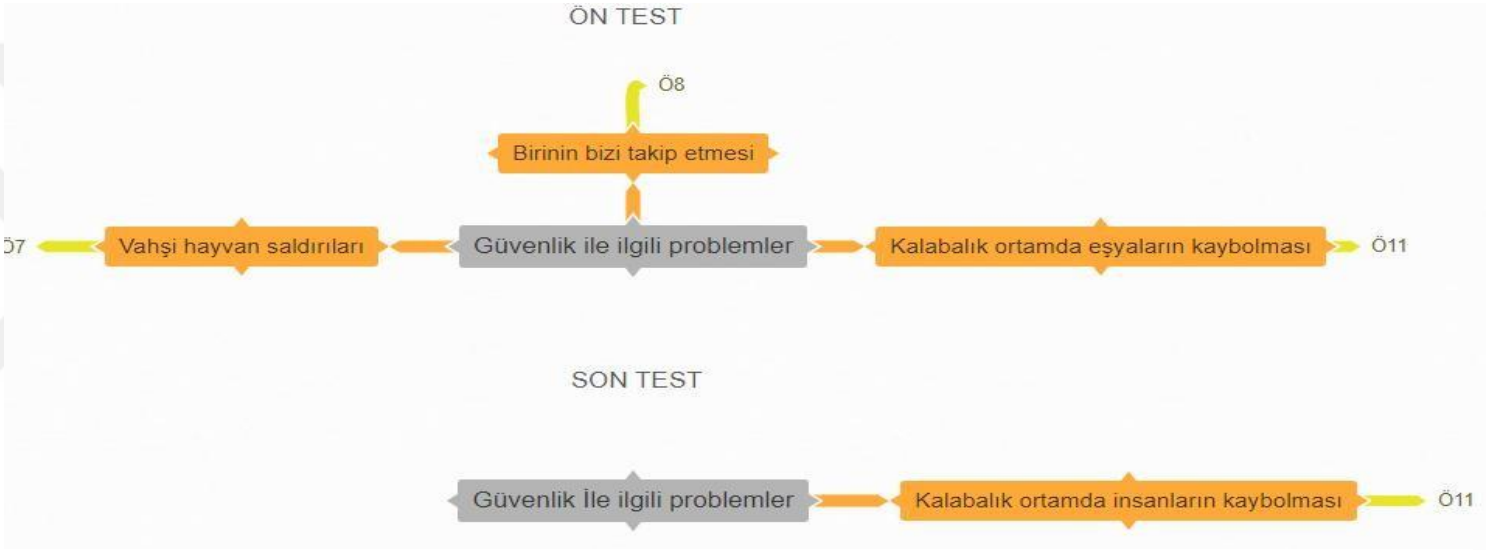
Problemin Teması	**Ön Test**		**Son Test**	
	Kod	**Öğrenci**	**Kod**	**Öğrenci**
Çevre ile ilgili problemler	Hava Kirliliği	Ö1	Hava Kirliliği	Ö5, Ö3
	Su kirliliği	Ö5	Su kirliliği	Ö9
	Atık Yönetimi/Çöpler	Ö9	Atık Yönetimi/Çöpler	Ö6, Ö3
			Canlıların çevre kirliliğine karşı dayanıksız olması	Ö7
	Orman yangınlarına müdahalenin gecikmesi	Ö3	Dünya dışında bir yerde uzun yaşam sürmek, dünya dışı yaşam arayışları	Ö1
	Yağmur sularının verimli kullanılamaması	Ö4	Kuraklık	Ö8
	Isınma problemi	Ö10	Enerji Tasarrufu	Ö2

Tablo 4.1 Öğrencilerin odaklandığı problem durumuna ait bulgular (devamı)

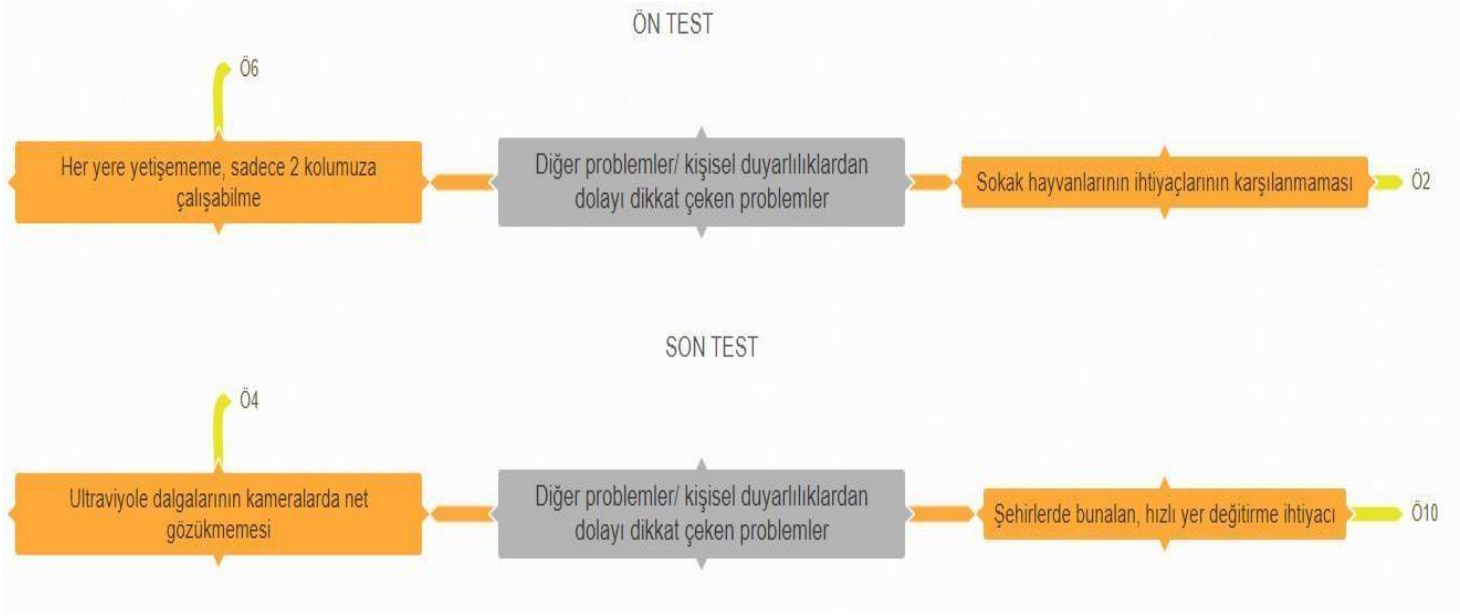
Problemin Teması	Ön Test		Son Test	
	Kod	**Öğrenci**	**Kod**	**Öğrenci**
Güvenlik ile ilgili problemler	Vahşi hayvan saldırıları	Ö7	Kalabalık ortamlarda arkadaşlarımızla birbirimizi kaybetme durumu	Ö11
	Birinin bizi takip etmesi/güvenlik problemleri	Ö8		
	Eşyalarımızın kalabalık ortamlarda güvende olmaması	Ö11		
Diğer problemler/ kişisel ilgiler	Sokak hayvanlarının ihtiyaçlarının karşılanmaması	Ö2	Ultraviyole sıcaklık kameralarının net sonuç alamaması	Ö4
	Her yere yetişememe durumu, her şeyi tutamama durumumuz	Ö6	Şehirlerde bunalan insanlar	Ö10



Şekil 4.1 Öğrencilerin çevre ile ilgili belirledikleri problem durumları ön test ve son teste ait bulgular



Şekil 4.2 Güvenlik ile ilgili problemler teması ön test-son test sonuçları



Şekil 4.3 Diğer/Kişisel duyarlılıktan ortaya çıkan ile ilgili problemler teması ön test- son test sonuçları

Uygulama süreci sonunda öğrencilerin son teste verdikleri cevaplarda odaklandıkları problem durumlarına ait kodlar " Hava Kirliliği, su kirliliği, atık yönetimi/ çöpler, canlıların çevre kirliliğine karşı dayanıksız olma durumu, dünya dışında bir yerde uzun yaşam sürmek dünya dışı yaşam arayışları, kuraklık , enerji tasarrufu, kalabalık ortamlarda arkadaşlarımızla birbirimizi kaybetme durumu, ultraviyole sıcaklık kameralarının net sonuç alamaması, şehirlerde bunalan insanlar" şeklinde belirlenmiştir. Bu kodlar oluşturulurken odaklanan problem durumunu en iyi yansıtan kodlar kullanılmasına özen gösterilmiş; sahada çalışan bir uzmandan bu konuda destek alınmıştır. Problem durumlarını yansıtan kodlar incelendikten sonra onları kapsayan ana şemsiye görevi görecek temalar oluşturulmuştur. Kodlar arasındaki benzerlik ve ortaklıklar temalar oluşturulurken göz önüne alınmıştır. Buna göre "Çevre ile ilgili küresel sorunlar, Güvenlik ile ilgili problemler, diğer problemler/ kişisel duyarlılıklardan dolayı dikkat çeken problemler" şeklinde üç temel tema oluşturulmuştur. Ayrıca "Çevre ile ilgili küresel sorunlar" temasının altında yer alan " hava kirliliği, su kirliliği, atık yönetimi/çöp" kodları da " Çevre kirliliği" alt teması altında birleştirilmiştir.

Problem durumlarına yönelik kodlar incelendiğinde; bazı problem durumları hava kirliliği, su kirliliği..vb hem ön testte hem son testte öğrencilerin odağında olmuştur. Başlangıçta sadece Ö1 hava kirliliğine odaklanmışken; uygulama sonrasında Ö3, Ö5 bu problem üzerine çalışmıştır. Benzer şekilde çevre kirliliği ve bunun canlılar üzerine olan etkisi başlangıçta Ö9'un dikkatini çeken bir problemken son durumda Ö6, Ö7'nin dikkati bu noktaya yoğunlaşmıştır. Ayrıca ön testte "Vahşi hayvan saldırıları ,birinin bizi takip etmesi/güvenlik problemleri, eşyalarımızın kalabalık ortamlarda güvende olmaması" gibi güvenlik ile ilgili problemler "Ö7, Ö8 , Ö11" tarafından ortaya konmuşken son testte sadece " Ö11" benzer bir probleme odaklanmış; Ö7 ve Ö8'in çalıştıkları alan yerini kuraklık ve çevre ile ilgili problemlere bırakmıştır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de bu karşılaştırmalar yer almaktadır. Ö11'in her iki durumda odağının aynı kalması dikkat çekmektedir. Her iki durumda da bazı öğrencilerin (ön testte Ö2, Ö6; son testte Ö4, Ö10) kendi kişisel ilgi ve duyarlılıklarından kaynaklanan problem durumlarına odaklandığı görülmektedir. Bununla birlikte ön test ve son test

karşılaştırıldığında uygulamadan sonra bazı problem durumlarına daha geniş bir perspektiften bakış söz konusudur. Örneğin başlangıçta "Yağmur sularının verimli kullanılamaması"; bunun sebep olduğu su kaynaklarının verimli kullanılamaması bir problem olarak ortaya çıkmışken; son testte bu durum yerini daha geniş bir problem olan " kuraklık"'a bırakmıştır. Benzer şekilde ön testteki "Isınma Problemi" yerini " Enerji Tasarrufuna" bırakmıştır.

Elde edilen veriler temalar üzerinden karşılaştırıldığında öğrencilerin ön ve son testte ağırlıklı olarak çevre ile ilgili küresel sorunlar temasında odaklandıkları görülmektedir. Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö9 ve Ö10'un ön testte bu tema altında hava kirliliği, su kirliliği çevre kirliliği, orman yangınlarına müdahalenin gecikmesi, yağmur sularının kullanılamaması, insanların ısınma problemine odaklandıkları görülmüştür. Son testte bu tema altında benzer odak noktaları yer almaktadır. Ö1, Ö2 ,Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8 ve Ö9'nin bu tema altındaki problemleri gündemlerine almışlardır. Ayrıca hava kirliliği, atık yönetimi/çöpler gibi alanlara odaklanan öğrenci sayısında ve çevre kirliliği ana temasının altındaki problemlerin çeşitliliğinde artış gözlemlenmiştir. Şekil 4.1'de buna dair veriler karşılaştırılmıştır.

Her iki durumda bazı öğrenciler kendi alanları ile ilgili problemlere odaklanmıştır. Şekil 4.2'de görüldüğü gibi başlangıçta Ö2 ve Ö6; son durumda Ö4 ve Ö10 bu kapsamda çalışan öğrencilerdir. Ö1, Ö3, Ö5,Ö9 ön testte de son testte de çalışmak için küresel çevre problemlerini seçmiş; seçtikleri problem kodları değişmiştir. Ö11 her iki durumda güvenlik problemleri üzerinde çalışmayı tercih etmiş; diğer öğrenciler son testte çalıştıkları problem durumunu tamamen değiştirmiştir.

Özel yetenekli öğrencilere uygulanan biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerisi üzerindeki etkisine dair uygulanan bir diğer veri toplama aracı Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testidir (PBPÇBT). Bu test ayrıca, öğrencilerin bir çevre sorunuyla karşılaştıklarında takip etmeleri gereken adımları, bilimsel süreç becerilerini ve gerekli davranışları belirlemeyi amaçlamaktadır (Erdoğan, 2009). Öğrencilerin bu testten aldığı puanlar belirlenirken Haydari (2021)'nin puanlama siteminden istifade edilmiştir. Testin birinci bölümünde öğrencilerin verilen problemin çözümüne yönelik izlenecek adımları sıralaması beklenmektedir.

Doğru sıralama ile öğrencinin verdiği cevapları karşılaştırılarak doğru belirlenen her adım için 1 puan verilmiştir. Bu puanların nasıl oluşturulduğuna dair ayrıntılar eklerde sunulmuştur.

Öğrencilerin aldıkları ön test ve son test puanlarının arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya koymak için öncelikle verilerin normal dağılım gösterme durumu ortaya konmuştur. Örneklem grubun küçük olmasından dolayı (n=11) Shapiro Wilk testi sonuçları değerlendirme yapmak için kullanılmıştır.

Tablo 4.2 PBPÇT ön test-son test sonuçları

	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11
Ön Test	6	0	10	10	6	10	10	6	10	2	5
Son Test	14	6	10	14	10	14	8	14	10	10	10

Tablo 4.3 Normal dağılım testi

Normallik Testi						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	İstatiksel Değer	df	p	İstatiksel Değer	df	p
Ön Test	,270	11	,024	,834	11	,026
Son Test	,266	11	,028	,843	11	,035

Tablo 4.4 Verilere ait betimsel istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Sapma
Ön Test	11	0	10	6,82	3,545
Son Test	11	6	14	10,91	2,737

Öğrencilerin ön test ve son test puanları belirlendikten sonra SPSS veri analiz programı yardımıyla minimum, maksimum değerleri ve standart sapmalar hesaplanmıştır. Buna göre ön testten alınan puanların ortalaması 6,82 iken; son testte ortalama değer 10,91'dir.

Tablo 4.5 Problem belirleme ve problem çözme becerilerine ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

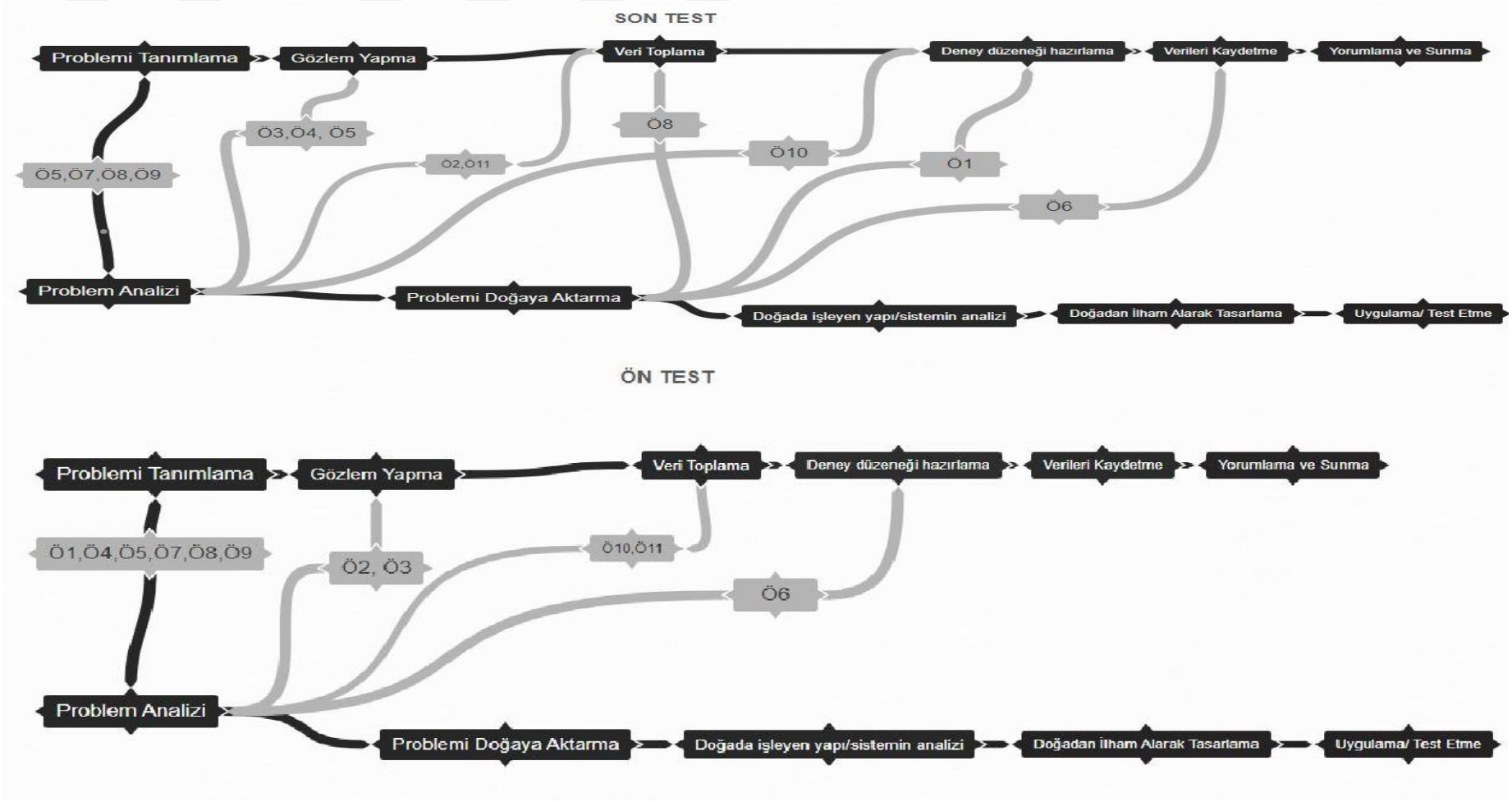
Son test-öntest	**N**	**P**	**z**
Negatif sıra	**1**	,010	2,565
Pozitif sıra	**8**		
Eşit	**2**		
Toplam	**11**		

Öğrencilerin ön testte ve son testte problem belirleme ve problem çözme becerilerinin anlamlı düzeyde farklılık gösterip göstermediği Tablo 4.5'de verilen Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları ile ortaya konmuştur. Yapılan analize göre; öğrencilerin problem çözme becerilerinin başlangıç ve son durumu arasında anlamlı düzeyde bir fark olduğu tespit edilmiştir ($z = 2{,}565$, $p = 0{,}010 < .05$). Bu durumda uygulanan etkinliklerin öğrencilerin problem çözme becerileri üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Uygulanan PBPÇBT ‘nin 2.bölümünde bir gölde balık ölümleri ve bir bölgedeki toprak kirliliğine dair verilen problem durumlarına karşı öğrencilere çözüm için neler yapabilecekleri; çözüm için nasıl bir yol izleyebilecekleri sorulmuştur. Öğrencilerin verdikleri cevaplar; probleme yönelik planlamalarında izledikleri yollar; içerdikleri bileşenler açısından incelenmiş, sonuçlar tablo haline getirilmiştir. Söz konusu tablolar eklerde sunulmuştur.

Öğrencilerin problem çözümüne yönelik izledikleri yollar “Probleme Yönelik Planlama, Çözüm Önerisi, Planlamada-Çözüm Önerisinde Bilimsel Yöntemi Kullanma, Planlamada-Çözüm Önerisinde Biyomimikri Temelli Adımları İçerme” gibi temalar altında incelenmiştir. Bu temalar oluşturulurken tümevarımsal tematik analiz kullanılmıştır. Bu analizde kullanılan temalar, problem çözme sürecinde bilimsel basamakların kullanımını içeren “problemi tanımlama, gözlem yapma, veri toplama, deney düzeni hazırlama ve gerçekleştirme, verileri kaydetme, yorumlama ve sunma” basamakaları ve biyomimikri temelli yaklaşımın basamakları olan “ problem analizi, problemin doğaya aktarımı, doğada işleyen sistem/yapı veya fonksiyonun analiz edilmesi, doğadan ilham alarak tasarlama, uygulama ve test etme” şeklindedir. PBPÇT’nin 2. aşamasında öğrencilerden verilen problem durumlarını çözmek için nasıl bir planlama yapabilecekleri sorulmuş; süreçte izleyecekleri yol ile ilgili herhangi bir yönlendirme yapılmamıştır. Öğrencilerin probleme bakış açılarında içerdikleri bilimsel yöntem basamakları ve biyomimikri temelli bakış açısında süreçte meydana gelen değişim Şekil 4.7’de özetlenmiştir. Buna göre başlangıçta öğrenciler problem çözüm planlarında ağırlıklı olarak problem tespit basamağında kalmış(Ö1,Ö4,Ö5,Ö7,Ö8,Ö9) sürecin başında problemi analiz edeceklerine dair bilgiler vermiştir. Ö2 ve Ö3 problem tespiti için gözlem yapmaya dair; Ö10 gözlemlerinden yola çıkarak veri toplamaya; Ö6 topladığı veriler ışığında durumu tespit etmek için deneyler yapacağına dair bilgiler vermiştir. Söz konusu tüm verilerde biyomimikri temelli bakış açısına dair tespit edilen durum; öğrencilerin problem analiz basamağı üzerine odaklanmasıdır. Bilimsel süreç basamaklarını da kapsayan biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin ardından aynı öğrencilerin verdiği cevaplar incelendiğinde üst basamaklara doğru bir eğilim ortaya çıkmaktadır. Ö1 ve Ö10’nun problem durumuna yönelik deney tasarlama basamağına kadar çıktığı; problem durumunu doğaya aktarma düşüncesinde

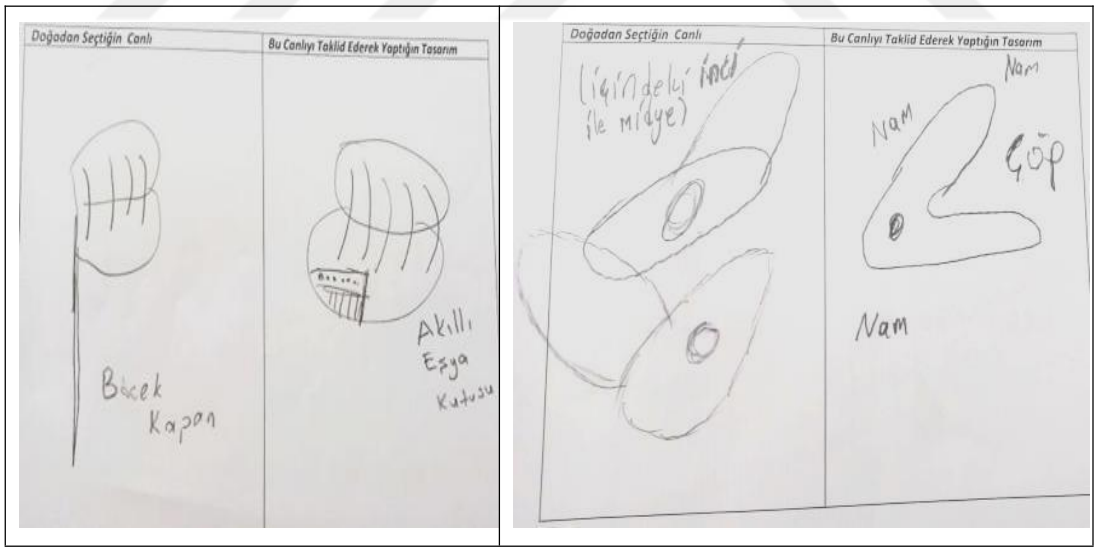
olduğu gözlemlenmektedir. Ö4 ve Ö5'in problem ile ilgili derinleşmek için gözlem yapmaya dair düşüncelerinin olduğu; Ö2'nin veri toplama basamağına kaydığı; Ö1, Ö6 ve Ö8'in problem durumunu doğaya aktardıkları; göl sisteminde suyu temizleyen bitkileri; toprak kirliliği konusunda benzer şekilde ağaçların rolünü ön plana çıkarmışlardır. Ancak probleme çözüm üretmede biyomimikrinin daha üst basamaklarına çıkamadıkları gözlemlenmiştir.



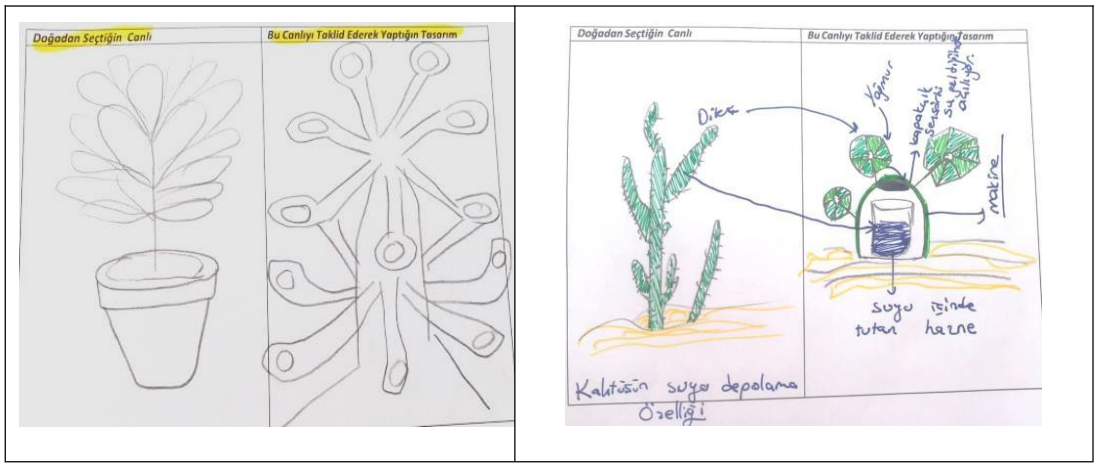
Şekil 4.4 PBPÇT elde edilen verilere göre öğrencilerin problem çözümü için önerilerinin düzeyi ön test-son test

4.2 Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarımlarında Biyomimikrinin Öğelerine Yer Verme Durumlarına İlişkin Bulgular

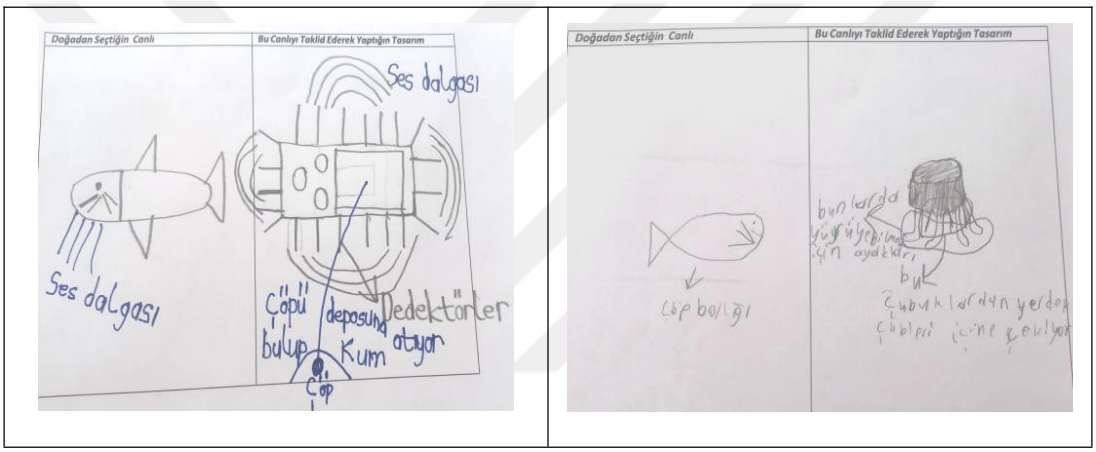
Biyomimikriye Yönelik Çizim Şablonunda, bir problem durumunun belirlenmesinin ardından öğrencilerin doğadan ilham alarak bu problem durumuna yönelik tasarım fikirlerini çizmeleri istenmiştir. Ortaya konan tasarım fikirlerinin biyomimikri ve biyomimikrinin alt boyutlarını içerme durumu tümdengelimsel tematik analiz ile incelenmiştir. Buna göre öğrencilerin tasarımları; sadece bir canlının dış görünüşü taklidini içeren ; bir canlının yapısını veya bir bölümünü taklit eden yapısal; bir canlının işlevini, görevini taklit eden işlevsel/süreç; işleyen bir sistemi yapı ve işlev ile birlikte bir sistemi taklit eden şeklinde 4 alt boyuta göre sınıflandırılarak Tablo 4.6 oluşturulmuştur. Bazı öğrencilerin çizimlerinde biyomimikrinin birden fazla alt boyutuna yer verdiği dikkat çekmektedir. Ayrıca öğrenci çizimlerini içeren örnekler Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de paylaşılmıştır.



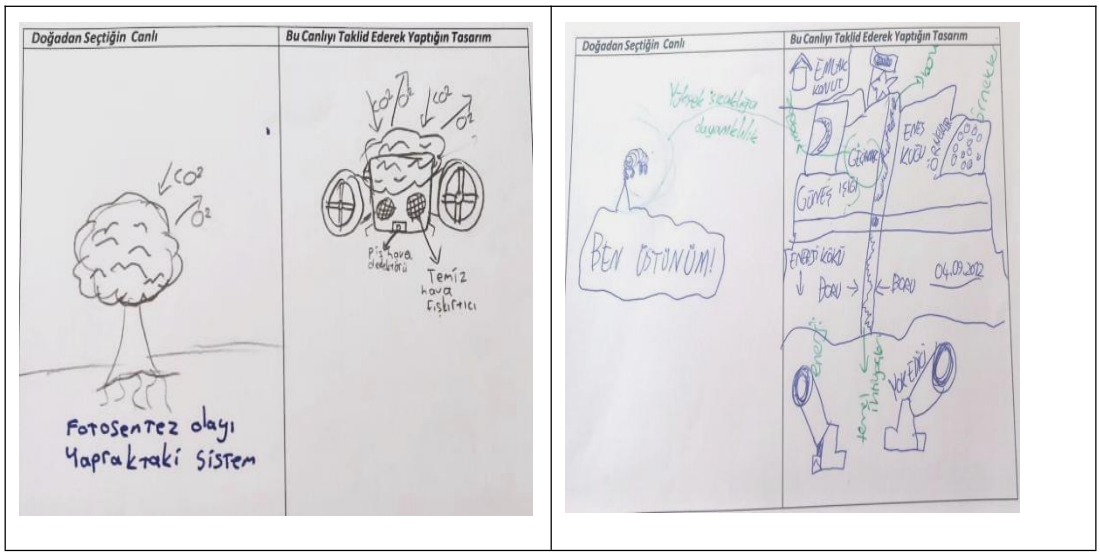
Şekil 4.5 Dış görünüş taklidi içeren çalışmalara örnekler



Şekil 4.6 Yapı taklidi içeren çalışmalara örnekler



Şekil 4.7 İşlev/süreç taklidi içeren çalışmalara örnekler



Şekil 4.8 Sistem taklidi içeren çalışmalara örnekler

Tablo 4.6 Yapılan taklitlerin biyomimikrinin alt boyutları ile ilgili bulgular

Tema	Ön Test	Toplam	Son Test	Toplam
Dış Görünüş Taklidi	Ö2, Ö3, Ö6,Ö9, Ö11	4	-	0
Yapısal Taklit	Ö 1, Ö5, Ö11, Ö4,	4	Ö8, Ö9, Ö10,Ö11	4
İşlevsel Taklit	Ö 7, Ö8, Ö10,Ö3,	4	Ö1, Ö2,Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8,Ö9,Ö10,Ö11	10
Sistemsel Taklit	-	**0**	Ö1, Ö3, Ö5	3

Tablo 4.6'daki veriler incelendiğinde, öğrencilerin tasarım fikirlerinde başlangıçta sadece dış görünüş taklidinin (Ö2, Ö3, Ö6, Ö9) ön planda olduğu görülmektedir. Bu öğrencilerin prototip çizimlerine bakıldığında; fillerin hortumu ve balinaların üfleme deliklerinden esinlenerek oluşturulan yangın söndürme hortumları; midyelerin suyu içerisindeki kirleticiler ile birlikte almasından ilhamla düşünülen su altı çöp toplama robotu; ahtapotun çoklu kollarından ilhamla çok kollu gömlek prototipi çizmişlerdir. Öğrenciler ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde farklı canlılardan esinlendikleri bu tasarım fikirlerinde; taklit ettikleri canlı veya yapıyı sadece biçimsel olarak ele aldıklarını; yapı-işlev veya süreç ile ilgili bir farkındalığa işaret eden bir noktaya dokunmadıkları görülmüştür. Uygulama sürecinin sonunda hiç bir çalışmanın sadece dış yapı taklit içermediği tespit edilmiştir.

Sürecin başında Ö1, Ö5, Ö11 öğrencileri kuşların tüylerinden hava filtresi; kedilerin kuyruklarının esnek görünüşünden ilham alınan, etrafa esneyen borular ile mama bırakan mama kabı; böcek kapan bitkisinden ilhamla oluşturulan eşya kutusu, deniz canlıların suyun içerisinde rahat hareket eden ve suyu yutan yapısı

taklit edilmiştir. Bu tasarımlarda öğrencilerin canlı sistemlerin ilgili yapısının farkında olduğu ve tasarımlarında bu yapıların avantaj sağlayan yönlerine yer verdiği yapılan görüşmelerde ön plana çıkmıştır. Biyomimikri temelli uygulamalardan sonra bu farkındalığı taşıyan Ö4 Ö8, Ö9, Ö10, Ö11 ; yaprakların hidrofobik yapısından ilhamla yağmur sularının hızlı bir şekilde akışını sağlayarak depo eden bir sistem; kaktüslerin temas yüzeyini azaltan dikenli yapısı ve su depolayan yapısından esinlenerek su toplayan ve depolayan bir depo; çöpçü balıklarının ses dalgalarına duyarlı, besin bulmasına yardımcı olan bıyıklarından ilhamla insansız su altı robotu; kuş kanatları ve balıkların sürtünme kuvvetini azaltan yapısından ilhamla ulaşım araçları; ateş böceklerinin yaydıkları ışık ile iletişim kurma özelliğinden ve ışık yayan yapısından esinlenerek oluşturulan iletişim çipleri tasarlamak istediklerini belirtmiş; çizimlerini bu doğrultuda yapmıştır. Ön test ve son test sonuçları karşılaştırıldığında son testte daha fazla sayıda öğrenci yapısal taklitten faydalanmıştır.

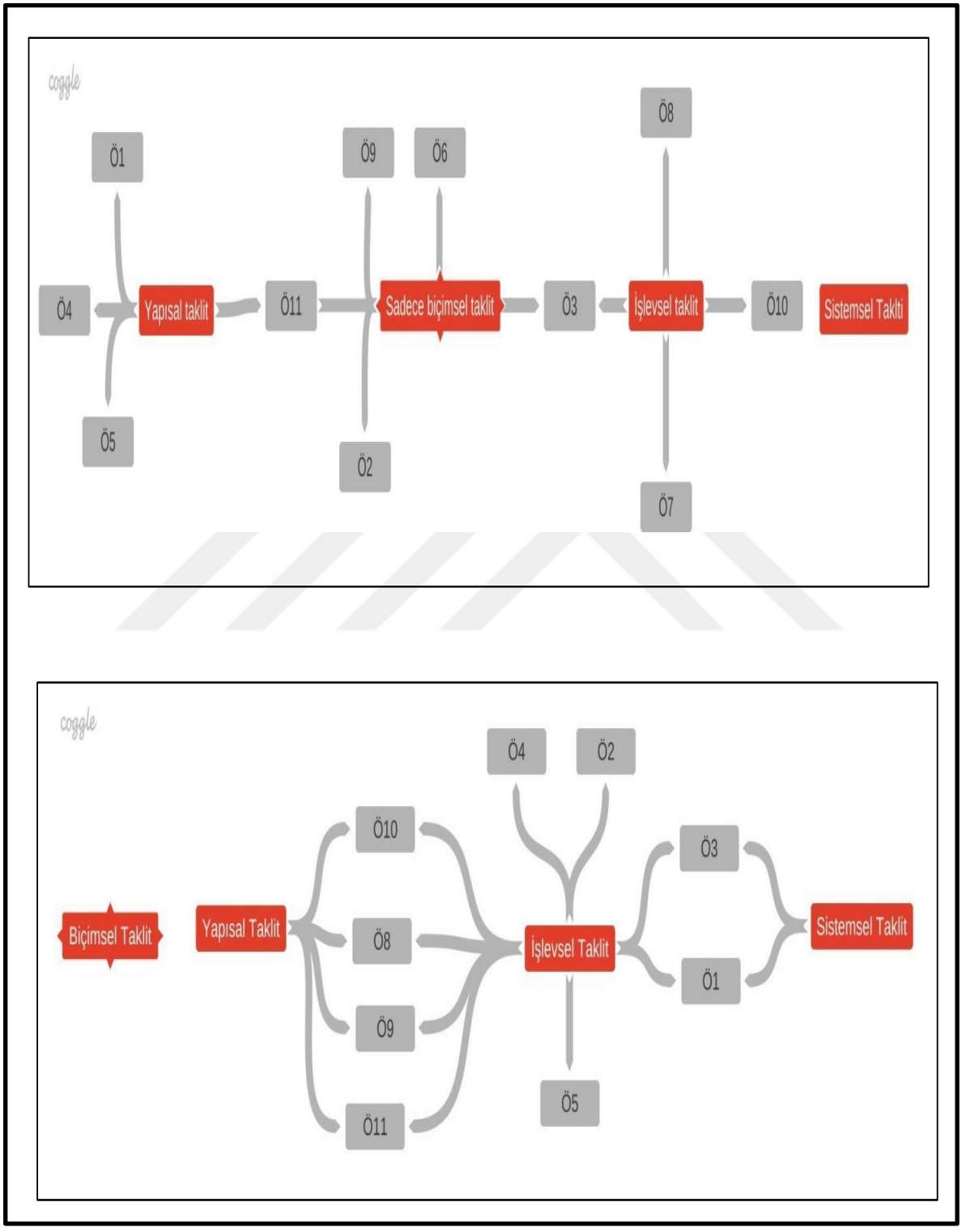
Biçimsel ve yapısal taklidin yanında öğrenciler ön testte işlevsel taklide de yer vermiştir. Ö 7, Ö8, Ö10; avcılarından kaçmak için hızlı koşan canlıların (aslandan kaçan ceylan) bacak kaslarından ilhamla hızlı koşmayı sağlayan pantolon; tavşanların başını 3600 dönme özelliğinden yararlanarak arka kısmında yer alan kameralarla başımızı arkaya çevirmeden arkamızı görmemizi sağlayan gözlükler; penguenler birbirine yakın durarak ısınma durumunu kullanarak butona basıldığında açılan yastık benzeri yapılarla ısınmayı sağlayan kıyafet tasarlamayı düşünmektedir. Öğrenciler bu tasarımlarda doğadaki canlı yapı veya sistemlerin çözüme götüren işlevine odaklanmışlardır. Uygulama sürecinin sonunda Ö1, Ö2,Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8,Ö9,Ö10 ve Ö11'in tasarım fikirlerinde benzer bir bakış açısı görülmektedir.

Tardigradların sıcaklık ve basınca dayanıklı olma özelliği ilham alınarak yüksek sıcaklık ve basınçta denge sağlayan bir yaşam sistemi; kuşların soğuk havada tüylerini kabartarak ısınmasından ilhamla binaların dış cephesinde ortamın sıcaklığına bağlı olarak devreye giren bir tabaka yerleştirilmesi ve ısı yalıtım sağlanması; ağaçlardan ilhamla havayı fotosentez benzeri bir süreçle temizleyen ve kökleri ile çöp toplayıp paketleyen bir robot; yılanların kafa deliklerinde ultraviyole dalgaları yakalayabilen 3 boyutlu kameralar; çöp balığının bıyıklarından ilhamla çöp toplayan bir sistem; targdigradlarda yer alan "Dsup"

isimli protein ile sıcaklık-basınca dayanıklı konserve, ilaç, gıdaların dayanıklılığını artıracak özel kaplar; kaktüslerin su depolama özelliğinden yola çıkarak tasarlanan su deposu; kuş kanatları ve balıkların suda rahat hareket etmesini sağlayan yapılarından ilhamla araç; ateş böceklerinin ışık ile iletişimini sağlayan yapılardan ilhamla iletişimi sağlayan çipler öğrencilerin işlevsel taklit ile ortaya koydukları tasarımlardır.

Elde edilen bulgularda göze çarpan bir diğer durum da ön testte bir sistemin taklidini içeren tasarım örnekleri yokken son testte Ö1, Ö3, Ö5; sıcaklık ve basınca dayanıklı, dünya dışındaki gezegenlerde yaşam olanağı sağlayan bir yaşam sistemi; havada kirliliğe sebep olan ögeleri fotosentez benzeri bir süreçle dönüştüren, kök benzeri bir yapıyla çöpleri temizleyen bir sistem önerisinde bulunmuşlardır. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin tasarımlarında sürecin başından sadece dış yapı taklidi,biçimsel taklit (Ö2, Ö3, Ö6, Ö9) ve yapısal taklit (Ö1, Ö5, Ö11, Ö4) ön plandayken uygulama sürecinin sonunda işlevsel taklit (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11), yapısal taklit (Ö8, Ö9, Ö10, Ö11) ve sistemsel taklite (Ö1, Ö3, Ö5) doğru bir eğilim gösterdikleri belirlenmiştir. Ayrıca bazı öğrenci çizimlerinin biyomimikrinin farklı alt boyutları aynı anda içerdiği görülmektedir. Şekil 4.5'de ön testte Ö11 kurguladığı tasarımda böcek kapan bitkisinin dış görünüşünün yanında, ani bir basınç değişimi durumunda kapanmasını sağlayan yapısını da taklit etmiştir. Ö3 ise filin hortumu ve balinanın üfleme deliklerini biçimsel olarak kullanmanın yanında her ikisinin suyu uzağa fırlatabilme işlevine de yer vererek orman yangınlarında kullanabileceği hortum yapmayı düşünmüştür. Başlangıçta öğrencilerin taklitleri ve aldıkları ilhamlar; ağırlıklı olarak şekilsel ve yapı ile ilgilidir ve sistem boyutunda yapılan taklit hiç bir tasarıma entegre edilmemiştir. Son testteki durum mercek altına alındığında Ö8, Ö9,Ö10, Ö11 esinlendikleri yapıları işlevleri ile birlikte bir arada kullanmıştır. Ö1 ve Ö3 ise işlevin yanında çalışan bir sistemi çözüm önerilerine entegre etmiştir. Ortaya çıkan tabloda son durumda öğrencilerin biyomimikrinin yapı,işlev ve sistem boyutunda kullanmaya başlamıştır.

Şekil 4.9 BYÇŞ ön testte ve son testte biyomimikrinin farklı alt boyutlarını kullanan öğrencilerin gösterimi



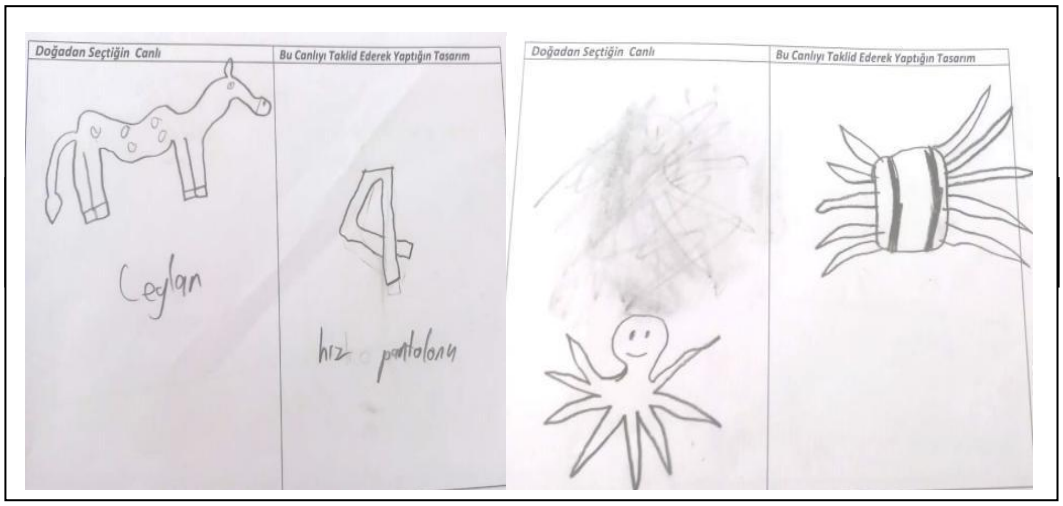
4.3 Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarım Becerilerine İlişkin Bulgular

Çizim şablonundaki tasarımlar; biyomimikrinin alt boyutlarını içerme özelliklerinin yanında; içerdiği detayların seviyesine göre de irdelenmiştir. Çizim yönteminin kullanıldığı benzer çalışmalarda olduğu gibi detay içerme durumu derecelendirilmiştir (Harman, 2012; Namdar, Akbayrak, 2019). Buna göre çizimler; "Hiç bir ayrıntı içermeyen prototip tasarımları", "Sadece yapı olarak ilham alan canlıya benzetilen prototip tasarımları", "Yapı ve İşlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip tasarımları", "Yapı-işlev-çalışma sürecinin bir arada düşünüldüğü prototip tasarımları" olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.7 Biyomimikriye yönelik çizim şablonunda belirtilen tasarımlara yönelikelde edilen bulgular

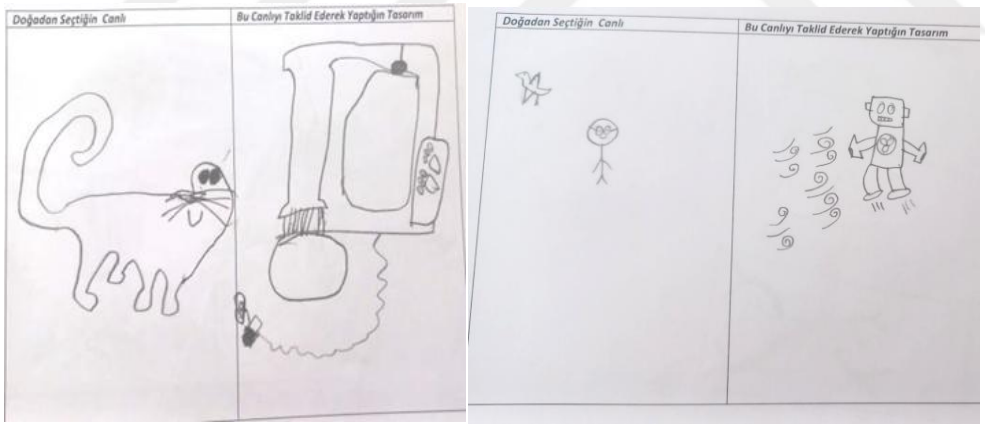
Tasarımın Ayrıntı İçerme Düzeyi (Tema)	**Ön Test**	**Son Test**
Hiç bir ayrıntı içermeyen prototip tasarımları	Ö3,Ö5,Ö7	-
Sadece yapı olarak ilham alan canlıya benzetilen prototip tasarımları	Ö1, Ö4,Ö6,Ö9,Ö 11	Ö4,Ö7,Ö 10
Yapı ve İşlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip tasarımları	Ö2,Ö8,Ö10	Ö2,Ö5, Ö6,Ö9, Ö11
Yapı-işlev-çalışma sürecinin bir arada düşünüldüğü prototip tasarımları	-	Ö1,Ö3,Ö 8,

Tablo 4.7'deki bulgulara göre, Ö3, Ö5 ve Ö7 başlangıçta tasarımlarıyla ilgili ayrıntılı bilgiye yer vermemiştir. Uygulama sürecinin sonunda ise, tasarımlarıyla ilgili ayrıntılı düşünmeyen öğrenci kalmamış; her biri farklı derecelerde ayrıntılara dikkat etmiştir. Başlangıçta öğrencilerin çoğu (Ö1, Ö4, Ö6, Ö9, Ö11) sadece yapı olarak ilham aldıkları canlıya benzeyen tasarım çizimleri yaparken, sürecin sonunda çoğunluk (Ö2, Ö5, Ö6, Ö9, Ö11, Ö1, Ö3, Ö8) yapı ve işlevin

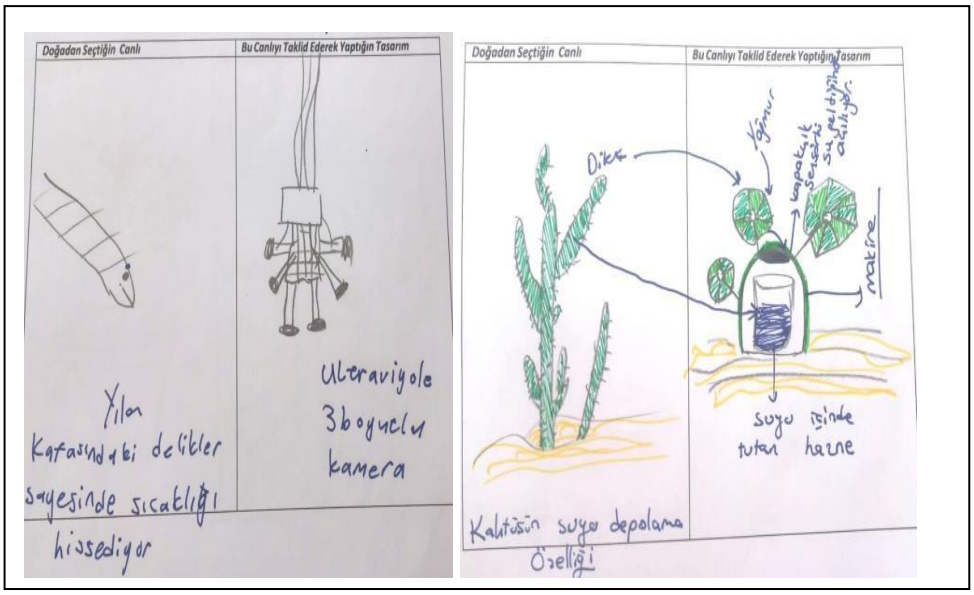


Şekil 4.10 Hiçbir ayrıntı içermeyen prototip çizimlerine örnekler

beraber detaylandırıldığı ve yapı-işlev- çalışma sürecinin birlikte yer aldığı prototip çizimlere yönelmiştir. Öğrencilerin çizimlerine ait örnekler Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13'te verilmiştir.

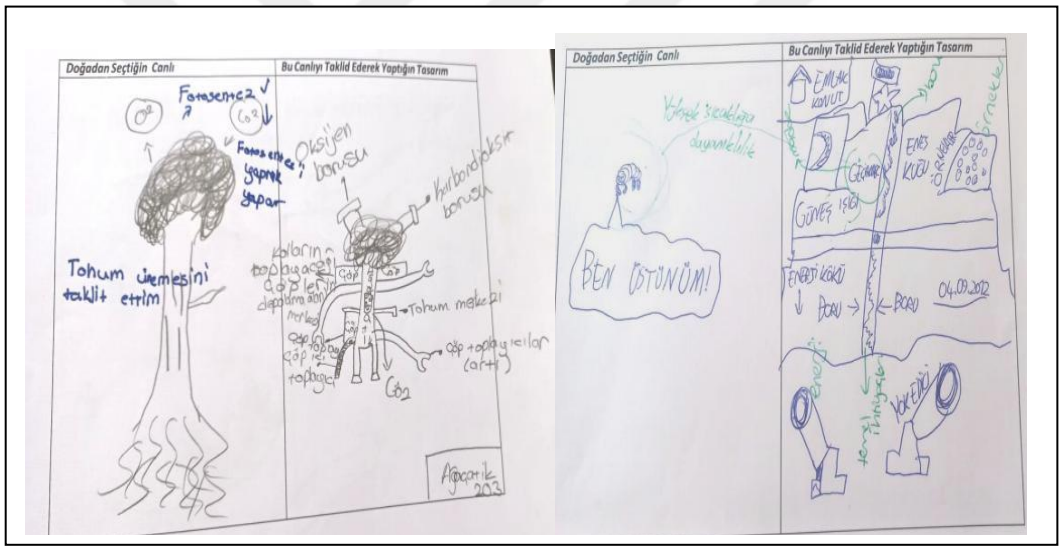


Şekil 4.11 Sadece yapı olarak ilham alan canlıya benzetilen prototip çizimlerine örnekler



Şekil 4.12 Yapı ve işlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip tasarımları

Elde edilen bulgular alan yazını ışığında tartışılmış; araştırma sorularına dair



Şekil 4.13 Yapı ve işlevin beraber düşünüldüğü ayrıntılı prototip çizimlerine örnekler

sonuçlar elde edilmiştir. Çıkarılan bu sonuçlar bir sonraki bölümde yer almaktadır.

5
SONUÇ

Araştırma sürecinin bu bölümünde elde edilen bulgular; sınırlılıklar göz önünde bulundurularak literatür ışığında değerlendirilmiştir. Bölümün sonunda araştırma sonucunda ortaya çıkan önerilere yer verilmiştir. Bölüme ait alt başlıklar araştırma sorularına paralel olarak belirtilmiştir

5.1 Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerisine Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma

Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin tasarım becerisinde; biyomimikriye yönelik algılarında; problem çözme becerilerinde zaman içerisinde nasıl bir değişiklik meydana getirdiğini ortaya koymak amacıyla uygulanan ölçme araçlarından biri "Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu"'dur. Bu şablonda öğrenciler kendileri bir problem durumu belirlemiş; onlardan doğada bu problem durumu ile karşılaşan canlıların benzer problemlere nasıl çözümler ürettiklerini düşünmeleri/ sorgulamaları istenmiş; bu çözümlerden aldıkları ilham ile kendi tasarlamalarını kurgulamaları istenmiştir. Bu bağlamda öğrencilerle çizimleri ve cevapları üzerine yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin problem belirleme durumları ile ilgili veriler tümevarımsal tematik analiz ile incelenmiştir.

Öğrencilerin ön testte " Hava kirliliği, su kirliliği ,atık yönetimi/çöpler, orman yangınlarına müdahalenin gecikmesi, yağmur sularının verimli kullanılamaması, insanların ısınma problemi" gibi çevre ile ilgili küresel problemler; "vahşi hayvan saldırıları, birinin bizi takip etmesi, eşyalarımızın kalabalık ortamlarda güvende olmaması" gibi güvenlik ile ilgili problemler; "Sokak hayvanlarının ihtiyaçlarının karşılanmaması, her yere yetişememe durumu" gibi kişisel duyarlılıklardan dolayı dikkat çeken problemler belirlemiştir. Henüz uygulama aşamasına geçmeden öğrencilerin odaklandıkları problemlerin bu şekilde çeşitlilik göstermesi; öğrencilerin büyük çoğunluğunun çevre problemlerine odaklanması özel yetenekli

öğrencilerin dünyada yaşanan problemlere karşı olan duyarlılıklarını ve çok yönlü bakış açısını, çevresel farkındalıklarını gösterir niteliktedir. Nitekim Karakaya vd. (2018) üstün yetenekli ortaokul öğrencileri ve akranları ile yürüttükleri araştırmada; üstün yetenekli öğrencilerin akranlarına göre çevreyi daha bütünsel; çevre sorunlarını da çok yönlü algıladıkları sonucuna ulaşmışlardır. Bir başka araştırmada Jung vd. (2012) özel yetenekli ilkokul öğrencilerinin dünya sistemleri ve dünya sorunlarına yönelik algılarını ortaya koymak için yürüttüğü çalışmada öğrencilerin hava kirliliği, küresel ısınma, su kirliliği, asit yağmurları, ormanların çölleşmesi problemlerini tehlikeli problemler olarak tanımladığını belirtilmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin çevre duyarlılıklarına ve küresel sorunlara karşı algılarına dair yapılan araştırmalarda bu öğrencilerin çevreye karşı olumlu tutum sergilediklerine dair (Sarıçam ve Şahin, 2015; Sontay vd., 2014; Bakar ve Aydınlı, 2012; Önal, 2020) benzer bir tablo ortaya çıkmaktadır. Bu öğrencilerin özellikleri göz önüne alındığında çevrelerindeki, dünyadaki küresel problem durumlarına (Piechowski, 1997) karşı daha duyarlı olduğu, empati yeteneklerinin, duygusal duyarlılıklarının yüksek olduğu yapılan araştırmalarla ve ilgili alan yazın ile de desteklenmektedir (Clark, 1992; Özbay ve Palancı, 2011).

Uygulanan etkinliklerden sonra yapılan son testte de öğrenciler yine benzer problemlere odaklanmıştır. Bununla beraber son testte hava kirliliği, atık yönetimi/çöpler problemlerine odaklanan öğrenci sayısında meydana gelen artış, öğrenci grubunun çevre konularına yönelik ilgisinin arttığına işaret olarak yorumlanabilir. Problem durumlarına yönelik oluşturulan temalardan " küresel çevre sorunları" temasının alt teması olan "çevre kirliliği"nin alt kodları ön testte " hava-su kirliliği, atık yönetimi" şeklinde iken son testte alt bileşenler daha çok dallanma göstermiş; bu alt boyutlara " çevre sorunlarına karşı dirençsiz olma" boyutu da eklenmiştir. Bu dallanma ve meydana gelen çeşitlilik grubun problemlere yaklaşımındaki değişime; daha ayrıntılı düşünmeye başlamasına bir örnek olarak sunulabilir. Ülbeği Ülker (2023) biyomimikri ve STEM odaklı uygulamaların ortaokul öğrencilerinin çevreye yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Buna paralel olarak ortaokul öğrencileri ile yapılan araştırmalarda STEM etkinlikliklerinin öğrencilerin çevresel duyarlılıklarını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Helvacı, 2019; Tadena ve Salic-Hairulla, 2021).

Son testte Ö3 odağına birbiriyle bağlantılı iki problemi alarak probleme bütüncül bir noktadan yaklaşmış; hava kirliliği ve atık yönetimini bir arada değerlendirmiştir. Benzer şekilde ön testte "yağmur sularının verimli kullanılamaması" problemi yerini " kuraklık" adıyla daha genel bir probleme bırakmıştır. Bu durumlar öğrencilerin bazı problem durumlarına daha geniş bir perspektiften ve bütüncül bakışlarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Özel yetenekli öğrencilerin ilgi alanları ile ilgili ayrıntılı düşünmesi, problemlere bütüncül bakış açısı geliştirmesi özel yetenekli bireylerin tanımında kullanılan temel kriterlerdendir (Demirel & Sak, 2011; Kaufman, 2009). Öğrencilerin belirledikleri problem durumlarında meydana gelen değişim, hedef kitlenin kendi bilişsel özelliklerinin ortaya çıkmasını sağlayan etkinlik ve eğitim ortamının uygulama sürecinde sağlanması ile açıklanabilir.

Elde edilen bulgularda dikkat çeken durumlardan biri Ö11'in her iki durumda güvenlik problemleri üzerinde çalışmayı tercih etmesidir. Ö11'in ilgilendiği konu odağında çalışmaya devam etmesi; özel yetenekli öğrencilerin alan yazınında kendi ilgi alanlarındaki konularda gösterdiği kararlılık ile açıklanabilir (Leana Taşçılar vd., 2014). Söz konusu öğrenci ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde öğrencinin bu probleme odaklanmasının altında yakın çevresinde yaşadığı bu probleme yönelik çözüm arayışından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ö1'in "Dünya dışında bir yerde uzun yaşam sürmek, dünya dışı yaşam arayışları"nı; Ö4'ün "Ultraviyole ışınlarının termal kameralarda istenen düzeyde net algılanmaması" problemini odağına alması özel yetenekli öğrencilerin esnek ve yaratıcı düşünme becerilerini göstermektedir ve bu özellikler Manning (2006) gibi araştırmacılar tarafından da ortaya konmuştur.

Ayrıca başlangıçta problem durumları için önerilen çözümler arasında bazı ütopik verilere rastlanmıştır. Örneğin Ö5 başlangıçta problem durumunun çözümü için deniz canlılarının sudaki kirleticileri yutmasını bir ilham kaynağı olarak belirtirken düşüncesini şu şekilde ifade etmiştir:" Deniz canlılarına benzer şekilde geliştirilen robotlar sudaki atıkları toplayarak paketler; bu çöpleri yeni robotlara dönüştürür; ortaya çıkan yeni yavru robotlar suyun daha hızlı temizlenmesini sağlar." Aynı öğrencinin PDÖ yaklaşımını içeren biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin uygulama sürecinden sonra önerdiği çözüm önerisi hava kirliliğine karşı bitkilerin fotosentez sürecini taklit eden bir mekanizma şeklinde olmuştur.

Bu değişim; öğrencilerin probleme dayalı öğrenme sürecinin sonunda problemleri daha gerçekçi ele almaları; problem çözme becerisine olan katkısı konusunda geçirdiği değişime örnek olarak gösterilebilir. Biyomimikri temelli uygulamalarının öğrencilerin problem çözme becerisine olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Bu sonucu destekler nitelikte araştırmalar bulunmaktadır. Nitekim Mejía-Villa ve çalışma arkadaşları (2023) yaratıcı problem çözme stratejilerini biyomimikriyle birleştiren yapılandırılmış bir öğretim metodolojisini üniversite öğrencilerine uyguladıkları araştırmalarında, bu metodolojinin öğrencilerin sürdürülebilir yaratıcı çözümler üretmelerini, ortaya koydukları ürünleri ve problem çözme becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuşlardır. Buna paralel olarak mühendislik eğitiminde yaratıcı çözüm ve ürün tasarımları ortaya koymak için biyomimimetik yaklaşımının kullanıldığı bilinmektedir (Eggermont, 2008). Biyomimikri yaklaşımının, öğrencilerin çevresel problemlere bakışında ve problem çözme becerisindeki olumlu etkilerinden dolayı Staples (2015) lise çevre eğitiminde müfredata biyomimikri entegrasyonunu önermektedir. Alan yazınından elde edilen bu bulgular, biyomimikri temelli etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde kullanım gerekçesini ve bu araştırmanın sonuçlarını pekiştirmektedir.

BTTYÇŞ'nin yanında PBPÇBT 'inden elde edilen veriler de öğrencilerin problem belirleme ve problem çözme becerisine olan katkısını göstermektedir. Öğrencilerin göldeki kuşların ölümü ve bir bölgedeki ağaçların kurumasına yönelik verilen problem durumlarını nasıl bir planlama ile çözebilecekleri sorulduğunda öğrencilerin başlangıçta ortaya koydukları çözüm önerilerinde problemin tespiti ile ilgili cevaplar ağırlıktadır (Ö1,Ö4,Ö5,Ö7,Ö8,Ö9). Sürecin sonunda problem analizine yönelik gözlem yapma, veri toplama, problemin çözümüne yönelik deney tasarlama, veri kaydetme gibi süreçler ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu veriler uygulanan etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme ve bilimsel süreç becerilerinin gelişimine sağladığı katkı ile açıklanabilir ve bu sonuç Yıldız'ın (2022) özel yetenekli 4. sınıf öğrencileri ile yürüttüğü STEM odaklı deneysel çalışma ile tutarlılık göstermektedir. İlgili çalışmada STEM etkinliklerinin değişkenleri belirleme, hipotez kurma, gözlem yapma ve tahmin etme becerilerini geliştirdiği ortaya konmuştur. PBPÇBT son testte Ö3 ve Ö5 'in problem çözme planlarında problem durumunun analizi için

gözlem yapma; Ö11 ve Ö8'in veri toplama, Ö1 ve Ö10'un deney yapma; Ö6'nın deney sonunda verileri kaydetme gibi basamaklara yer vermesi söz konusu araştırmanın sonuçlarını güçlendirmektedir. Biyomimikri yaklaşımı, doğanın yüzyıllardır devam eden sürdürülebilir düzenini ve problemlere getirdiği akılcı çözümleri anlamayı amaçlar. Yapılan araştırmalar, bu yaklaşımın da STEM yaklaşımına benzer şekilde bilimsel süreç becerileri ve bilimsel yaratıcılığın yardımıyla eğitim, günlük yaşam, teknoloji, mimari ve daha birçok alanda kullanılabileceğini göstermektedir (Yıldız, 2012; Gardner, 2012; Eryılmaz, 2015; Avcı, 2019).

PBPÇBT'den elde edilen bulgulara göre öğrencilerin ön test ve son test sonuçları arasında Wilcoxon işaretli sıralar testine göre anlamlı düzeyde bir fark olduğu tespit edilmiştir (z =2,565, p = 0,010< .05) Bu durumda uygulanan PDÖ, STEM ve biyomimikri odaklı etkinliklerin öğrencilerin problem çözme becerileri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. PDÖ üzerine yapılan araştırmaların (Gallagher vd., 1992; Jo & Ku, 2011; Kuo vd., 2010; Ceylan, Umdu Topsakal, 2023) bu sonucu destekler nitelikte olduğu, PDÖ temelli müdahalelerin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiği görülmüştür. Ayrıca, normal gelişim gösteren öğrencilerle yapılan çalışmalarda da PDÖ yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiği tespit edilmiştir (Argaw vd., 2017; Mutlu ve Ayar-Kayalı, 2015). Uygulanan etkinliklerin temel çerçevesini oluşturan yaklaşımlardan biri olan STEM yaklaşımının da ilkokul 4.sınıf öğrencilerinin (Acar vd, 2020; Kavak, 2019), 5.sınıf öğrencilerinin (İnce vd., 2018) problem çözme becerisi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğuna; STEM etkinlik uygulamalarının ortaokul öğrencilerin problem çözme becerilerine yönelik algılarına olumlu yönde katkı sağladığına (Doğan vd., 2020); STEM temelli etkinliklerin öğrencilerin yaratıcı problem çözme becerisine olumlu katkısı bulunduğuna (Kim ve Choi, 2012; Kanlı ve Özyaprak, 2015); problem durumlarını daha rahat analiz ederek daha etkili çözümler geliştirdiklerine (Ceylan, 2014; Nağaç 2018) dair araştırmalar yer bulunmaktadır. Bulut'un (2019) yürüttüğü araştırmaya göre özel yetenekli öğrencilerin öğretmenleri de STEM etkinliklerinin üstün yetenekli öğrencilerin problem çözme becerilerinin gelişimine olumlu katkılar sunduğunu düşünmektedir. Ayrıca, Ayverdi (2008) yaptığı araştırmada FETEMM temelli

etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin yaratıcı problem çözme ve bilimsel yaratıcılıklarına olumlu katkı sağladığını da ortaya koymuştur.

PDÖ yaklaşımının temel özellikleri göz önüne alındığında, bu yaklaşımı içeren müdahalelerin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmesi beklenen bir sonuçtur. Ancak bu durum, öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyleri ve problem çözme potansiyelleri gibi bireysel özelliklere göre değişebilir. Ö4'ün başlangıç ve son durumda çözüm önerilerinin benzer nitelikte olması ve bir değişim geçirmemesi bu durumu destekler niteliktedir.

5.2. Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarımlarında Biyomimikri Ögelerine Yer verme Durumlarına Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma

Uygulanan etkinlik modüllerinin; öğrencilerin biyomimikri konusundaki farklılılığının nasıl etkilediğini ve ortaya koydukları çözüm önerilerinde biyomimikrinin alt boyutlarını kullanma düzeyini nasıl değiştirdiğini ortaya koymak bu araştırmanın amaçlarındandır. Bu değişimi ortaya koymak için BTTYÇŞ kullanılmış; bu şablonda öğrencilerin bir problem belirlemeleri istenmiştir. Belirlenen problem durumları üzerinde yapılan analizlerden sonra öğrencilerin doğada benzer problem durumlarıyla karşı karşıya kalan canlıları/sistemleri düşünmeleri ve hangi özellikleri ile bu problem ile baş ettiğini düşünmeleri istenmiştir.

Bu noktada ön testte "kuşların tüylerinin havayı süzmesi, kedilerin kuyruklarının kıvrak yapısı, fillerin hortumu ve balinaların üfleme delikleri, yaprakların hidrofobik yapısı, deniz canlılarının suyu tutma özelliği, ahtapotun kolları, tavşanların baş bölgesini 360^0 dönebilme özelliği, midyelerin suyun içerisindeki mikroplastikleri içine alması, penguenlerin birlikte ve yakın mesafede hareket ederek ısınması, böcek kapan bitkisinin basınç etkisiyle kapanması" gibi özellikler, öğrencilerin belirledikleri problem durumlarına yönelik doğada çözüm geliştirmiş canlılardan aldıkları ilhamlardır. Sürecin başında öğrenciler, doğadan tasarımlarına aktarmak istedikleri canlılara ait bu özellikleri yüzeysel olarak ele almışlardır. Buna rağmen ilham aldıkları bu noktalar hedef kitlenin literatürde yer alan yaratıcılık, hayal gücü, problem çözme becerileri, bilgiyi transfer etme

konusundaki becerilerini doğrulamaktadır (Bildiren, 2018; MEB, 2019; Akdeniz ve Bangir Alpan, 2020).

Uygulama sürecinin sonunda biyomimikri temelli STEM etkinliklerin içerisinde yer alan öğrencilerin belirledikleri problem durumlarına yönelik: " tardigradların (su ayısı) yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı proteinler içermesi; kuşların soğukta tüylerini kabartarak tüylerinin altında biriken hava ile ısı yalıtımı sağlaması; ağaçların /bitkilerin fotosentez süreciyle karbon döngüsünü sağlaması; yılanların kafa taslarında yer alan deliklerin aynı zamanda sıcaklık ve ultraviyole ışınları algılaması; çöp balığının bıyıklarının ses dalgalarına karşı hassas olması ve bu özelliğini beslenmede kullanması; kaktüslerin kurak ortamda dikenli yapısı ile temas yüzeyini azaltması ve gövdelerinde su depolaması; hava koşullarına göre göç eden balık ve kuşların hareketini kolaylaştıran kanat ve yüzgeç yapıları; ateş böceklerinin yaydıkları ışık ile iletişim kurma" özellikleri üzerinde derinleşerek bu özellikleri transfer ettiği gözlemlenmiştir. Bu aşamada transfer edilen veya ilham alınan özelliklerin sadece yüzeysel yapısı değil; işlev-yapı-sistem bütünlüğü içerisinde ele alındığı; özgün, uygulanabilir çözümlerin daha fazla ön plana çıktığı saptanmıştır.

Elde edilen ön test ve son test bulguları incelendiğinde öğrencilerin tasarım süreçlerinin başında biyomimikrinin alt boyutlarından biçimsel ve yapısal taklit öne çıkarken, sürecin sonunda işlevsel ve sistemsel taklitlerin belirginleştiği gözlemlenmiştir. Bazı öğrenci çizimlerinde biyomimikrinin farklı alt boyutlarının aynı anda yer aldığı görülmüştür. Örneğin, Ö11 böcek kapan bitkisinin hem dış görünüşünü hem de yapısal kapanma mekanizmasını taklit etmiş, Ö3 ise filin hortumu ve balinanın üfleme deliklerinin işlevini yangın söndürme amaçlı tasarıma entegre etmiştir. Başlangıçta sadece şekil ve yapı ile ilgili olan taklitler, sürecin sonunda işlev ve sistemi de kapsayacak şekilde genişlemiştir.

Avcı (2019) Biyomimikri ile yapılan araştırmalar üzerine yaptığı analizlerde Biyomimetik ürünlerin doğadaki biçimlere benzemesi gibi bir algının varlığına işaret etmiştir. Araştırmanın başlangıcında öğrencilerin sadece dış görünüşü taklit etmeleri bunu destekler niteliktedir. Biyomimikri yaklaşımı ile elde edilen ürünler elbette biçimsel olarak esinlenilen bir ürüne benzeyebilir, ancak biyomimikri temelli bir tasarımda amaç analoji yapmak değil doğanın problem durumuna veyahut amaca yönelik geliştirdiği dehayı rehber olarak kullanmak esastır ve

doğadan esinlenme sadece biçimsel değil; malzeme, yapısal, işlevsel ve sistemsel boyutlarda olabilir (Benyus, 1997; Çoban, 2019; Boğa, 2013; Selçuk ve Gönenç, 2007). Uygulama sürecinin sonunda öğrencilerin tasarımlarında yapısal, işlevsel ve sistemsel taklit içermeleri; bazı öğrencilerin biyomimikrinin farklı alt boyutlarını (şekil, yapı, işlev) aynı anda kullanabilmesi; biyomimikrinin daha karmaşık ve entegre biçimlerini tasarımlarına dahil edebilmeleri; geliştirilen etkinlik modüllerinin olumlu etkisini ortaya koyar niteliktedir. Öğrencilerin PBPÇT problem çözmeye yönelik planlamalarında başlangıçta problem tespitine yönelik noktalar yer alırken sürecin sonunda öğrencilerden bazıları problem durumunu doğaya aktarma aşamasına yönelmiştir. İçinde yaşadığımız dönemde problem durumlarına sürdürülebilir çözümler üretmek devletlerin öncelikleri arasında yer almış BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri bu doğrultuda ortaya çıkmıştır(UN, 2022). Doğanın asırlardır devam eder sürdürülebilir düzenini, problemlere karşı geliştirdiği kanıtlanmış çözümlerini anlamayı, doğayı rehber almayı hedefleyen biyomimikri yaklaşımını benimsemek BM Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine de katkı sağlayacaktır. Öğrencilerin problem durumlarını doğayı rehber alarak düşünmeye başlaması; Benyus (1997)'un da ortaya koyduğu biyomimikrinin amaçlarındandır ve bu araştırmada hedeflenen noktalardan biridir.

5.3 Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin; Özel Yetenekli Öğrencilerin Tasarım Becerisine Etkisine İlişkin Sonuç ve Tartışma

Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim şablonunda öğrencilerin belirledikleri problem durumlarına yönelik ortaya koydukları tasarımlar incelendiğinde başlangıçta ayrıntı içermeyen sadece yapı olarak ilham aldıkları canlıya benzeyen tasarım çizimleri ön plandadır (Ö1, Ö4, Ö6, Ö9, Ö11). Sürecin sonunda öğrencilerin çoğunluğu (Ö2, Ö5, Ö6, Ö9, Ö11, Ö1, Ö3, Ö8) yapı ve işlevin beraber detaylandırıldığı ve yapı-işlev-çalışma sürecinin birlikte yer aldığı prototip çizimlere yönelmiştir. Bu değişim biyomimikri temelli etkinliklerin öğrencilerin tasarımları üzerinde daha ayrıntılı düşünmelerine yardımcı olmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Bu noktada alan yazın incelendiğinde biyomimikri yaklaşımının tasarım ve üretim becerisini gelişimine katkı sağladığı çalışmalara rastlanmıştır (Sumrall ve Robinson, 2018, Sorlu, 2010; Yakışan ve

Velioğlu; 2019; Yıldırım, 2019). Alawad ve Mahgoub (2014) çalışmalara paralel olarak biyomimikri uygulamalarının öğrencilerin yaratıcı ve bilimsel düşünme becerilerine ve tasarımlarına olumlu yönde katkı sağladığını ortaya koymuştur. Benzer bir araştırmada Aydın (2023) ortaokul öğrencileriyle gerçekleştirdiği çalışmada fen bilimleri dersinde uyguladığı biyomimikri etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin tasarım becerilerine etkisini; öğrencilerin problem durumlarına yönelik yaptığı çizimler üzerinden incelemiş; uygulanan biyomimikri etkinliklerinin öğrencilerin tasarımlarına olumlu yönde yansıdığını ortaya koymuştur. Biyomimikri temelli çalışmaların öğrencilerin tasarımlarına olan katkısında süreçte uygulamaların temelinde yer alan STEM yaklaşımının da etkisi bulunmaktadır. Nitekim; Hacıoğlu (2017) ise STEM eğitimi temelli etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme becerilerine etkisini belirlemeyi amaçladığı çalışmasında, öğretmen adaylarının uygulama süreci sonunda prototip yapılandırma yeterliklerinin gelişim gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. Tasarım temelli fen eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin mühendislik disiplinine yönelik yeterliklerine etkisini belirlemeyi amaçladığı çalışmasında Ercan ve Şahin (2015), öğrencilerin uygulamalar süresince prototip yapılandırma yeterliklerinin gelişim gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Ayverdi (2018) BİLSEM öğrencileri ile yaptığı çalışmada STEM etkinliklerinin öğrencilerin tasarım ve mühendislik becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur.

5.4 Öneriler

Araştırmanın bu bölümünde yapılan eylem araştırması sürecinde elde edilen deneyimler ve araştırma sonuçları göz önünde bulundurularak araştırmacılara bazı öneriler sunulmuştur.

1. Özel yetenekli öğrencilerin eğitim programlarında zenginleştirme; sık kullanılan bir yöntemdir. Tasarlanacak biyomimikri temelli etkinlikler bu bağlamda zenginleştirme amacıyla kullanılabilir.

2. Doğayı ve doğadaki akılcı çözümleri incelemeyi temel alan, doğayı tüketen değil, onu rehber edinen bakış açısı müfredatlara entegre edilebilir, eğitim programlarında biyomimikri temelli etkinliklere yer verilebilir.

3. Doğayı tanımayı, ondan ilham almayı, doğanın ürettiği sürdürülebilir çözümleri keşfetmeyi baz alan bu araştırma okul ortamında yürütülmüştür. Öğrencilerin doğa ile etkileşimini artırmak doğaya bakış açılarını etkileyebilir. Bu sebeple benzer uygulama ve araştırmalara öğrencilerin doğa ile bağ kurabilecekleri okul dışı öğrenme ortamları da entegre edilebilir. Bu entegrasyonla birlikte öğrencilerin çevre duyarlılığındaki değişim de incelenebilir.

4. Farklı canlıların özelliklerinden ilham alan öğrencilerin bu canlıların özelliklerini, sistem ve yapılarını daha ayrıntılı gözlemlemesine, incelemesine olanak sağlayacak öğrenme ortamları oluşturulabilir, bu konuda uzman desteği alınabilir.

5. Biyomimikri felsefesinin BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine entegre edildiği öğrenme senaryoları kullanılarak farklı araştırma konuları belirlenebilir.

6. Eylem araştırması sürecinde "Bilinçsiz enerji kullanımına karşı enerji tasarrufu, su kirliliği Sürdürülebilir yaşamın temelleri ve sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımı" temalarında Biyomimikri Temelli STEM etkinlikleri kurgulanarak uygulanmıştır. Söz konusu yaklaşımlar kullanılarak küresel iklim değişimi vb farklı temalarda etkinlikler geliştirilebilir.

7. Araştırma sürecindeki gözlemlere göre öğrenciler biyomimikri temelli STEM etkinliklerini ilgi çekici bulmuş, etkinliklere yüksek bir motivasyon ile katılım sağlamışlardır. Biyomimikri yaklaşımı farklı branşlarda derslere entegre edilebilir. Bu konuda öğretmenlere yönelik eğitim faaliyetleri gerçekleştirilebilir.

8. Bu araştırma, ağırlıklı olarak nitel yöntemler kullanıldığı; nitel verilerin nicel veriler ile desteklendiği bir eylem araştırmasıdır. Araştırmanın nicel veri ayağında tek gruplu ön test-son test zayıf deneysel desen kullanılmıştır. Kurgulanacak yeni araştırmalarda daha farklı nicel desenler kullanılabilir.

9. Bu çalışma 5. ve 6. sınıfa devam eden BYF grubundaki 11 BİLSEM öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Benzer çalışmalar daha büyük bir örneklem grubu ile farklı yaş grupları ile yürütülebilir. Seçilen örneklem grubu; doğa ile iç içe olan bir şehir veya nispeten daha doğal ortamda yaşayan öğrencilerden oluşabilir; bu seçimden kaynaklanan farklılıklar üzerine araştırmalar yürütülebilir.

10. Araştırmada bilimsel yöntemin basamakları ile biyomimikri temelli öğretimin aşamaları arasında kesişen noktalar fark edilmiştir. Bu konu derinleştirilerek yeni

araştırmalar gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda Biyomimikri, STEM, PDÖ'ye bilimsel süreç basamakları entegre edilerek etkinlik modülleri tasarlanabilir; bu modüllerin farklı yaş grubundaki öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, yaratıcılıkları üzerindeki etkisi üzerinde durulabilir.

11. Araştırmada bazı öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında benzer problem durumları üzerinde odaklandıkları gözlemlenmiştir. Bu noktadan hareketle özel yetenekli öğrencilerim problemlere bakış açısı, problem algısı, bunu etkileyen değişkenler üzerine araştırmalar gerçekleştirilebilir.

6
KAYNAKÇA

Acar, D., Tertemiz, N., ve Taşdemir, A. (2020). STEM eğitimi ile öğrenim gören öğrencilerin matematik ve fen bilimleri problem çözme becerileri ve başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 3(2), 12-23.

Adams, A. E., Miller, B. G., Saul, M. & Pegg, J. (2014). Supporting elementary pre- service teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. Electronic Journal of Science Education, 18(5), 5.

Akbayrak, K., Namdar, B. (2019). An argumentation activity for third-grade students: objects in the plates. Science Activities, 56(1), 1-10.

Akçay, N. O., & Halmatov, M. (2015). Okulöncesi öğretmen adaylarının bilgisayar destekli eğitim yapmaya ilişkin tutumlarının incelenmesi. Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(1), 44-50.

Akdeniz, H., ve Bangir-Alpan, G. (2020). Analysis of gifted and talented students' creative problem solving styles. Talent, 10(1), 79-94. https://doi.org/10.46893/talent.758416

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M., Öner, T., & Özdemir, S.(2015). STEM Eğitimi Türkiye Raporu: "Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi?" İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi.

Alawad, A. A., ve Mahgoub, Y. M. (2014, February). The impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education, at the international teacher conference - United Arab Emirates.

Altunışık,S. (2024).Fen bilgisi öğretmen eğitiminde probleme dayalı STEM uygulamalarının etkililiğine yönelik bir çalışma.(Doktora tezi). Uşak Üniversitesi

Argaw, A. S., Haile, B. B., Ayalew, B. T., ve Kuma, S. G. (2017). The effect of problem based learning (PBL) instruction on students' motivation and problem solving skills of physics. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13(3), 857-871.

Ataman, A. (2003). "Üstün zekalı ve üstün yetenekli çocuklar" (Ed: A. Ataman). Özel gereksinimli çocuklar ve özel eğitime giriş. (s. 173-195). Ankara:Gündüz Eğitim ve Yayıncılık. Alıntı Kaya, N. (2013). Üstün yetenekli öğrencilerin eğitimi ve BİLSEM'ler. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 15(1), 115-122.

Ataman, A. (Ed). (2014). Üstün zekalılar ve üstün yetenekliler konusunda bilinmesi gerekenler.Ankara:Vize

Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: Okullarda biyomimikri. Anadolu Öğretmen Dergisi, 3(2), 214-233.

Ayaydın, Y., Ün, D., Acar-Şeşen, B., Usta-Gezer, S., ve Camcı-Erdoğan, S. (2018). Environmental awareness and sensitivity of the gifted students: "Science and art explorers in the nature". Bartın University Journal of Faculty of Education, 7(2), 507-536. https://doi.org/10.14686/buefad.379723

Aydın, D. (2023). Biyomimikri uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin yaratıcı düşünme becerileri ve tasarimlari üzerine etkisi.(Master Thesis, Düzce Universitesi

Ayhan Gündüz, N. (2024). Fen bilgisi öğretmen adayları için STEM yaklaşımı ile oluşturulmuş yenilenebilir enerji temalı etkinlikler modülü geliştirme.(Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi

Ayverdi, L. (2018). Özel yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde teknoloji, mühendislik ve matematiğin kullanımı: FeTeMM yaklaşımı. Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.

Ayverdi, L., Şahin, E., ve Sarı, U. (2023). A STEM activity for gifted students: Biodegradable smart packaging design through physical computing. Journal of Inquiry Based Activities, 13(1), 54-79.

Bakar, F., Avan, Ç., ve Aydınlı, B. (2018). Üstün yetenekli öğrenciler ve normal akranlarının geri dönüşüm ve çevresel etkileri üzerine tutumlarının karşılaştırılması. Kastamonu Education Journal, 26(3), 935-944

Bakar, F., & Aydınlı, B. (2012). Bilim ve sanat merkezi öğrencilerinin plastik ve plastik atıkların geri dönüşümü ve çevreye etkileri konularında tutumlarının belirlenmesi.X. National Science and Mathematics Education Congress-30 June, 2012, Niğde Univercity.

Barış, N. (2019). BİLSEM'de görev yapan fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin STEM eğitim uygulamalarının araştırılması.(Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi

Barış, N., ve Ecevit, T. (2019). Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde STEM uygulamaları. Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 13(1), 217-233.

Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know. Science Education, 85(4), 426–453.

Bartholomew, S. R., Strimel, G. J., and Yoshikawa, E.(2017). Designing the technological world through biomimicry. Children's Technology and Engineering, 21(4), 18–22

Baumeister, D., 2013. Biomimicry Resource Handbook. A Seed Bank of Best Practices. Missoula Montana. ABD

Baykal, M. (2017). Türkiye yeterlilikler çerçevesi (tyç)'nin öğrenci değerlendirrme programi (pisa) açisindan değerlendirilmesi. Edu 7: Yeditepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 6(8), 69-79.

Benyus, J. M. (1997). Biomimicry: Innovation inspired by nature. New York: HarperCollins Publishers.

Benyus, J. M. (2014). A Biomimicry Primer. In Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J.,

Ritter, S. and Benyus, J. (Eds), Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices (pp.7-15). Missoula, Montana: Biomimicry 3.8.

Biber, M., ve Başer, N. E. (2012). Probleme dayalı öğrenme sürecine yönelik nitel bir değerlendirme. Hayef Journal of Education, 9(1), 12-33.

Bilen, K., Doğan, H., ve Gencer, A. (2020). Developing biomimicry STEM activity by querying the relationship between structure and function in organisms. Turkish Journal of Education, 9(1).

Bildiren, A. (2018). Üstün yetenekli çocuklar (4. baskı). Ankara: PegemA.

Binet, A. (1905). "New Methods for the Diagnosis of the Intellectual Level of Subnormals". L'Année Psychologique.

Bircan, M. A., & Köksal, Ç. (2020). Özel yetenekli öğrencilerin STEM tutumlarının ve STEM kariyer ilgilerinin incelenmesi. Turkish Journal of Primary Education, 5(1), 16-32.

Bloom, B. S. (1985). Developing Talent in Young People. Ballantine Books.

Boğa, M. (2013). Tasarımda doğal analoji: Endüstri ürünleri tasarımı öğrencilerinin yaklaşımı üzerine bir çalışma (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu (YOK) Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı. (Erişim No. 350654)

Boran, M., ve Karakuş, F. (2018). Özel yetenekli öğrencilerin algılanan problem çözme becerilerinin incelenmesi. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi (USBIK 2018), Kayseri, Türkiye.

Braun, V., ve Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77-101.

Braun, V., ve Clarke, V. (2013). Successful qualitative research: A practical guide for beginners. Newcastle: Sage.

Bridges, E. M., ve Hallinger, P. (1997). Using problem-based learning to prepare educational leaders. Peabody Journal of Education, 72(2), 131-146.

Brusic, S. A. (2013). Designed by nature inspired by nature. Children's Technology and Engineering, 18(1), 18–21

Bulut, M. (2019). Bilim ve sanat merkezlerinde STEM uygulaması ve öğretmenlerin STEM uygulaması hakkındaki görüşlerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü).

Büyüköztürk, Ş. (2008). Veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni,

SPSS uygulamaları ve yorum. Baskı, Pegem-AKADEMİ, 31(37), 167-182.

Bybee, R. W. (2019). Using the BSCS 5E instructional model to introduce STEM disciplines. Science and Children, 56(6), 8-12.

Byrne, D. (2022). A worked example of Braun and Clarke's approach to reflexive thematic analysis. Quality & Quantity, 56(3), 1391-1412. https://doi.org/10.1007/s11135-021-01182-y

Can, İ., İnel, D. (2019). Üstün ve Özel Yeteneklı Öğrencıleın Probleme Dayalı Fen Etkınlıklerıne İlişkın Görüşlerının Değerlendırılmesı. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 5(3), 1-21.

Can, İ. (2021). Probleme dayalı fen öğrenme etkinliklerinin üstün ve özel yetenekli öğrenciler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye.

Canbazoğlu Bilici, S., Küpeli, M. A., & Guzey, S. S. (2021). Inspired by nature: an engineering design-based biomimicry activity. Science Activities, 58(2), 77–88. https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1918049

Cantürk-Günhan, B. (2006). İlköğretim II. kademede matematik dersinde probleme dayalı öğrenmenin uygulanabilirliği üzerine bir araştırma. (Doktora Tezi),Dokuz Eylül Üniversitesi

Can, B.,Savran-Gncer, A., Yıldırım C., Bahtiyar A. (2016).Fen Öğretiminde Probleme Dayalı Öğrenme.Pegem Akademi

Ceylan, Ö., ve Topsakal, Ü. U. (2023). Probleme dayalı farklılaştırılmış fen öğretim programının özel yetenekli öğrencilerin işbirlikli çalışma becerilerine ve problem çözme becerilerine etkisi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 1-20.

Ceylan, S. (2014). Ortaokul fen bilimleri dersindeki asit ve bazlar konusunda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Conklın, W. & Freı, S. (2016) Üstün zekalılar ve yetenekliler için eğitim programının farklılaştırılması. (çev: N. G. Kahveci). İstanbul: Özgür Yayınları

Chen, X. (2013). STEM attrition college students' paths into and out of STEM fields. statistical analysis report. National Center For Education Statistics, Nces 2014-001

Clark, B. (1992). Growing up gifted:Developing the potential of children at home and at school (5th ed.). Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio: Merrill

Çavaş, P., Ayar, A., & Gürcan, G. (2020). Türkiye'de STEM eğitimi üzerine yapılan araştırmaların durumu üzerine bir çalışma. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 17(1), 823-854.

Çelik, P. (2013). Probleme dayalı öğrenmenin öğretmen adaylarının fizik dersi başarısı, öğrenme yaklaşımları ve bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisi.(doctoral thesis). Dokuz Eylul University, Institute of Educational Sciences, İzmir.

Çelikel, S. B., Uçar, S. (2020). Biyomimikri: doğayla uyumlu yeni bir tasarım modeli. Humanities Sciences, 15(2), 51-61.

Çepni, S. (2018). Kuramdan uygulamaya STEM+A+E eğitimi. Ankara: Pegem Akademi.

Çoban, M. (2019). Integration of biomimicry into science education (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu (YOK) Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı.

Çoban, M., ve Coştu, B. (2021). Integration of biomimicry into science education: Biomimicry teaching approach. Journal of Biological Education, 1-25.

Çorlu, M. S., ve Çallı, E. (Eds). (2017). STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, matematik, mühendislik ve teknoloji eğitimi. İstanbul: Pusula Yay.

Corlu, M. A., & Aydin, E. (2016). Evaluation of learning gains through integrated STEM projects. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4(1), 20-29.

Daşdemir, İ., Cengiz, E., & Aksoy, G. (2018). Türkiye'de FeTeMM (STEM) eğitimi eğilim araştırması. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 15(1), 1161-1183.

Davaslıgil, Ü. (2007).Üstün Zekalıların Eğitiminde Yönetimsel Önlemler(Ders notu).İstanbul Üniversitesi, Özel Eğitim Bölümü.

Değerli, N. G. (2020). Tekstilde inovatif tasarım yaklaşımı: Biyomimikri. İdil Sanat ve Dil Dergisi, 9(68), 675-685.

Deliman, A., & Lott, K. (2023). Inquiry-Based Learning on Biomimicry. Science and Children, 60(6), 20–24. https://doi.org/10.1080/00368148.2023.12315919

Demirel, Ş., ve Sak, U. (2011). Yetenek hiyerarşisi: Üstün yetenek türlerinin toplumsal değerleri üzerine bir araştırma. Türk Üstün Zeka ve Eğitim Dergisi, 1(1), 61-76.

Doğan, A., Aydın, E., ve Kahraman, E. (2020). STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin problem çözme becerilerine yönelik algılarına etkisinin incelenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi, 5(2), 123-144.

Dorsey, A. (2024). Mind Over Matter: Is Entering STEM Dependent on Self-Perceptions? A Pedagogical Review.

Eggermont, M. J. (2008). Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool in a first year engineering design and communication course. Des. Nat, 4(1), 59-67.

Emily Kennedy, Daphne Fecheyr-Lippens, Bor-Kai Hsiung, Peter H. Niewiarowski, Matthew Kolodziej; Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation. Design Issues 2015; 31 (3): 66–73. doi: https://doi.org/10.1162/DESI_a_00339

Emir, S., & Kanlı, E. (2009). İlköğretim öğretmenlerinin öğrencilerini motive etme biçimlerinin incelenmesi. HAYEF Journal of Education, 7(1), 63-79.

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM education, 3, 1-8.

Ercan, S., ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 9(1), 128-164.

Erdoğan, M. (2009). 5. Sınıf öğrencilerinin çevre okuryazarlığı ve bu öğrencilerin çevreye yönelik sorumlu davranışlarını etkileyen faktörler. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

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

Ersoy, E. (2012). Probleme dayalı öğrenme sürecinde üst düzey bilişsel düşünme becerileri ve duyuşsal kazanımlardaki değişim (Doctoral dissertation, Dokuz Eylul Universitesi (Turkey)).

Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve ergonomi: Tasarımda doğadan yenilikçi ilham. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 469-474.

Fadok, R. A. (2022). In Life's Likeness: Biomimicry and the Imitation of Nature (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Fayemi, P. E., Maranzana, N., Aoussat, A., & Bersano, G. (2014). Bio-inspired design characterisation and its links with problem solving tools. In DS 77: Proceedings of the DESIGN 2014 13th International Design Conference (pp. 173-182).

Fıstıkçı, K.N., & Gündüz, E. (2021). Biyomimikri ve mekânsal tasarımdaki yeri. Inonu University Journal of Art and Design, 17-32

Fried, E., Martin, A., Esler, A., & et al. (2020). Design-based learning for a sustainable future: Student outcomes resulting from a biomimicry curriculum in an evolution course. Evo Edu Outreach, 13, 22. https://doi.org/10.1186/s12052-020-00130-y

Gallagher, S. A., Stepien, W. J., & Rosenthal, H. (1992). The effects of problem- based learning on problem solving. Gifted Child Quarterly, 36(4), 195-200. https://doi.org/10.1177/001698629203600405

Galton, F. (1869). Hereditary Genius: An Inquiry into Its Laws and Consequences.

Gardner, H. (1983). Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. Basic Books.

Gardner, G. E. (2012). Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity. The American Biology Teacher, 74(3), 182-184. https://doi.org/10.1525/abt.2012.74.3.10

Gencer, S. 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. Doi:10.19128/turje.643785

Genç, M. (2013). Doğa, Sanat ve Biyomimetik Bilim. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik Anasanat Dalı Sanatta Yeterlik Eseri Çalışması Raporu.

Ghasemi, A., ve Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. International Journal of Endocrinology and Metabolism, 10(2), 486-489.

Glavič, P. (2022). Updated principles of sustainable engineering. Processes, 10(5), 870.

Goss, J. (2009). Biomimicry: Looking to nature for design solutions. Corcoran College of Art+ Design.

Gül, K., & Marulcu, İ. (2014). Yöntem olarak mühendislik dizayna ve ders materyali olarak legolara öğretmen ile öğretmen adaylarının bakış açılarının incelenmesi.

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.

Hacıoğlu, Y. (2021). The effect of STEM education on 21th century skills: Preservice science teachers' evaluations. Journal of STEAM Education, 4(2), 140-167.

Harman, G. (2012). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin mitoz bölünme konusundaki bilgilerinin çizim yöntemi ile incelenmesi. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 1(2), 295-304.

Haydari, V. (2021).Ortak bilgi yapılandırma modeline uygun hazırlanmış öğretimin öğrencilerin çevre okur-yazarlık düzeylerine etkisi "İnsan ve Çevre" ünitesi örneği. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi

Helvacı, S. C., & Helvaci, I. (2019). An Interdisciplinary Environmental Education Approach: Determining the Effects of E-STEM Activity on Environmental Awareness. Universal Journal of Educational Research, 7(2), 337-346.

Herdem, K., & Ünal, İ. (2018). STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 48(48).

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? E ducational Psychology Review, 16(3), 235-266.

Ivankova, N., & Wingo, N. (2018). Applying mixed methods in action

research: Methodological potentials and advantages. American Behavioral Scientist, 62(7), 978-997.

İnce, F.E.(2024).Proje tabanlı STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına ve problem çözme becerilerine etkisi.(Doktora Tezi),Adıyaman Üniversitesi

İnce, K., Mısır, M. E., Küpeli, M. A., & Fırat, A. (2018). 5. sınıf fen bilimleri dersi yer kabuğunun gizemi ünitesinin öğretiminde STEM temelli yaklaşımın öğrencilerin problem çözme becerisi ve akademik başarısına etkisinin incelenmesi. Journal of STEAM Education, 1(1), 64-78.

İnel, D. (2012). Kavram karikatürleri destekli probleme dayalı öğrenme yönteminin öğrencilerin problem çözme becerileri algılarına, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına ve kavramsal anlama düzeylerine etkileri (Doctoral dissertation, Dokuz Eylul Universitesi (Turkey).

İnel Ekici, D., ve Can, İ. (2019). Üstün ve özel yetenekli öğrencilerin probleme dayalı fen etkinliklerine ilişkin görüşlerinin değerlendirilmesi. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 5(3), 1-21. https://doi.org/10.29065/usakead.657108

İnnalı, H. Ö. (2017). Türkiye'de üstün zekâlı ve yetenekli çocukların dil becerilerine yönelik yapılan araştırmaların değerlendirilmesi. Dil Eğitimi ve Araştırmaları Dergisi, 3(1), 75-94.

İnner, S. (2019). Bİyomİmİkrİ ve parametrİk tasarim İlİşkİsİnİn mİmarİ alaninda kullanimi ve gelİşİmİ. Tasarım enformatiği, 1(1), 15-29.

Jo, S., & Ku, J. O. (2011). Problem based learning using real-time data in science education for the gifted. Gifted Education International, 27(3), 263-273. https://doi.org/10.1177/026142941102700304

Johnson, A. P. (2014). Eylem araştırması el kitabı (Çev. Y. Uzuner & M. Ö. Anay). Ankara: Anı Yayıncılık.

Jung, J., Lee, H., Go, S., & Oh, Y. (2012). Gifted Elementary Students' Understandings about Earth Systems and Environmental Problems. Journal of the Korean earth science society. The Korean Earth Science Society. https://doi.org/10.5467/jkess.2012.33.7.672

Kang, K. I., & Kim, Y. M. (2014). Convergence program with literature, art and biology in science gifted education: A case study. In EDULEARN14 Proceedings (pp. 4885-4889). IATED.

Kanlı, E., & Özyaprak, M. (2015). STEM education for gifted and talented students in Turkey. Üstün Yetenekliler Eğitimi Araştırmaları Dergisi, 3(2), 1-10.

Kaplan Sayı, A. (2024). Özel yetenekli öğrencilerin yaşam üçgeni. Anı Yayıncılık.

Kaplan, S. N. (1986). The grid: A model to construct differentiated curriculum for the gifted. In J. S.Renzulli (Ed.), Systems and models for developing programs for the gifted and talented (pp. 180–193). Mansfield Center, CT: Creative Learning Press.

Kaptan, F., ve Korkmaz, H. (2001). Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımı. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20(20).

Karabey, B. (2010). İlköğretimdeki üstün yetenekli öğrencilerin yaratıcı problem çözmeye yönelik erişi düzeylerinin ve kritik düşünme becerilerinin belirlenmesi.

Karabetça, A. R. (2018). Bİyomİmİkrİ destekli tasarim ölçütlerİ İle yenİlİkçİ mekanlar yaratilmasi. Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 8(1), 104-111.

Karakaya, F, Ünal, A, Çimen, O, Yılmaz, M. (2018). Üstün yetenekli öğrenciler ve akranlarının çevre algılarının incelenme..(Examining the environmental perceptions of gifted students and their peers) Online Fen Eğitimi Dergisi, 3(1) , 25-32

Kaufman, A. S. (2009). IQ Testing 101. (J. C. Kaufman, Ed.). New York, NY: Springer Publishing Company.

Kavak, T. (2019). STEM uygulamalarının 4. sınıf öğrencilerinin fen ve teknolojiye yönelik tutumlarına, bilimsel süreç ve problem çözme becerilerine etkisi (Master's thesis, Eğitim Bilimleri Enstitüsü)

Kell, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 3(11). DOI: 10.1186/s40594-016-0046-z

Kenny, J., Desha, C., Kumar, A., & Hargroves, C. (2012) Using biomimicry to inform urban infrastructure design that addresses 21st century needs. In 1st International Conference on Urban Sustainability and Resilience: Conference Proceedings, UCL London, London, UK.

Kennedy, T. J., & Odell, M. R. (2014). Engaging students in STEM education. Science education international, 25(3), 246-258.

Kim, G. S., & Choi, S. Y. (2012). The effect of creative problem solving ability and scientific attitude through the science based STEAM program in the elementary gifted students. Elementary Science Education, 31(2), 216-226.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Ryan, M. (2003). Promotingdeep science learning through case-based reasoning: Rituals and practices in learning by designclassrooms. In N. M. Steel (Ed.), Instructional design: International perspectives (pp. 89–114).Mahwah,NJ:Lawrence Erlbaum.

Kuo, C.-C., Maker, J., Su, F.-L., & Hu, C. (2010). Identifying young gifted children and cultivating problem solving abilities and multiple intelligences. Learning and Individual Differences, 20(4), 365-379.

Külegel, S. (2020). Çevre eğİtİmİne dayali fen, teknolojİ, mühendİslİk, matematİk temellİ etkİnlİklerİn özel yeteneklİ öğrencİlerİn 21. Yüzyil becerİlerİnİ gelİştİrmesİne yönelİk araştirma. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi

Leana-Taşçılar, M. Z., Özyaprak, M., Güçyeter, Ş., Kanlı, E., & Erdoğan, S. C. (2014). Üstün zekâlı ve yetenekli çocuklarda mükemmeliyetçiliğin değerlendirilmesi. Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi, 11(1), 31-45.Linda, T., & Sara, S. (2002). Problems as possibilities: problem-based learning for K–16 education. Alexandria: ASCD. Alexandria: ASCD.

Levent, F. (2012). Bilsem öğretmenlerine göre üstün yetenekli öğrencilerin sosyo-duygusal özellikleri. Geleceğin Mimarları Üstün Yetenekliler Sempozyumu, 29-34.

Lou, S. J., Shih, R. C., Ray Diez, C., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. International Journal of Technology and Design Education, 21(2), 195-215.

Manning, S. (2006). Recognizing gifted students: A practical guide for teachers.Kappa Delta Pi Record, 42(2), 64-68.

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). STEM:

Countcomparisons.Melbourne: Australian Council of Learner Academies

McDonald, C. V. (2016).STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. Science Education International, 27(4), 530-569.

McKeag, T. (2012) Auspicious forms: Designing the Sanyo Shinkansen 500-Series Bullet Train. Zygote Quarterly, 2, 12-35.

McKillup, S. (2012). Statistics explained: An introductory guide for life scientists (2nd edition). Cambridge University Press, United States

McMillan, J. H. (2004). Educational research: Fundamentals for the consumer (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2016b). Bilim ve Sanat Merkezi Yönergesi. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

MEB. (2019). Özel yetenekli öğrencim var.Ankara, Milli Eğitim Bakanlığı

MEB.(2006).Özel eğitim hizmetleri yönetmeliği. Ankara, Milli Eğitim Bakanlığı.

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

Mertler, C. A. (2017). Action research communities: professional learning, empowerment, and improvement through collaborative action research. London: Routledge.

Mertler, C. A. & Charles, C. M. (2011). Introduction to educational research (7th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Mills, G. E. (2011). Action research: A guide for the teacher researcher (4th ed.). Boston: Pearson.

Mirici, S., Tanalp, T. D., Tüysüz, M., & Tüzün, Ü. N. (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), 604-621.

Mutlu, A., & Ayar-Kayalı, H. (2018). Effect of problem based learning activities about coenzymes on undergraduates' achievement and attitude toward biochemistry lesson. Inonu University Journal of the Faculty of Education, 19(1), 49-65. https://doi.org/10.17679/inuefd.286772

NAGC (1990). Giftedness and gifted: what's it all about.Eric Digest.

National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC].(2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington: National Academies Press.

National Research Council [NRC]. (2011). Successful K-12 STEM education: Identifyingeffective approaches in science, technology, engineering, and mathematics.Washington: National Academies Press

Nağaç, M. (2018). 6. sınıf fen bilimleri dersi madde ve ısı ünitesinin öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) eğitiminin öğrencilerin akademik başarısı ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Nacaroğlu, O. (2020). Özel yetenekli ve normal gelişim gösteren öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerinin incelenmesi. Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES), 53(2), 693-722.

Nacaroğlu, O., & Kızkapan, O. (2021). Özel yetenekli öğrencilerin STEM tutumları ve 21. yüzyıl becerilerine sahip olma düzeyleri. Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi, 25(2), 425-442.

National Research Council [NRC]. (2014). Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects. In L. Katehi, G. Pearson, & M. Feder (Eds.). Washington, DC: National Academies Press.

Önal, N. T. (2020). Investigation of gifted students' environmental awareness. International Journal of Curriculum and Instruction, 12(2), 95-107.Yeterlik Eseri Çalışması Raporu.

Özbay, Y., & Palancı, M. (2011). Üstün yetenekli çocuk ve ergenlerin psikososyal özellikleri. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, (22), 89-108.

Özen, G. (2016). Doğa Referanslı Tasarım: Biyomimikri. Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı. İstanbul:. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Özmehmet, E. (2008). Dünyada ve tükiye sürdürülebilir kalkinma yaklaşimlari. Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 3(12), 1853-1876.

Patton, M. Q. (2005). Qualitative research. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science.

Peşkircioğlu, N. (2016). 2030 sürdürülebilir kalkinma hedefleri: Küresel verimlilik hareketine doğru. Anahtar Dergisi, 22(335), 4-9.

Peterson, F., & Treagust, D. F. (1997). Learning to teach primary science through problem-based learning. Science Education, 82(2).

Pınar, E., & Yakışan, M. (2017). İlkokul öğrencilerinin çevre kavramları ile ilgili çizimlerinin analizi. Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(1), 97-113.

Piechowski, M. M. (1997). Emotional giftedness: The measure of intrapersonal intelligence. In N. Colangelo & G. A. Davis (Eds.) Handbook of GiftedEducation(2nded.)(pp. 366-381). Boston: Allyn & Bacon.

Ramsey R.F.(1989). "Effective problem solving." TheShild & Lance, 7 (4).

Rehmat,A. P.,& Hartley, K.(2020).Building engineering awareness: Problem based learning approach for STEM integration. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 14(1).

Renzulli, J. S. (1977).The enricmenttriad model: A plan for developing defensible programsfor the gifted and talented.Gifted Child Quarterly, 21(2),227-233

Renzulli, J.S. (1986).The tree-ring conception of giftedness: a developmental model for promoting creative productivity. https://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2024/05/The_ThreeRing_Conception_of_Giftedne ss.pdf adresinden erişilmiştir.

Renzulli, J. S. (1999). What is this thing called giftedness, and how do we develop it? A twenty-five year perspective. Journal for the Education of the Gifted, 23(1), 3-54.

Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M., & Harbor, J. (2009). Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. International Journal of Engineering Education, 25(1), 181–195.

Roobeek, M. (2019). Biomimicry in the classroom. Biolearn. Eu, 1-49.

Sharma, S., & Sarkar, P. (2019). Biomimicry: exploring research, challenges, gaps, and tools. In Research into Design for a Connected

World: Proceedings of ICoRD 2019 Volume 1 (pp. 87-97). Springer Singapore.

Sak, U. (2011). Üstün yetenekliler eğitim programları modeli (ÜYEP) ve sosyal geçerliği. Eğitim ve Bilim, 36(161), 213-229.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. Technology Teacher, 68(4), 20–26.

Sarıcam, H., & Sahin, S. H. (2015). The relationship between the environmental awareness, environmental attitude, curiosity and exploration in highly gifted students: Structural equation modelling. Educational Process: International Journal, 4(1-2), 7-17.

Sarıkaya, M. (1999). Biomimetics: Materials fabrication through biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96(25), 14183-14185. https://doi.org/10.1073/pnas.96.25.14183

Sasson, I., Yehuda, I., & Malkinson, N. (2018). Fostering the skills of critical thinking and question-posing in a project-based learning environment. Thinking Skills and Creativity, 29, 203-212.

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows, 9(2), 5-15.

Schroth, S. T., & Helfer, J. A. (2017). Gifted & Green: Sustainability/environmental science investigations that promote gifted children's learning. Gifted Child Today, 40(1), 14-28. https://doi.org/10.1177/1076217516675903

Selçuk, A., Aslan, S., & Gönenç Sorguç, A. (2007). Mimarlık tasarımı paradigmasında biomimesis'in etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 451-459.

Sevencan, H., & Üreyen, M. (2020). Tekstil ve giysi tasarımında biyomimetik uygulamalar. International Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art, 5(10). 101-118.

Sipahi, E. B. (2010). Küresel çevre sorunlarına kolektif çözüm arayışları ve yönetişim. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (24), 331- 344.

Sontay, G.,Gökdere, M., & Usta, E. (2014). Üstün yetenekli öğrencilerle akranlarının çevresel davranışlarının karşılaştırmalı incelenmesi. Journal of Turkish Gifted and Talented, 4(2), 90-106.

Sorlu, Ö. (2010). İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn botanik bahçesi'nin egzotik bitki envanteri ve endüstriyel biyotasarıma katkıları (Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).

Spearman, C. (1904). "General Intelligence," Objectively Determined and Measured. American Journal of Psychology, 15, 201–293

Spencer, J. A. ve Jordan, R. K. (1999). Learner Centered Approach in Medical Education. British Medical Journal, 318, 1280-1283.

Staples, H. (2005). The Integration of Biomimicry as a Solution-Oriented Approach to the Environmental Science Curriculum for High School Students. Online Submission.

Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K., & De Vries, M. (2021). Biomimicry design thinking education: A base-line exercise in preconceptions of biological analogies. International Journal of Technology and Design Education, 31, 797-814.

Sumrall, W. J., Sumrall, K. M., & Robinson, H. A. (2018). Using biomimicry to meet NGSS in the lower grades. Science Activities, 55(3-4), 115-126.

Sürgü, B. (2022). 8. sınıf teknoloji ve tasarım dersinde biyotaklit uygulamalarının öğrenciler üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi.

Şahin, A., Ayar, M. C., Adıgüzel, T. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içerikli okul sonrası etkinlikler ve öğrenciler üzerindeki etkileri. Kuram ve Uygulamada EğitimBilimleri, 14(1), 1-26.

Şenocak, E., & Taşkeseligil, Y. (2005). Probleme dayalı öğrenme ve fen eğitiminde uygulanabilirliği. Kastamonu Eğitim Dergisi, 13(2), 359-366.

Tadena, M. T. G., Salic-Hairulla, M. A. (2021, March). Raising environmental awareness through local-based environmental education in STEM lessons. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1835, No. 1, p. 012092). IOP Publishing.

Tanrıverdi, B. (2010). Sürdürülebilir çevre eğitimi açısından ilköğretim programlarının değerlendirilmesi. Eğitim ve Bilim, 34(151).

Taylor Buck, N. (2017). The art of imitating life: The potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 44(1), 120-140.

Terman, L. M. (1925). Genetic Studies of Genius. Stanford University Press.

Torp, L., & Sage, S. (1998). Problems as possibilities: Problem-based learning for K-12 education. Ascd.

Tortop, H. S. (2015). Farklılaştırılmış öğretim. Ankara: Genç Bilge Yayıncılık.

Türe, D. D. (2023). Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM etkinliklerinin tasarlanması kimya derslerinde uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Türkiye.

Türk Dil Kurumu (TDK). (2024). "Yetenek" Tanımı.

TUBİTAK 4004Bilim Okulları ve Doğa Eğitimi Projeleri (2022)., Doğadan Tasarıma Bir Bilim yolculuğub122B579 nolu proje

Tüysüz, C. (2013). Üstün yetenekli öğrencilerin problem çözme becerisine yönelik üstbiliş düzeylerinin belirlenmesi/Determination of gifted students' metacognition level about problem solving skills. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(21),157-166

TYÇ. (2020). Öğrenme Kazanımları Rehberi, Türkiye Yeterlilik Çerçevesi Daire Başkanlığı.

UN .(2022). SDG Good Practices: A compilation of success stories and lessons learned in SDG implementation. United Nations

Urmann, L. (2016). Integrating biomimicry into higher education: Designing and developing a biomimicry minor at the University of California, Santa Cruz. University of California, Santa Cruz.

Uzunkavak, M. (2009). Öğrencilerin iş kavraminda pozitiflik-negatiflik ayrimi becerilerinin yazi ve çizim metoduyla ortaya çikarilmasi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 1(2), 10-20.

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 incelemesi .(Yüksek Lisans Tezi),Kafkas Üniversitesi

VanMeter-Adams, A., Frankenfeld, C. L., Bases, J., Espina, V., & Liotta, L. A. (2014). Students who demonstrate strong talent and interest in STEM are initially attracted to STEM through extracurricular experiences. CBE Life Sciences Education, 13(4), 687-697.

Vasquez, J. (2014/2015). STEM: beyond the acronym. Educational Leadership, Dec./Jan.,10-16.

Vu, P., Harshbarger, D., Crow, S., & Henderson, S. (2019). Why STEM? Factors that influence gifted students' choice of college majors. International Journal of Technology in Education and Science(IJTES), 3(2), 63-71.

Yakışan, M., Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 39(2), 727-75.

Yıldırım, A., Şimşek, H. (2008). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri.Ankara: Seçkin.

Yıldırım, b., altun, y. (2015). Stem eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin İncelenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 2(2), 28-40.

Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergis i, 39(1), 63-90.4o

Yıldız, G. (2022). STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi

Yıldız, H. (2012).Endüstri ürünleri tasarimi kapsaminda biyomimetik tasarimin yeri ve metodolojisi.(Yüksek Lisans Tezi),İstanbul Tekni Ünivesritesi

A

ETİK KURUL İZNİ



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu

Toplantı Tarihi: 27.12.2022 Toplantı No: 2022.12

SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
TOPLANTI KARARI

Yürütücülüğünü Üniversitemiz EĞİTİM FAKÜLTESİ öğretim üyelerinden Prof. Dr. Bayram COŞTU danışmanlığında lisansüstü öğrencisi Aysel GÖKCE tarafından yapılacak olan "Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Çözme Becerisi Çevreye Karşı Duyuşsal Eğilimlerine Ve Tasarım Becerisine Etkisi" adlı çalışma ve bu çalışmada kullanılacak veri toplama araçları ve yöntemlerine ilişkin bilgilerde etiğe aykırı herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

Etik Kurul Üyeleri

Prof. Dr. Murat DONDURAN
Başkan

Prof. Dr. Ali ERYILMAZ
Üye

Prof. Dr. Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK
Üye

Doç. Dr. Mehmet Emin KAHRAMAN
Üye

Doç. Dr. Senay OĞUZTİMUR
Üye

Doç. Dr. Yasin ŞEHİTOĞLU
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Güzin AKYILDIZ
Üye

B
ONAM FORMLARI

AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

10/12/2022

Değerli Katılımcı,

"Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Çözme Becerisi ve Tasarım Becerisine Etkisi" başlıklı araştırmaın amacı Biyomimikri Temelli STEM etkinliklerinin bir problemin çözümünde doğadan ilham alarak tasarım yapma becerisine olan katkısını ortaya koymaktır. Bu amaçla veri toplama sürecinde Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT), Biyomimikri Temelli Tasarım Çizim Şablonu ve Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu uygulanacaktır. Çalışmada kişisel verilerin gizliliğine dikkat edilecek; toplanan veriler başka hiçbir yerde kullanılmayacaktır; kimseyle paylaşılmayacaktır.

Çalışmaya yapmış olduğunuz katkılardan dolayı şimdiden size teşekkür ederim.

Araştırmacı

Aysel GÖKCE

Katılımcının Adı-Soyadı

İmza

Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Çocuk Rıza Formu

Sayın Katılımcı ve Sayın veli

Katılacağınız bu çalışma, Biyomimikri Temelli STEM Etkinliklerinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Problem Çözme Becerisi, Çevreye Karşı Duyuşsal Eğilimlerine ve Tasarım Becerisine Etkisi." adıyla, Kasım 2022-Ocak 2023 tarihleri arasında yapılacak bir araştırma uygulamasıdır.

Araştırmanın Hedefi: Biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli 5. ve 6. sınıfa devam eden öğrencilerin; doğadan ilham alarak bir problem durumunun çözümüne yönelik ürün tasarımı konusunda becerilerine, çevreye yönelik duyuşsal eğilimlerine, tasarım becerilerine etkisini ortaya koymaktır.

Araştırma Uygulaması: Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi (PBPÇBT), Biyomimikri Temelli Tasarım Çizim Şablonu ve Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu şeklindedir.

Araştırma uygulamasına katılım tamamıyla gönüllülük esasına dayalı olmaktadır. Çalışmada sizden kimlik belirleyici hiçbir bilgi istenmemektedir. Cevaplar tamamıyla gizli tutulacak ve sadece araştırmacılar tarafından değerlendirilecektir. Veriler sadece araştırmada kullanılacak ve üçüncü kişilerle paylaşılmayacaktır.

Uygulamalar, kişisel rahatsızlık verecek sorular ve durumlar içermemektedir. Ancak, katılım sırasında sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden rahatsız hissederseniz cevaplama işini yarıda bırakabilirsiniz. Katılımı onaylamadan önce sormak istediğiniz herhangi bir konu varsa sormaktan çekinmeyiniz. Saygılarımızla,

Araştırmacı: Aysel GÖKCE

İletişim bilgileri:

Yukarıda bilgileri bulunan araştırmaya katılmayı kabul ediyorum.

…. /…. /……

Katılımcının İsim-Soyisim

İmza:

Velisi bulunduğum ..... sınıfı ..... numaralı
öğrencisi .....

… 'in yukarıda açıklanan araştırmaya katılmasına izin veriyorum.

…./…../……

Velinin İsim soy-İsim

C
VERİ TOPLAMA ARAÇLAR

1. Biyomimikri Temelli Tasarımlara Yönelik Çizim Şablonu (BTTYÇŞ)

Doğadaki canlılar; mevcut yapı ve sistemleri ile bir çok problem için bir çözüm rehberi ile karşımızda durmaktadır. Sizler de bir problem durumu belirleyiniz. Doğadan ilham aldığınız bir canlıyı taklit ederek bu probleme çözüm oluşturabilecek bir sistem tasarlayınız. Sisteminizi ve ilgili canlıyı aşağıdaki şablona çiziniz.

1.Problem Durumu:

.....

.....

.....

1. Doğada bu problem durumu ile hangi canlılar nasıl bir sistem veya yapı ile baş ediyor?

.....

.....

.....

Doğadan Seçtiğin Canlı	Bu Canlıyı Taklid Ederek Yaptığın Tasarım

2. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	
Görüşmenin Yapıldığı Tarih	
Görüşmenin yapıldığı saat	
Görüşmeyi Yapan Kişinin Adı-Soyadı	
Katılımcının Adı Soyadı:	

Katılımcılara yapılacak Bilgilendirme: " Sevgili Öğrenciler, yaptığınınız çizimleri daha iyi anlayabilmekiçin sizlerle 10 dakika kadar sürecek bir görüşme yapacağız."

Görüşme Soruları

1. Neden çizmek için bu canlıyı seçtiniz?
2. Tasarımınızı yaparken canlının hangi özelliğinden ilham aldınız?
3. İlham aldığınız bu özellik tasarımınızda nasıl bir görevi yerine getiriyor?
4. Bu tasarım nerelerde hangi amaçla kullanılabilir?

a.) Bu amaçların gerçekleştirebileceğini nasıl kanıtlarsınız?

5. Oluşturduğunuz tasarıma başka neler eklenebilir?
6. Tasarladığınız sistem günlük hayatta kullanılabilir mi? Bu tasarım nasıl bir geliştirme ile daha kullanılabilir hale getirilebilir?
7. Bu problem durumuna uygun başka nasıl tasarımlar yapılabilir?
8. Çizim ve tasarımınız ile ilgili eklemek istediğiniz başka bir şey var mı?

3.Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi

Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi

Bu bölüm senin çevre sorunları ile ilgili ne düşündüğünü ve bu sorunların çözümüne yönelik nasıl davrandığını belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Aşağıda ki metni dikkatlice okuyarak metin ile ilgili soruları cevaplayınız.

ÇİN DE Kİ AĞAÇLAR NEDEN HIZLA KURUYOR?

Fen bilimleri dersinde öğretmen insanların çevreye olan etkilerinden bahsederken aşağıdaki haberi öğrencilerine örnek olarak vermiştir.

Hızla sanayileşen Çin'de fabrikaların atmosfere bıraktığı gazlar hava kirliliğine neden oluyor. Son 10 yılda büyük bir hızla sanayileşen Çin'de, havada biriken zehirli gazlar sürekli artıyor. Çin'in geniş coğrafyasının 3'te birinin bu gazlara maruz kaldığı belirtiliyor. Çin'de fabrikaların 2005 yılında atmosfere 25.5 milyon ton **kükürt dioksit gazı** saldığı tahmin ediliyor. Bu kükürt dioksit atmosferde birikince yeryüzünü olumsuz etkiliyor. Kükürt dioksit gazının yüksek olduğu bölgelerde meydana gelen yağışlar sonucu toprak ve tarım ürünleri olumsuz etkileniyor. Toprak ve tarım ürünlerinin zarar görmesi toprağın verimini azaltıyor. Bu bölgelerde meydana gelen yağmurlar nedeniyle ağaçlar hızla kurumaya başlıyor. **Ağaçların hızla kurumasının nedenlerinin araştırılması için özel olarak kurulan bir ekip o bölgeyi inceleme altına aldı.**

28.08.2006

Eğer sen ağaç kurumalarını inceleyen ekipte olsaydın konuyu araştırmak için aşağıda ki işlemleri hangi sırayla yapardın. (**Not:** Araştırma için her türlü araç gereç ekip tarafından sağlanacaktır).

Dikkat: Lütfen aşağıda ki tabloda A SÜTUNU'nda verilen işlemleri dikkatli bir şekilde okuyunuz. Daha sonra A SÜTUNU'nda yer alan işlemleri, hangi sıra ile yapacağını B SÜTUNU'nda verilen rakamların yanına uygun harfi yazarak belirtiniz.

A SÜTUNU (İşlemler)	B SÜTUNU (Sıra)
A. Bu çevre sorununu daha iyi tanımlamak için ağaç kurumalarına neden olan yağışlar ile ilgili fen kitapları ve internetten bilgi toplarım.	1. ……
B. Deney yapmak için ağaçların kuruduğu yerden toprak örnekleri alırım.	2. ……
C. Deney yapmak için ağaçların kuruduğu bölgelerde gözlemler yaparım.	3. ……
D. Gözlem ve deney sonuçlarını yorumlarım.	4. ……
E. Elde etmiş olduğum tüm verileri rapor haline getirerek sınıfta sunarım.	5. ……
F. Deneyden elde ettiğim tüm sonuçları defterime kaydederim.	6. ……
G. Almış olduğum toprak örneklerini incelemek için gezi ekibinin sağlayacağı araç gereçlerle deney düzeneğini hazırlayarak deneyi gerçekleştiririm.	7. ……

AĞAÇ KURUMALARINI NASIL ÖNLEYEBİLİRİM?

Öğretmenin vermiş olduğu bu ödevi tamamlayıp, araştırma sonuçlarını sınıftaki diğer arkadaşların ile paylaştıktan sonra ağaç kurumalarını engellemek için sen neler yapardın veya yapmayı planlardın? Lütfen aşağıda boş bırakılan alana yazınız, birden fazla öneri yazabilirsin.

……

Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi

Bu bölüm senin çevre sorunları ile ilgili ne düşündüğünü ve bu sorunların çözümüne yönelik nasıl davrandığını belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Aşağıda ki metni dikkatlice okuyarak metin ile ilgili soruları cevaplayınız.

GÖLDE Kİ KUŞLAR NEDEN ÖLÜYOR?

Fen bilimleri dersinde öğretmen biyoçeşitlilik ve biyoçeşitliliğe etki eden faktörlerden bahsederken aşağıdaki haberi öğrencilerine örnek olarak vermiştir.

Adana'nın Karataş İlçesi'nde uluslararası anlaşmalarla, 'Yaban Hayatı Koruma Sahası' ilan edilerek korumaya alınan Akyatan Lagünü'nde (gölünde) son 4 günde çok sayıda ördek ve sakarmeke kuşu telef oldu. Kuşların ölümlerinin araştırılması için özel olarak kurulan bir ekip göl ve çevresini inceleme altına aldı. Kuşların nesillerinin tehlike altına girdiği duyuruldu.

Eğer sen bu gölü inceleme ekibinde olsaydın konuyu araştırmak için aşağıda ki işlemleri hangi sırayla yapardın. (**Not:** Araştırma için her türlü araç gereç ekip tarafından sağlanacaktır).

Dikkat: Lütfen aşağıda ki tabloda A SÜTUNU'nda verilen işlemleri dikkatli bir şekilde okuyunuz. Daha sonra A SÜTUNU'nda yer alan işlemleri, hangi sıra ile yapacağını B SÜTUNU'nda verilen rakamların yanına uygun harfi yazarak belirtiniz.

A SÜTUNU (İşlemler)	B SÜTUNU (Sıra)
A. Bu çevre sorununu daha iyi tanımlamak için kuş ölümlerinin nedenleri ve bu ölümler sonucunda nesillerinin tükenme tehlikesi altında olup olmadığı ile ilgili fen kitapları ve internetten bilgi toplarım.	1. .....
B. Deney yapmak için kuş ölümlerinin olduğu göl suyundan örnekler alırım.	2. .....
C. Deney yapmak için kuş ölümlerinin olduğu bölgelerde gözlemler yaparak kuş sayılarının azalıp azalmadığını gözlemlerim.	3. .....
D. Gözlem ve deney sonuçlarını yorumlarım.	4. .....
E. Elde etmiş olduğum tüm verileri rapor haline getirerek sınıfta sunarım.	5. .....
F. Deneyden elde ettiğim tüm sonuçları defterime kaydederim.	6. .....
G. Almış olduğum göl suyu örneklerini incelemek için gezi ekibinin sağlayacağı araç gereçlerle deney düzeneğini hazırlayarak deneyi gerçekleştiririm.	7. .....

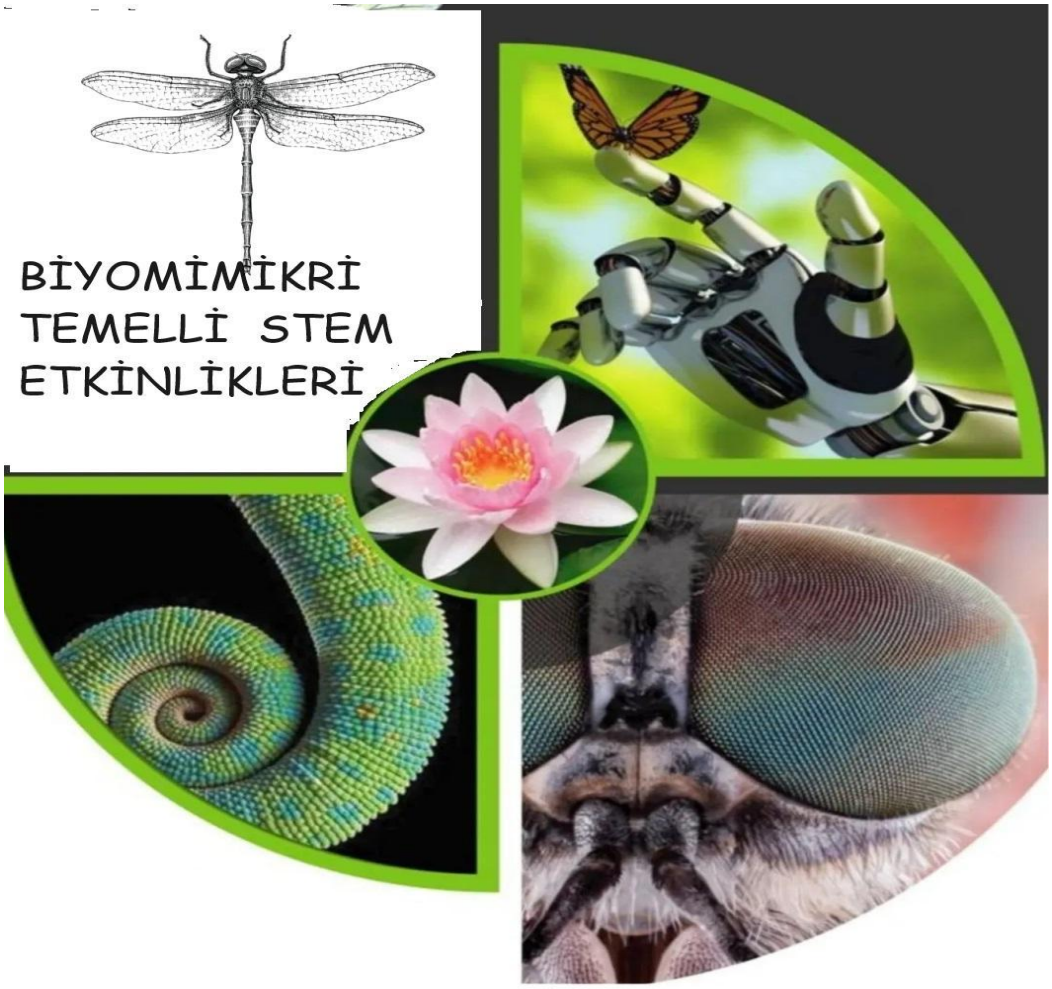
GÖLDE Kİ KUŞ ÖLÜMLERİNİ NASIL ÖNLEYEBİLİRİM?

Öğretmenin vermiş olduğu bu ödevi tamamlayıp, araştırma sonuçlarını sınıftaki diğer arkadaşların i paylaştıktan sonra kuş ölümlerinin azaltılması için sen neler yapardın veya yapmayı planlardın? Lütfe aşağıda boş bırakılan alana yazınız, birden fazla öneri yazabilirsin.

D

ÖRNEK ETKİNLİK MODÜLÜ

Biyomimikri Temelli STEM Etkinlik Modülü Örneği



3. MODÜL

Grup Adı:

Grup Üyeleri:



1. Problem Durumu:.....

.....

.....

.....

2. Probleme dair veriler:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Problemin sebepleri:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Probleme Dair Araştırma süreci ve sunum için planlama

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Verilerin hangi yolla sunulacağının seçilmesi

.....

.....

.....

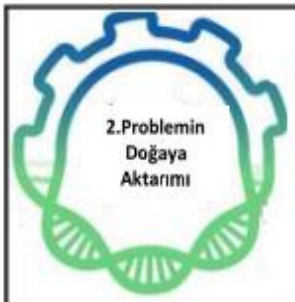
.....

.....

.....

.....

.....



1. Doğada bu problem durumu ile hangi canlılar, sistemler karşı karşıya kalmaktadır?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bu canlılar karşılaştıkları bu problemi çözmek için nasıl bir yapı veya sistem geliştirmiştir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Doğadan ilham aldığınız canlı veya sistemin özellikleri nelerdir?

1.

2.

3.

4.



1. Doğadan ilham aldığınız canlı veya sistemin ayrıntılı yapısını çiziniz ve bu sistem/yapının çalışma prensiplerini yazınız.

Yapı/Sistem	Çalışamsını/ İşe yaramasını sağlayan prensipler

Bu yapı/ sistem canlının veya sistemin karşılaştığı sorunlar ile baş etmesi konusunda ona nasıl bir avantaj sağlamaktadır?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Siz bu yapı veya sistemlerden ilham alarak probleminizi çözmek için nasıl bir yapı veya sistem tasarlayabilirsiniz? Tasarlayacağınız sistemin özelliklerini yazınız.

Doğanın Kanıtlanmış Çözümleri	Siz bu çözümleri ne yaparak/nasıl taklit edeceksiniz

Doğadan İlham Alarak Probleminizin Çözümüne Yönelik Gerçekleştireceğiniz Tasarımın Prototipi

Sisteminizi tasarlamak için ihtiyaç duyacağınız malzemeler nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tasarlayacağınız prototipin sıcaklık değişimini, nem miktarını nasıl takip edebilirsiniz? Bunu gerçekleştirmek için sisteminize nasıl bir sistem entegre edebilirsiniz? Bu sistemin taşıması gereken özellikleri yazınız?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Sıcaklık-nem takip sistemini kurmak için hangi malzemelere ihtiyacınız var? Araştırınız.

.....
.....
.....
.....

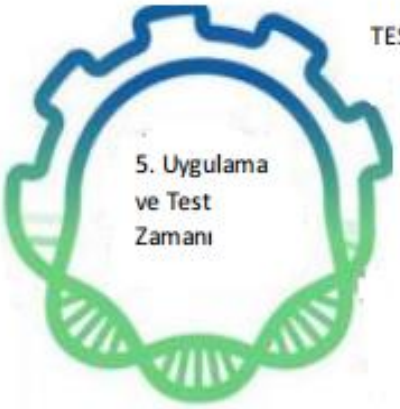
Malzeme Maliyet Tablosu

Malzeme Adı	İhtiyaç duyulan Miktar	Fiyat

Toplam Maliyet:

Sürdürülebilir yaşam sisteminin sıcaklık ve nem takibini yapan ve bunu bir ekrana yansıtabilen bir sistem nasıl bir algoritma ile çalışır. Sistemin algoritmasını aşağıya çiziniz.

Tinkercad programından yararlanarak sıcaklık-nem takibi yapan bir arduino devresi kurarak sistemin devresini aşağıya çiziniz.



TEST ZAMANI

Sürdürülebilir yaşam sisteminize kurduğunuz arduino sistemini entegre ediniz. Sistemdeki sıcaklık-nem değişimine ait grafikler oluşturarak aşağıya çiziniz.

Elde ettiğiniz grafikleri incelediğinizde, bu sistemde sürdürülebilir bir yaşam için ihtiyaç duyulan sıcaklık ve nem ihtiyacı karşılanabilmekte midir? Yorumlarınızı verileri kullanarak belirtiniz.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Sürdürülebeilir Yaşam Alanı Gözlem Notarı

Tarih	Gözlem Notları

TAKIM ve ÜRÜN TANITIMI

TAKIM ADI:

TAKIM ÜYELERİ:

Yazılımcı:

Tasarımcı:

Mühendis :

Bilim insanı:

TAKIMIN SEMBOLÜ:

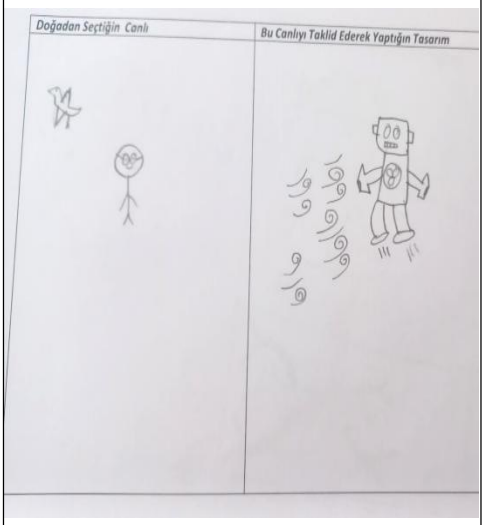
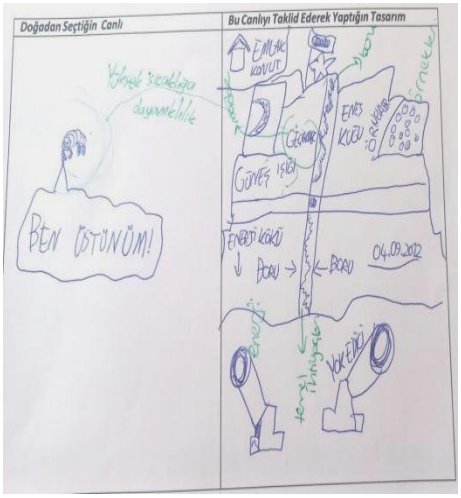
TASARIMIN ADI:

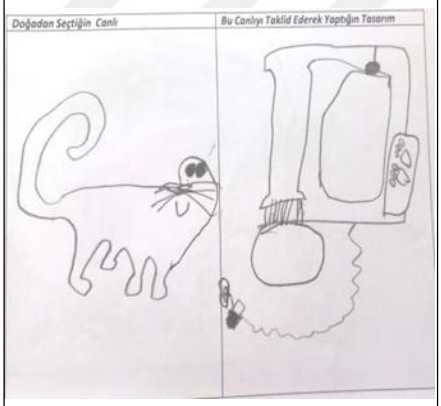
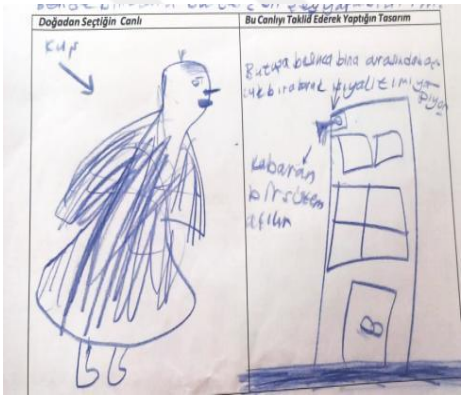
Tasarımın Sloganı ve Fotoğrafı:

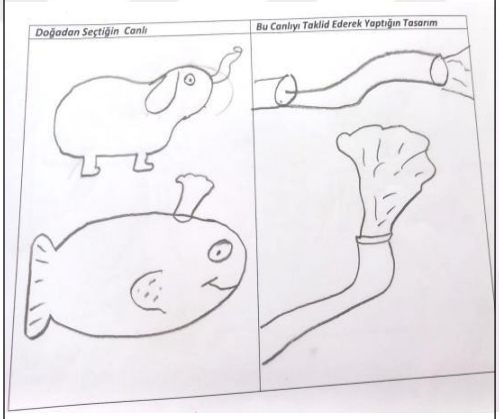
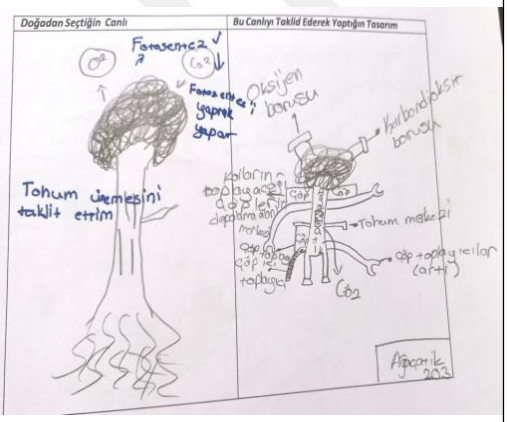
E

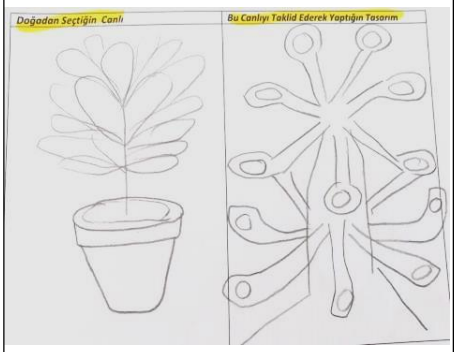
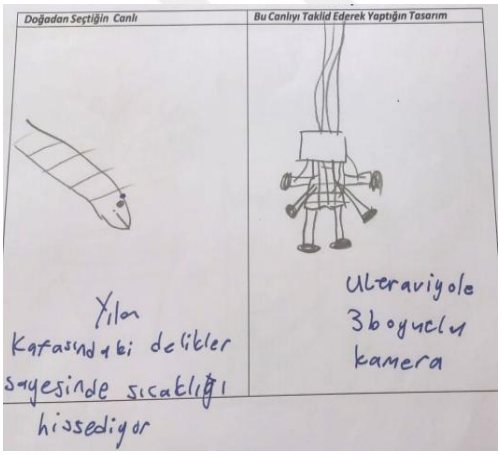
VERİ ANALİZİNE AİT BELGE ve TABLOLAR

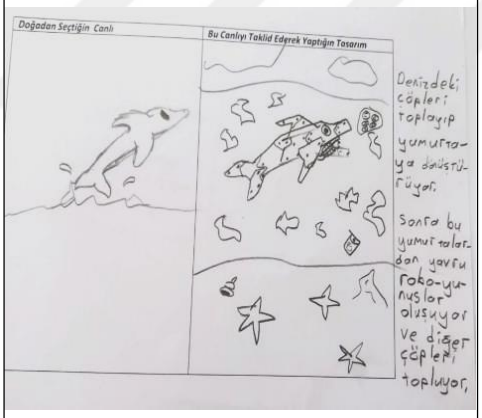
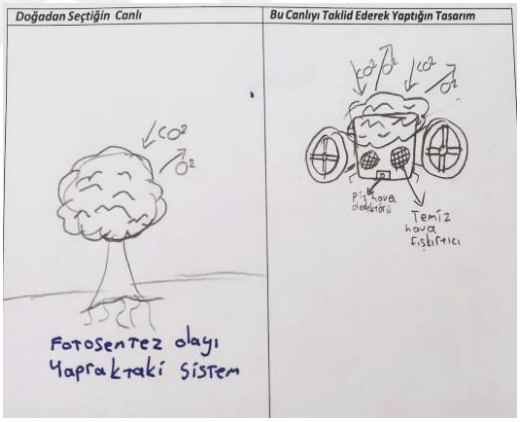
1. Biyomimikri Temelli Tasarıma Yönelik Çizim Şablonunda Elde Edilen Öğrenci Çizimlerinin ve Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formları Analiz Tabloları

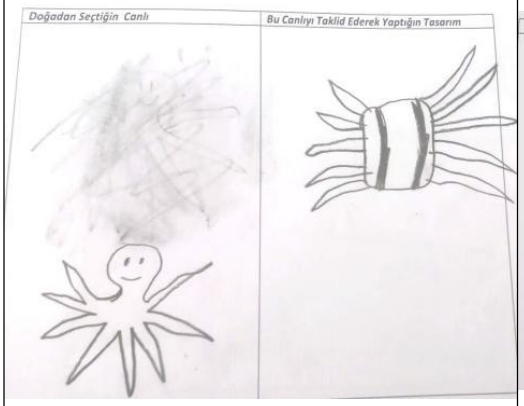
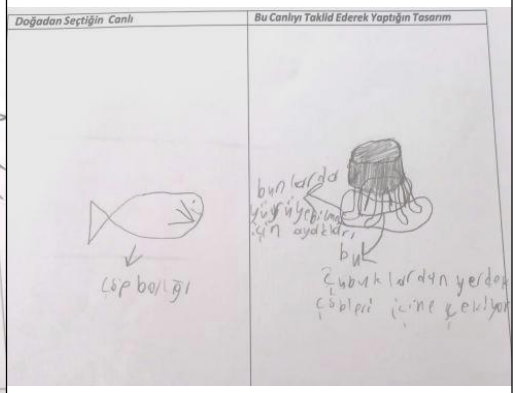
Öğrenci: Ö1	**ÖN TEST**	**SON TEST**
Problem Durumu	Hava kirliliği	Dünya dışında bir yerde uzun yaşam sürmek/ dünya dışı yaşam arayışları
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	İnsanlar ve kuşlar	Su ayısı (tardigrad)
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Kuşların tüylerinden ve insan yapısından yararlanarak tasarlanan robot	Yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı olma özelliği
Yapılan Taklidin Boyutu	Dış Görünüşün Taklidi, Yapısal Taklit	İşlevsel Taklit, Sistemsel Taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Kuş tüylerinden hava filtresi yapmak amaçlanmıştır. Kuş tüylerinin hava geçiren,ince yapısı havadaki tozları tutabilir. Tüylerin dış görünüşü ve yapısı taklit edilmiştir.	Tardigradların sıcaklık ve basınca dayanıklı olma özelliği ilham alınarak; yüksek sıcaklık ve basınçta denge sağlayan bir yaşam sistemi oluşturmak amaçlanmıştır.

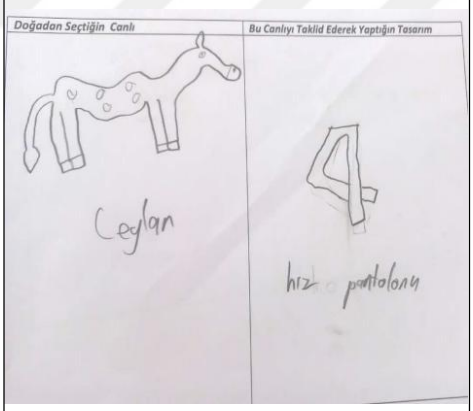
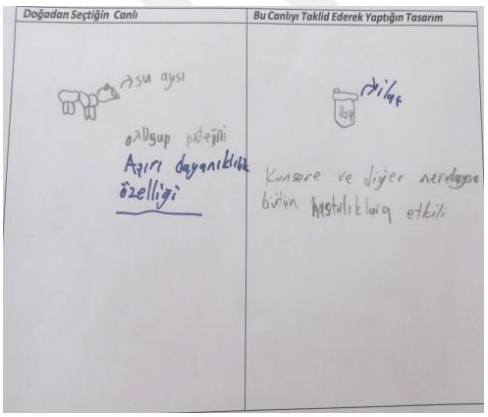
Öğrenci: Ö2	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Sokak hayvanlarının ihtiyaçlarının karşılanmaması	Binalarda ısı kaybı (enerji tasarrufu)
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Kedilerin kuyrukları	Kuşlar
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Kedilerin kıvrak kuyruklarına benzer esnek borulu mama kabı tasarımı	Kuşlar kanatlarını kabartarak tüylerinin arasına giren hava sayesinde ısı yalıtımı sağlamaktadır. Ben de bu özelliği binalara aktarabilirim.
Yapılan Taklidin Boyutu	Sadece Dış Görünüşün Taklidi	İşlevsel Taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Kedilerin uzun kıvrak kuyrukları her yöne hareket edebiliyor. Sokak hayvanları için yapılan mama kaplarına benzer şekilde hareketli borular eklenebilir.	Binaların dış cephesinde ortamın sıcaklığına bağlı olarak devreye giren bir tabaka yerleştirilir. Bu tabaka kuşun tüylerinin kabarması gibi duvarların üstünde ek bir alan açar ve bu alana giren hava ile ısı yalıtımı sağlanır.

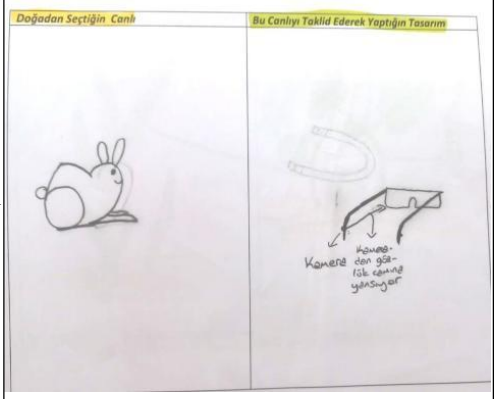
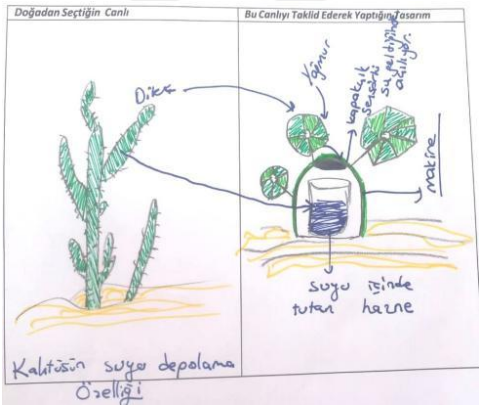
Öğrenci: Ö3	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Orman yangınlarının uzun uğraşlar sonucu söndürememek	Arabaların veya başka bir aletin doğaya saldığı karbondioksit vb. gazları yayıp Dünyayı kirletmesi
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Filler ve balinalar	Ağaçlar
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Filin hortumu veya balinanın üstünden su fışkırtan mekanizmasını geliştirip onu orman yangınlarını hızlı söndürmek için kullanabiliriz.	Ağaçlar karbondioksidi oksijene çevirerek havadaki karbondioksidi temizliyor. Kökleri ile topraktan su çekiyor. Ürettikleri tohumları çeşitli yollar ile etrafa yayıyor.
Yapılan Taklidin Boyutu	Dış Görünüşün Taklidi, işlevsel taklit	İşlevsel Taklit, Sistemsel Taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Filin hortumunun uzun bir mesafeden suyu çekebilmesi; balinanın yüksek mesafelere su fışkırtması özelliği taklit edilmiştir.	Ağaçların fotosentez yapması gibi; üretilen bir robot; karbondioksidi oksijene çevirebilir. Bunu kimyasal bir süreçle gerçekleştirebilir. Ayrıca kökleri ile su çektiği gibi çöpleri çekip toplayabilir; topladığı çöpleri de ham maddeye çevirerek tohumu fırlattığı gibi fırlatır. Bu robotun adı "Ağaçatik" olabilir.

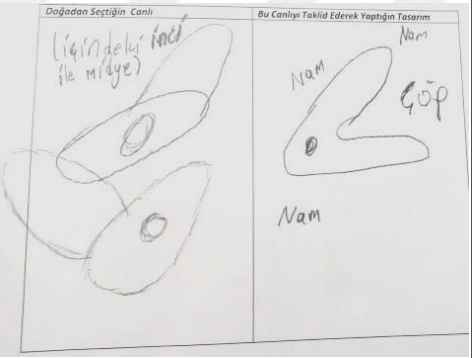
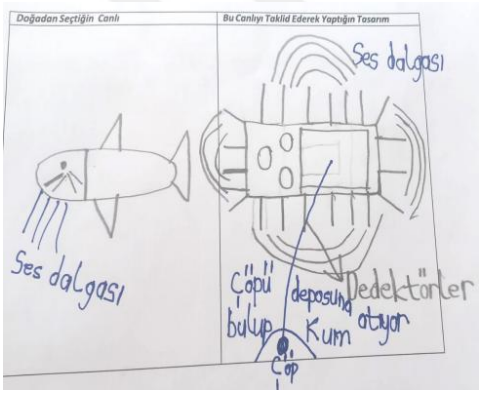
Öğrenci: Ö4	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Yağmur sularının kullanılamaması	Ultraviyole sıcaklık kameralarının net sonuç alamaması
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Bitki yaprakları	Yılanların kafa tasındaki deliklerin yılanlara sıcaklığı hissetmesi konusunda hassasiyet kazandırması
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Bitki yapraklarının üzerine düşen yağmur damlalarını toplaması özelliği	Yılanların kafa tasındaki delikler bir sensör gibi çalışarak yılanların ultraviyole ışınlarını ve sıcaklığı algılamasını sağlıyor.
Yapılan Taklidin Boyutu	Yapısal taklit	İşlevsel taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Bazı bitki yaprakları su damlalarını tutmaz, su damlaları yaprakların üzerinden akar. Bu özellik yağmur sularını depolayan sistemlerde yağmur damlaların aktarımı için kullanılabilir.	Ultraviyole dalgaları yakalayabilen 3 boyutlu kameralar tasarlamak için yılanların kafa tasındaki bu özellik kullanılabilir.

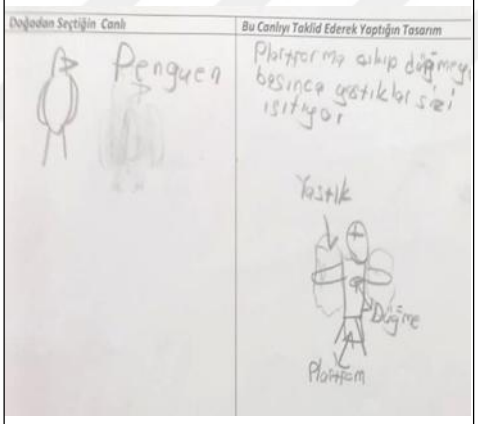
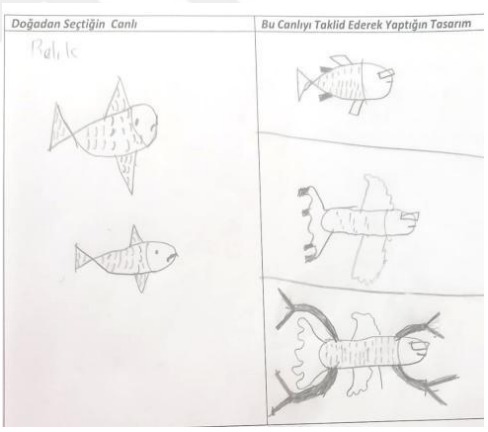
Öğrenci: Ö5	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Su kirliliği	Hava kirliliği
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Deniz canlıları	Bitkiler/Ağaçlar
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Balıklar, kaplumbağalar, yunuslar; suya karışan plastik vb. maddeleri yutmaktadır.	Bitkilerin havadaki karbondioksidi temizleme özelliği
Yapılan Taklidin Boyutu	Yapısal taklit	Sistemsel taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Deniz canlılarına benzer şekilde geliştirilen robotlar sudaki atıkları toplayarak paketler; bu çöpleri yeni robotlara dönüştürür; ortaya çıkan yeni yavru robotlar suyun daha hızlı temizlenmesini sağlar.	Yapraktaki sistemi kullanarak karbondioksidi içine alan bunu oksijene çeviren bir sistem düşünüyorum. Bu sistemin için karbondioksidi oksijene dönüştürücü bir yapı yer alacak. Yapraktaki gözenekler gibi karbondioksit dedektörü ve oksijen fışkırtıcı yer alacak.

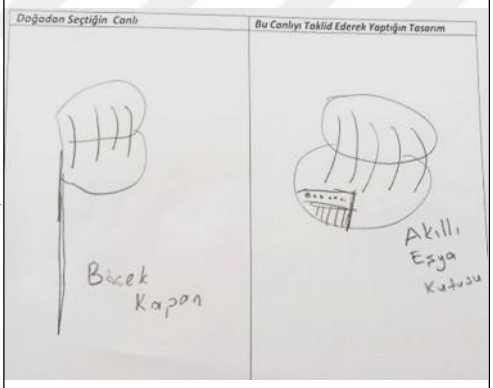
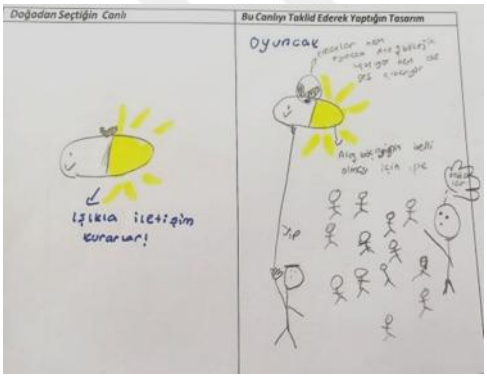
Öğrenci: Ö6	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Her yere yetişememe durumu, her şeyi tutamama durumumuz	Çevre kirliliği
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Ahtapot	Çöp balığı
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Ahtapotun çok kolu var. Kol sayısını kullanabilirim.	Çöp balığı sudaki atıkları tutabiliyor, parçalayabiliyor.
Yapılan Taklidin Boyutu	Dış görünüş taklidi	İşlevsel taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Ahtapotun kolları gibi hareket edebilen çoklu kollara sahip bir yelek düşünüyorum. Bu yeleği giyerek aynı anda ikiden fazla kol ile iş yapabiliriz.	Çöp balığının ağzına benzer bir sistem yapmak istiyorum. Sistemin alt kısmındaki çubuklar çöpleri içine çekebilecek ve robotun hareket etmesini sağlayacak.

Öğrenci: Ö7	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Vahşi hayvan saldırıları	Canlıların çevre kirliliğine karşı dayanıksız olma durumu
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Ceylanlar aslan saldırılarından çok hızlı koşarak kurtulabiliyor.	Tardigradlar kullandıkları "Dsup" adlı protein ile her türlü koşula çok dayanıklıdır.
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	İnsanlar için bu hızlı koşma durumu kullanılabilir. .	Dış koşullara dayanıklı olma durumunu kullandım
Yapılan Taklidin Boyutu	İşlevsel	İşlevsel
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	.Hızlı koşmayı sağlayan bacak kaslarını bir hız pantolonuna dönüştürmek	Konserve, ilaç, gıda gibi insan için önemli ihtiyaçların dayanıklılığını artırmak için "Dsup" proteininden yapılmış özel kaplar kullanılabilir.

Öğrenci: Ö8	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Birinin bizi takip etmesi/güvenlik problemleri	Kuraklık
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Tavşanlar	Kaktüsler
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Tavşanların başını 360º döndürebilmesi	Kaktüsler bu durum ile sularını etli kısımlarında depolayarak ve dikenleri sayesinde yakın hava akışını azaltarak, temas yüzeyini azaltarak gölge sağlayarak su kaybını azaltır.
Yapılan Taklidin Boyutu	İşlevsel taklit	Yapı, İşlevsel taklit,
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Özel tasarımlı gözlükler ile gözlüğün arka kısmında yer alan kamera başımızı arkaya çevirmeden arkamızı görmemizi sağlar.	Kaktüsün depo sistemine benzer şekilde su depolayan bir tasarım yaptım. Bu tasarımda yağmur ve havadaki su damlaları dikene benzer yapılar sayesinde tutulur. Tutulan su haznenin açılan kapağından geçer ve depo edilir.

Öğrenci: Ö9	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Doğanın kirlenmesi	Su kirliliği
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Midyeler	Çöpçü balıkları
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Midyelerin suyu içerisindeki kirleticiler ile birlikte alması	Çöpçü bıyıkları bıyıklarıyla yiyecek bulabiliyor.
Yapılan Taklidin Boyutu	Dış görünüş	Yapı ve işlevsel taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Midyelerden yola çıkarak sudaki kirleticileri içine alan, toplayan bir robot tasarımı	Çöpçü balıkları ses dalgalarına karşı hassastır. İnsansız su altı robotların tasarımında çöpçü balıklarının bu özelliğini kullandım.

Öğrenci: Ö10	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	İnsanların ısınma problemi	Şehirlerde bunalan insanlar
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Penguenler	Balık ve kuşlar
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Penguenler birbirine yakın durarak ısınıyor.	Balık ve kuşlardan yararlanarak insanların yolculuk yapmasını kolaylaştıracak bir ulaşım aracı tasarlanabilir.
Yapılan Taklidin Boyutu	İşlevsel	Yapısal-işlevsel taklit
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Tasarımımda butona basılınca yastık benzeri yapılar birbirine yaklaşarak ısınma sağlıyor.	Kuş kanatları, balık yüzgeçleri onların rahat hareket etmesini sağlar. Bunu sürtünme kuvvetini azaltarak yapar. Benim tasarımımda da bunlar yer alıyor.

Öğrenci: Ö11	ÖN TEST	SON TEST
Problem Durumu	Eşyalarımızın kalabalık ortamlarda güvende olmaması	Kalabalık ortamlarda arkadaşlarımızla birbirimizi kaybetme durumu
Problem durumunun çözümü için taklit edilen canlı	Böcek kapan bitkisi	Ateş böcekleri
Canlının Hangi Özelliğinin Taklit Edildiği	Böcek kapan bitkileri temas durumunda basınç değişimi ile kapanır. .	Ateş böcekleri yaydıkları ışık ile iletişim kurarlar
Yapılan Taklidin Boyutu	Dış görünüş ve yapı taklidi	Yapı ve işlev taklidi
Prototip Çizimi		
Yarı yapılandırılmış Görüşmede öğrencilerden elde edilen cevaplar	Akıllı eşya kutusu, zorlama ile açılmaya çalışıldığında kilitlenir.	Kalabalık ortamda birbirimizi kaybettiğimizde ateş böceğine benzer bize ait kişisel özelliklere göre ışık yayan bir sistemle birbirimizin yerini bulabiliriz.

PBPÇBT Puanlama Tablosu- Örneği (Ön Test)									
	1.Soru				2. Soru				
	Doğru Sıralama	Öğrencinin Sıralaması	Doğru verilen cevaplar	Puan Değeri	Doğru Sıralama	Öğrencinin Sıralaması	Doğru verilen cevaplar	Puan Değeri	Toplam Puan
Ö1	ACBGFDE	CABGDFE	BGE	3	ACBGFDE	CABGDFE	BGE	3	6
Ö2	ACBGFDE	CADEGFB	-	0	ACBGFDE	CADEGFB	-	0	0
Ö3	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	10
Ö4	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	10
Ö5	ACBGFDE	ABCGFED	AGF	3	ACBGFDE	ABCGFED	AGF	3	6
Ö6	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	10
Ö7	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	10

PBPÇBT Puanlama Tablosu Örneği- Ön Test (devam)									
	1.soru				2.soru				
	Doğru Sıralama	Öğrencinin Sıralaması	Doğru verilen cevaplar	Puan Değeri	Doğru Sıralama	Öğrencinin Sıralaması	Doğru verilen cevaplar	Puan Değeri	Toplam Puan
Ö8	ACBGFDE	CABGDFE	BGE	3	ACBGFDE	CABGDFE	BGE	3	6
Ö9	ACBGFDE	ACBDFGE	ACBFE	5	ACBGFDE	ACBGDFE	ACBGE	5	10
Ö10	ACBGFDE	GACBDFE	E	1	ACBGFDE	GACBDFE	E	1	2
Ö11	ACBGFDE	ABCFDGE	AE	2	ACBGFDE	ABCFGDE	ADE	3	5

Problem Belirleme ve Problem Çözme Becerileri Testi 2. bölüm öğrencilerin problem çözme stratejileri analiz tablosu örneği (Ön test)				
Öğrenci	**Probleme Yönelik Planlama**	**Çözüm Önerisi**	**Planlamada-Çözüm Önerisinde Bilimsel Yöntemi Kullanma**	**Planlamada-Çözüm Önerisinde Biyomimikri Temelli Adımları İçerme**
Ö1	Problemin sebebini tespit etme	Kirlilik sebebini ortadan kaldırma (Fabrika bacasına filtre, gölü koruma altına alma)	Problemi belirleme aşaması	Problemi tespiti
Ö2	Problemin sebebini tespit etme	Problemin gerçek sebebini belirleyip ortadan kaldırma; Yerel otoritelerden destek alma	Problemi belirleme-Gözlem ve inceleme (göl suyundan örnek alma	Problem tespiti
Ö3	Problemin sebebini tespit etme	Problemin sebebini tespit etme	Problem belirleme-Gözlem Araştırma	Problem tespiti
Ö4	Problemin çözümü için önlem alma	Alınacak önlemlere odaklanma	Problem belirleme-yüzeyse	Problem tespiti
Ö5	Problemin çözümü için önlem alma	Kirlilik sebeplerini ortadan kaldırma	Problem belirleme-yüzeysel	Problem tespiti

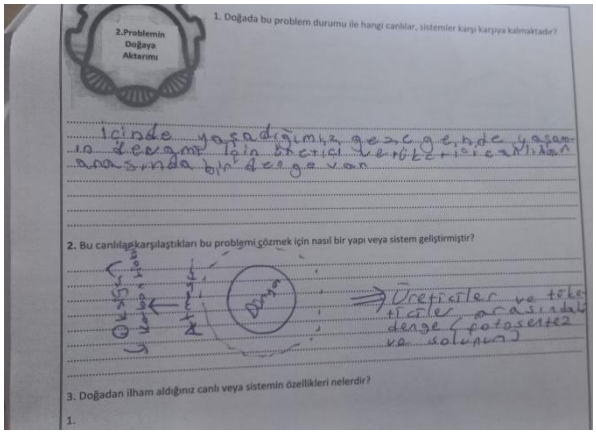
Ö6	Alınabilecek önlemlere odaklanma	Problemi ve problemin sebeplerini ortaya çıkarma	Problem belirleme-Gözlem-Veri toplama-deney düzeneği kurma	Problem tespiti
Ö7	Alınabilecek önlemlere odaklanma	Önlemlere odaklanma	Probleme yüzeysel bakış	Problem tespiti
Ö8	Problemin sebeplerine odaklanma	Sebepleri ortadan kaldırma	Probleme yüzeysel bakış	Problem tespiti
Ö9	Problemin sebeplerine odaklanma	Sebepleri ortadan kaldırma	Probleme yüzeysel bakış	Problem tespiti
Ö10	Problemin sebeplerine odaklanma	Problemin sebeplerini ortadan kaldırma	Problem belirleme-Gözlem-Veri – toplama	Problem tespiti
Ö11	Problemin sebeplerine odaklanma	Problemin sebeplerini ortaya çıkarma	Gözlem- veri toplama	Problem tespiti

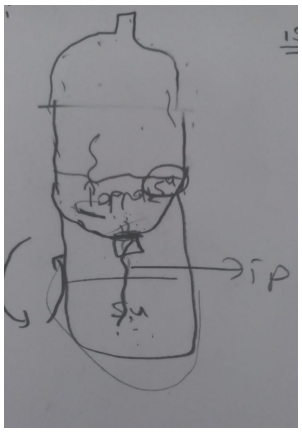
F

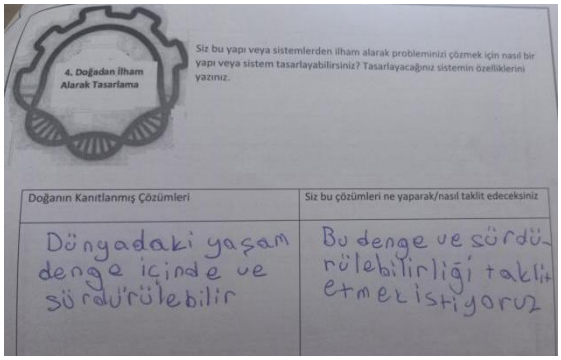
UYGULAMA SÜRECİNDEN ÖRNEKLER

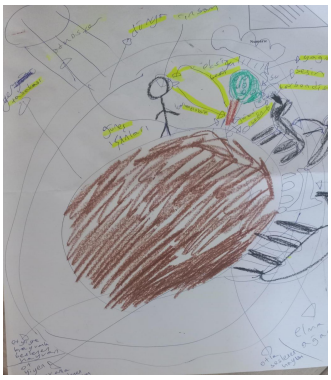
Uygulama Sürecinden Fotoğraf ve Belgeler








4. Doğadan İlham Alarak Tasarlama
Siz bu yapı veya sistemlerden ilham alarak probleminizi çözmek için nasıl bir yapı veya sistem tasarlayabilirsiniz? Tasarlayacağınız sistemin özelliklerini yazınız.
Doğanın Kanıtlanmış Çözümleri
Siz bu çözümleri ne yaparak/nasıl taklit edeceksiniz
Dünyadaki yaşam denge içinde ve sürdürülebilir
Bu denge ve sürdürülebilirliği taklit etmek istiyoruz




Biyomimikri
Dünyanın içinde yaşamalar


karbondioksit
oksijen
besin
toprak
su

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Coştu, B., & Gökce, A. (2023). Özel yetenekli öğrencilere yönelik biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin geliştirilmesi. Bitünleştirici Eğitimde İyi Örnekler Sempozyumu, Amasya, Türkiye