T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMİMİKRİ VE TERSİNE MÜHENDİSLİK TEMELLİ STEM UYGULAMALARININ ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

CANSEL HOCAOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Eylem BAYIR

EDİRNE-2025

CANSEL HOCAOĞLU'nun hazırladığı "**BİYOMİMİKRİ VE TERSİNE MÜHENDİSLİK TEMELLİ STEM UYGULAMALARININ ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI** " başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi** Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):	**İmza**
Prof. Dr. Eylem BAYIR	……
Doç. Dr. Sertaç ARABACIOĞLU	……
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Zeynep ŞEN	……

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2025

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Eylem BAYIR

Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

27 /06 /2025

Cansel HOCAOĞLU

İmza

Yüksek Lisans Tezi

Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma biyomimikri ve tersine mühendislik temelli tasarlanan STEM uygulamaları aracılığıyla üstün yetenekli öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümüne yönelik ne tür ürünler tasarladığını, bu süreçlere ilişkin nasıl algılara sahip olduklarını ve uygulama sonrası biyomimikri farkındalıkları, daimi bilim öğrenme motivasyonları ve çevresel tutum düzeyleri arasındaki farklılıkları incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın asıl uygulaması 2023-2024 eğitim öğretim yılı içerisinde Edirne ilinde merkeze bağlı bulunan Bilim ve Sanat Merkezinde toplam 25 öğrenci ile, pilot uygulaması ise 2023-2024 eğitim öğretim yılı içerisinde İstanbul ilinde bir ortaokulda 8 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karma yöntem kullanılmış olup nicel araştırma yöntemlerinden yarı deneysel araştırma deseninin öntest- sontest eşleştirilmiş kontrol gruplu desen modeli şeklinde uygulanmasına, nitel araştırma yöntemlerinden ise durum çalışması deseninin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda ders planları ve çalışma kağıtları hazırlanarak haftada 4 ders saati olmak üzere toplam 8 hafta boyunca uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada nicel veri toplama aracı olarak biyomimikri farkındalık ölçeği, daimi bilim öğrenme motivasyonu ölçeği, çevresel tutum envanteri öntest sontest olarak uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS programı ile analiz edilmiş ve bulgular 0.05 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir. Nitel veri toplama aracı olarak ise yarı yapılandırılmış görüşme formu, biyomimikri ve tersine mühendislik temelli tasarlanan çalışma kağıtları ve saha notları kullanılmış olup elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre,

biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştiren öğrencilerin biyomimikri farkındalıklarında, daimi bilim öğrenme motivasyonlarında anlamlı farklılık elde edilmiş olup bununla birlikte tersine mühendislik temelli uygulama sürecini gerçekleştiren öğrencilerin de daimi bilim öğrenme motivasyonlarında anlamlı farklılık elde edilmiştir. Her iki grubun çevresel tutumlarına yönelik anlamlı bir farklılık elde edilmemiş ancak gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerde öğrencilerin çevreye yönelik konularda bilinçli ve farkındalığı yüksek yorumlar yaptıkları, doğa dostu tasarımlar geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Nitel veriler incelendiğinde ise öğrencilerin biyomimikri ve tersine mühendislik kavramlarının doğasına yönelik anlamlı yanıtlar verdikleri ve sürece aktif katılım sağlayarak gerçekleştirilen uygulamalardan memnuniyet duydukları belirlenmiştir. Çalışma kağıtları, ilgili değerlendirme rubrikleri çerçevesinde analiz edilmiş ve öğrencilerin genel anlamda yüksek puanlar aldığı görülmüştür.

Yıl : 2025

Sayfa Sayısı : 311

Anahtar Kelimeler : Biyomimikri, tersine mühendislik, STEM, üstün yetenekli öğrenciler

Master Thesis

Comparing the Effects of Biomimicry and Reverse Engineering Based STEM Applications on Gifted Students

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mathematics and Science Education

ABSTRACT

This study was carried out to examine what kind of products gifted students design to solve the problems they encounter in daily life through STEM applications designed based on biomimicry and reverse engineering, what kind of perceptions they have about these processes, and the differences between their biomimicry awareness, motivation to learn science, and environmental attitude levels after the application. The actual implementation of the study was carried out with a total of 25 students in the Science and Art Centre in Edirne in the 2023-2024 academic year, and the pilot implementation was carried out with 8 students in a secondary school in Istanbul in the 2023-2024 academic year. In the study, mixed method was used and it was decided to apply the quasi-experimental research design in the form of pretest-posttest paired control group design model from quantitative research methods and to use the case study design from qualitative research methods. In this direction, lesson plans and worksheets were prepared and implementations were carried out for a total of 8 weeks, 4 lesson hours per week. In the study, biomimicry awareness scale, permanent science learning motivation scale, environmental attitude inventory were applied as pretest-posttest as quantitative data collection tools. The data obtained were analysed with SPSS software and the findings were evaluated at 0.05 significance level. Semi-structured interview form, biomimicry and reverse engineering based worksheets and field notes were used as qualitative data collection tools and the data obtained were analysed by content analysis method. According to the data obtained, a significant difference was obtained in the biomimicry

awareness and motivation to learn permanent science of the students who realised the biomimicry-based STEM application process, and a significant difference was obtained in the motivation to learn permanent science of the students who realised the reverse engineering-based application process. No significant difference was found in the environmental attitudes of both groups, but in the semi-structured interviews, it was observed that the students made conscious and highly aware comments on environmental issues and developed environmentally friendly designs. When the qualitative data were analysed, it was determined that the students gave meaningful answers about the nature of biomimicry and reverse engineering concepts and that they were satisfied with the practices carried out by actively participating in the process. The worksheets were analyzed within the framework of relevant assessment rubrics and it was seen that the students received high scores in general.

Year : 2025

Number of Pages : 311

Keywords : Biomimicry, reverse engineering, STEM, gifted students

TEŞEKKÜR

Öncelikle lisans eğitimim boyunca tüm bilgi, birikim ve deneyimlerini bizlerle paylaşan, öğretmenliğe atacağım her adımda bana ilham kaynağı olan ve yüksek lisans sürecim boyunca tezimi hazırlamamda desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen sayın hocam ve danışmanım **Prof. Dr. Eylem BAYIR' A** sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezime sunduğu değerli fikirler ve önerileriyle önemli katkılar sağlayan sayın hocam **Doç. Dr. Sertaç ARABACIOĞLU' NA** teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TÜBAP) tarafından desteklenen (2024/146) proje kapsamında yürütülmüştür. Destekleri için TÜBAP'a teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan, her adımımda yanımda yer alarak beni daima destekleyen, sabırları, sevgileri ve fedakârlıklarıyla eğitim hayatım boyunca en büyük motivasyon kaynağım olan canım aileme en derin teşekkürlerimi sunarım.

Cansel HOCAOĞLU

Edirne, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xv
ÇİZELGELER DİZİNİ xxi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
1.1.Araştırmanın Önemi 3
1.2. Araştırmanın Amacı 5
1.3. Araştırmanın Problem Cümlesi 5
1.4. Araştırmanın Alt Problemleri 5
1.5. Araştırmanın Varsayımları 7
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları 8
1.7. Araştırmanın Tanımları 8
BÖLÜM 2 10
KURAMSAL ÇERÇEVE İLE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR 10
2.1. Biyomimikri 10
2.1.1. Biyomimikri Kavramı Tanım ve Temelleri 10
2.1.2.Biyomimikri Kavramının Felsefesi ve Prensipleri 13
2.1.3. Geçmişten Günümüze Biyomimikri Kavramı 15
2.1.4. Biyomimikri ve Tasarım Fikri 17
2.1.4.1. Biyomimikri Tasarım Lensleri 18
2.1.4.1.1. Biyomimikri Tasarım Lensi: Yaşamın İlkeleri 18
2.1.4.1.2. Biyomimikri Tasarım Lensi: Biyomimikri ile Düşünme 20
2.1.4.1.3.Biyomimikri Tasarım Spirali 20
2.1.4.1.4. Kilmer'in Tasarım Spirali 23

2.1.5.Biyomimikri Tasarım Örnekleri 24
2.1.5.1.Biyomimikri Temelli Mimari Yapılar 24
2.1.5.2. Biyomimikri ve Ürün Malzeme 26
2.1.5.3. Biyomimikri ve Mühendislik 27
2.1.6. Fen Eğitiminde Biyomimikri 29
2.1.7. Biyomimikriye İlişkin Çalışmalar 31
2.1.7.1.Biyomimikriye İlişkin Uluslararası Çalışmalar 31
2.1.7.2.Biyomimikriye İlişkin Ulusal Çalışmalar 32
2.2.Mühendislik Tasarım Süreci 35
2.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci Tanım ve Temelleri 35
2.2.2. Mühendislik Tasarım Süreci Modelleri 35
2.2.2.1. Farklı Mühendislik Tasarım Döngüleri 36
2.3.Tersine Mühendislik 40
2.3.1. Tersine Mühendislik Kavramı Tanım ve Temelleri 40
2.3.2. Tersine Mühendislik Süreci Basamakları 42
2.3.3.Tersine Mühendislik ile İlgili Çalışmalar 44
2.3.3.1. Tersine Mühendislik ile İlgili Uluslararası Çalışmalar 44
2.3.3.2. Tersine Mühendislik ile İlgili Ulusal Çalışmalar 46
2.4. STEM Eğitimi 47
2.4.1.STEM Eğitimi Tanım ve Temelleri 47
2.4.2. Disiplinlerarası Bir Yaklaşım Olarak STEM 48
2.4.3 Biyomimikri ve STEM 48
2.4.5. STEM Üzerine Yapılan Çalışmalar 50
2.4.5.1. STEM Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmalar 50
2.4.5.2. STEM Üzerine Yapılan Ulusal Çalışmalar 52
2.6.Üstün Yeteneklilik 54
2.6.1. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tanım ve Temelleri 54
2.6.2. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tarihsel Gelişim Süreci 56
2.6.3. Dünya'da ve Türkiye'de Üstün Yeteneklilere Yönelik Eğitim Uygulamaları 57
2.6.4. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Çalışmalar 59
2.6.4.1. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmalar 59

2.6.5. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Ulusal Çalışmalar 59
BÖLÜM 3 61
MATERYAL VE YÖNTEM 61
3.1. Araştırmanın Modeli 61
3.2. Evren ve Örneklem 63
3.3. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları 64
3.3.1. Biyomimikri Farkındalık Ölçeği 65
3.3.1.1. Biyomimikri Farkındalık Ölçeği Geliştirme Süreci 66
3.3.2. Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği 67
3.3.3. Çevresel Tutum Envanteri (Environmental Attitudes Inventory-EAI) 68
3.3.4. Yarı Yapılandırılmış Bireysel Görüşmeler 68
3.3.4.1. Yarı Yapılandırılmış Bireysel Görüşmeler Üzerine Soruların Geliştirilme Süreci 69
3.3.5. Saha Notları 70
3.3.6. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıtları 71
3.3.7. Ürün ve Süreç Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarları (Rubrikleri) 71
3.3.8. Ses Kayıtları 74
3.4. Değişkenler 74
3.4.1. Bağımsız Değişkenler 74
3.4.2. Bağımlı Değişkenler 74
3.5. Öğretim Uygulamaları Süreci 75
3.5.1. Pilot Uygulama Süreci 75
3.5.2. Pilot Uygulama Süreci Yaşanan Aksaklıklar ve Asıl Uygulama Sürecine Yansıtılması Gereken Durumlar 76
3.5.3. Asıl Uygulama Süreci 78
3.5.3.1. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 79
3.5.3.2. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 84
3.5.3.3. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 89

3.5.3.4. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci....91
3.5.3.5. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci.....95
3.5.3.6. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci.....98
3.6. Verilerin Analizi.....100
BÖLÜM 4 102
BULGULAR VE YORUMLAR.....102
4.1. Nicel Bulgular 103
4.1.1. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Biyomimikri Farkındalığına Etkisi 103
4.1.2. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonlarına Etkisi.....107
4.1.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Çevresel Tutumlarına Etkisi 111
4.2. Nitel Bulgular.....115
4.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular 116
4.3.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular.....116
4.3.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular.....134
4.4. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 148
4.4.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 148
4.4.1.1. "Kambur Balinalardan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 149

4.4.1.2. “Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 158
4.4.1.3. “Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 168
4.4.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 176
4.4.2.1. “Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 177
4.4.2.2. “Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 184
4.4.2.3. “Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar 191
BÖLÜM 5 197
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 197
5.1. Nicel Bulgulara İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 197
5.1.1. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Biyomimikri Farkındalığına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 198
5.1.2. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonlarına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 200
5.1.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Çevresel Tutumlarına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 201
5.2. Nitel Bulgulara İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 203
5.2.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 203

5.2.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Sonuçlar ve Tartışma.....207
5.2.3. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 210
5.2.3.1. "Kambur Balinalardan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 211
5.2.3.2. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 211
5.2.3.3. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 212
5.2.4. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 213
5.2.4.1. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 213
5.2.4.2. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 214
5.2.4.3. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma 214
5.3. Öneriler.....215
KAYNAKLAR.....217
EKLER.....234
ÖZGEÇMİŞ 286

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Leonardo Da Vinci Çalışma örnekleri (URL-1) 16
Şekil 2.2. Leonardo Da Vinci Çalışma Örnekleri (URL-2) 16
Şekil 2.3. Biyomimikri Tasarım Lensi : Yaşamın İlkeleri (URL-3) 19
Şekil 2.4. Biyolojiyi Sorgulamak (URL-4) 20
Şekil 2.5. Tasarım için Biyoloji (URL-4) 20
Şekil 2.6. Biyomimikri Tasarım Spirali (URL-5) 21
Şekil 2.7. Biyomimikri Tasarım Spirali (URL-6) 23
Şekil 2.8. Kilmer'in Tasarım Spirali (URL-7) 24
Şekil 2.9. Katar Bakanlık Binası (URL-8) 25
Şekil 2.10. Eastgate Binası (URL-9) 25
Şekil 2.11. Esplanade Theater (URL-10) 26
Şekil 2.12. Lotus Bitkisi (URL-11) 27
Şekil 2.13. Gecko Kertenkelesi ve Dağcı Ayakkabısı (URL-12) 27
Şekil 2.14. Kambur Balinalar ve Rüzgar Türbini (URL-13) 28
Şekil 2.15. Shinkansen Hızlı Treni ve Yalıçapkını Kuşu (URL-14) 29
Şekil 2.16. Mühendislik Tasarım Süreci Adımları 37
Şekil 2.17. Mühendislik Tasarım Süreci Adımları 38
Şekil 2.18. İç içe Geçmiş Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü 39
Şekil 2.19. Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü 39
Şekil 2.20. Tersine Mühendislik Tasarım Süreci 43
Şekil 2.21. Tersine Mühendislik Tasarım Döngüsü 43
Şekil 3.1. Karma Araştırma Yöntemleri: Birleştirme/Çeşitleme Deseni 62
Şekil 3.2. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları 65
Şekil 3.3. Araştırmacının Tuttuğu Saha Notu Örneği 70
Şekil 3.4. Pilot Uygulama Süresince Uygulanan Etkinlikler 76
Şekil 3.5. Asıl Uygulama Süresince Uygulanan Etkinlikler 79

Şekil 3.6. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 80
Şekil 3.7. Kambur Balinalar Kısa Filmi.....80
Şekil 3.8. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri 83
Şekil 3.9. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri 83
Şekil 3.10. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler 84
Şekil 3.11. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 85
Şekil 3.12. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri 87
Şekil 3.13. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler.....88
Şekil 3.14. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 89
Şekil 3.15. Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık Etkinliği Üzerine Sunulan Görseller 89
Şekil 3.16. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci.....92
Şekil 3.17. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Araştırma Deneyimleri.....93
Şekil 3.18. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimler.....94
Şekil 3.19. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler 95
Şekil 3.20. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci 96
Şekil 3.21. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci ...98
Şekil 3.22. Asıl Uygulama Sürecinde Tasarlanan Ürünlerin Sergisi 100
Şekil 4.1. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 152
Şekil 4.2. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 153

Şekil 4.3.Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö11'in "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 153
Şekil 4.4. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 154
Şekil 4.5. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö3'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 154
Şekil 4.6. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 155
Şekil 4.7. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö8'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 156
Şekil 4.8. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö12'nin '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 156
Şekil 4.9. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 157
Şekil 4.10. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö10'un '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 157
Şekil 4.11. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 158
Şekil 4.12. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö4'ün "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 161
Şekil 4.13. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 162
Şekil 4.14. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 163
Şekil 4.15. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö11'in "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 164
Şekil 4.16. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö8'in "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 164

Şekil 4.17. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....165
Şekil 4.18. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö5'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....166
Şekil 4.19. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö11'in '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 166
Şekil 4.20. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö3'ün '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 167
Şekil 4.21. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 167
Şekil 4.22. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö2'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 171
Şekil 4.23. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 172
Şekil 4.24. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....173
Şekil 4.25. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö3'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....174
Şekil 4.26. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö11'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 174
Şekil 4.27. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 175
Şekil 4.28. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö10'un '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....175
Şekil 4.29. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö8'in '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları.....176
Şekil 4.30. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö1'in "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 179

Şekil 4.31. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 180
Şekil 4.32. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö7'nin "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 181
Şekil 4.33. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 181
Şekil 4.34. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö4'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 182
Şekil 4.35.Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö9'un "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 182
Şekil 4.36. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö10'un "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 183
Şekil 4.37. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö6'nın "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 183
Şekil 4.38. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö10'un "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 186
Şekil 4.39. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 187
Şekil 4.40. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 188
Şekil 4.41. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 188
Şekil 4.42. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 189
Şekil 4.43. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö1'in "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 189

Şekil 4.44. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö7'nin "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 190
Şekil 4.45. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 193
Şekil 4.46. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 194
Şekil 4.47. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö1'in "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 195
Şekil 4.48. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö4'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları..... 195
Şekil 4.49. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö8'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları 196

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bilim İnsanlarının Biyomimikri Tanımları 11
Çizelge 2.2. Bir Öğretici Olarak Biyomimikri (Madkour, vd., 2023)..... 13
Çizelge 2.3. Biyomimikri Prensipleri..... 14
Çizelge 2.4. Biyomimikri Düzeyleri 18
Çizelge 2.5. Biyomimikri Tasarım Lensi : Yaşamın İlkeleri Tanımları 19
Çizelge 2.6. Halı üzerine Biyomimikri Tasarım Spirali (Biomimicry Institute ,2017) ..22
Çizelge 2.7. Farklı Sözlüklerin Tersine Mühendislik Tanımları..... 40
Çizelge 2.8. Bilim İnsanlarının Üstün Yeteneklilik Tanımları 55
Çizelge 2.9. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tarihsel Gelişim Süreci 56
Çizelge 3.1. Araştırmanın modeli 63
Çizelge 3.2. Biyomimikri Uygulamalarına Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği..... 72
Çizelge 3.3. Tersine Mühendislik Uygulamalarına Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği..... 73
Çizelge 3.4. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Tasarım Kriterleri..... 82
Çizelge 4.1. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları 103
Çizelge 4.2. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları..... 104
Çizelge 4.3. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları 104
Çizelge 4.4. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı sontest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları..... 105
Çizelge 4.5. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları..... 105
Çizelge 4.6. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 106

Çizelge 4.7. Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....106
Çizelge 4.8. Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 107
Çizelge 4.9. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....107
Çizelge 4.10. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme öntest puanları bağımsız grup t-testi sonuçları 108
Çizelge 4.11. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları 108
Çizelge 4.12. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları sontest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları.....109
Çizelge 4.13. Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....109
Çizelge 4.14. Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 110
Çizelge 4.15. Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....110
Çizelge 4.16. Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 111
Çizelge 4.17. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları 111
Çizelge 4.18. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları.....112
Çizelge 4.19. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları 112
Çizelge 4.20. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanları bağımsız grup t-testi sonuçları 113
Çizelge 4.21. Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....113
Çizelge 4.22. Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 114

Çizelge 4.23. Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları.....115
Çizelge 4.24. Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları 115
Çizelge 4.25. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri kavramı tanımları.....116
Çizelge 4.26. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımları 117
Çizelge 4.27. Deney grubu öğrencilerinin doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalar 119
Çizelge 4.28. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıkları.....121
Çizelge 4.29. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair ifadeleri.....123
Çizelge 4.30. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajlarına dair ifadeleri 125
Çizelge 4.31. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının insanlığa sağladığı katkılara dair ifadeleri 126
Çizelge 4.32. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadeleri.....128
Çizelge 4.33. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadeleri 129
Çizelge 4.34. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadeleri.....130
Çizelge 4.35. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadeleri 131
Çizelge 4.36. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olmadığı/keyif almadığı durumlara dair ifadeleri 133
Çizelge 4.37. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik kavramı tanımları 134
Çizelge 4. 38. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamaları.....136
Çizelge 4.39. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıkları.....138

Çizelge 4.40. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadeleri 140
Çizelge 4.41. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumlara dair ifadeleri 141
Çizelge 4.42. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının insanlığa sağladığı katkılara dair ifadeleri 143
Çizelge 4.43. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadeleri 145
Çizelge 4.44. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadeleri 146
Çizelge 4.45. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadeleri 147
Çizelge 4.46. “Kambur Balinalardan İlham Aldık” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 150
Çizelge 4.47. “Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 159
Çizelge 4.48. “Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 169
Çizelge 4.49. “Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 177
Çizelge 4.50. “Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 184
Çizelge 4.51. “Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı” etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular 191

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğa, milyarlarca yıl boyunca geçirdiği evrimleşme sürecinde yüzleştiği tüm sorunları çözebilmek, hayatta kalabilmek ve gelişmek için etkili çözümler geliştirmiştir. İçerisinde bulunduğumuz evren ve parçası olduğumuz gezegen geliştirdiği çözümlerde; uyum sağlama, tepki verme, direnç gösterme gibi benzersiz yeteneklerini ve dehasını kullanmıştır (Madkour vd., 2023). Bu yetenekleri kullanmak organizmaların, insanların ve diğer canlıların milyarlarca yıl bu gezegende yaşamasını mümkün kılmıştır. Dolayısıyla kendi tasarım ihtiyaçlarımız için doğanın sunduğu çözümlerden ilham almaya, biyolojik bilgileri kullanarak tasarım sorunlarımız arasında uygun analojiler kurmaya devam etmemiz gerektiği giderek daha açık hale gelmiştir (Hooker ve Smith, 2016). Doğanın sonsuz bir yaratıcılık kaynağı olarak görülmesi çeşitli alanlarda çalışan tasarımcılar, planlamacılar ve bilim insanlarının tasarımlarında doğayı kullanmasını da bir gereklilik haline getirmiştir (El-Ghobashy ve Mosaad, 2016).

Biyomimikri doğal yapıların, organizmaların veya ekosistemlerin tasarımlarından ilham alarak taklit etmeyi ve bu sayede dünyanın içerisinde bulunduğu her süreçte birçok sorununa yönelik yenilikler ve çözümler geliştirmek için zemin sunmayı ifade etmektedir (Ball, 2001). Temelinde doğadan ilham alan inovatif tasarımlar geliştirmeyi ifade eden biyomimikri (Benyus,1997) daha iyi ürünler ve endüstriler yaratmak için gereklidir ve aynı zamanda küresel ekonomi, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm gibi tasarım ihtiyaçlarını sunduğu inovatif fikirler ile desteklemektedir (Kennedy ve Nagel, 2015). Gezegenimizin de birçok sorunla yüz yüze olduğu gerçeğinden yola çıkarak insanların doğayla uyum içinde yaşaması, gerçekleştirdiği eylemlerde gezegenlerin sınırlarına saygı duyması, gezegenin bir parçası olduğunu hatırlaması ve doğanın tükenmemesi adına faaliyetlerde bulunması gerektiği Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi pek çok anlaşmanın eylem planları

çerçevesinde belirtilmektedir (Ecer vd., 2021). Tüketim anlayışının elimizdeki kaynaklar sınırsızmışçasına sürmesi ardından kayıtlara geçen en sıcak yılların 2015'den itibaren yaşandığı, gezegendeki bitki ve hayvan türlerinin yüzde 25'inin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu (OECD,2020), doğada yaşanılan değişikliklerin geri döndürülemez sınır noktalara ulaştığı da (Ripple vd., 2021) birçok çalışma ile ortaya konmaktadır.

Dünya Ekonomik Forumu yayınladığı İşlerin Geleceği Raporu'nda yenilenebilir enerji teknolojilerinin kurulumu, güçlendirilmesi ve bakımı gibi yeşil işlerin önümüzdeki yıllarda önemli bir büyüme yaşayacağını vurgulamaktadır (World Economic Forum (WEF), 2020). Gerçekleşecek bu büyüme sonucunda rapora göre 2025 yılının en iyi beş becerisi arasında analitik düşünme ve yenilikçilik, karmaşık problemleri çözme, yaratıcılık, özgünlük ve inisiyatif becerileri yer almakta ve raporda gelecek için tasarım geliştirmede yaratıcılığın önemi ifade edilmektedir. Bu hedefleri ve becerileri geliştirmeye yönelik yaklaşımlardan biri de biyomimikri ve biyo-esinli tasarımlar olarak görülmektedir. Ayrıca belirtilen hedefler doğrultusunda içerisinde bulunduğumuz çağda eğitim kurumlarının da öğrencilere doğayı ve çevreyi takdir etmeyi öğretme yönünde giderek artan eğilimi göze çarpmaktadır (McBride vd., 2013). Öğretim programlarının, öğrencilerin çevre okuryazarlığını geliştirmek için onlara doğayı etkileyen eylemler hakkında daha bilinçli kararlar vermelerini sağlayacak çevre temelli beceriler üzerine kazanımlar içermesi (Qureshi, 2022) doğadan ilham alan tasarımların insanlığın tasarım problemlerine daha ekonomik, verimli, sürdürülebilir, yenilikçi ve etkili çözümler sunabilmesi ve aynı zamanda öğretim programlarının çevre okuryazarlığını geliştirmek adına etkili eylemler hakkında öğrencilerin daha bilinçli kararlar vermelerini sağlamasıyla mümkün görülmektedir (Adams,2010). Biyomimikri sayesinde doğaya duyulan saygının artacağı ve bu durumun onu koruma arzusunu da arttırabileceği öngörülmektedir (Miller,2010).

Biyolojik bilginin tasarım problemlerine cevap sunması; malzeme bilimi, mimari, kentsel tasarım, robotik gibi birçok disiplinde yeni araştırmalara yol açmaktadır (Speck vd., 2017). Bununla birlikte biyomimikri gün geçtikçe akademik alanda mevcut disiplinlerarası çalışmaları ile de dikkat çekmektedir. Doğadan ilham alan tasarımlar STEM disiplinleri kapsamında uygulanabilecek ve aynı zamanda disiplinlerarası sorunları çözmek için gerekli teknik ve teknik olmayan yeterlilikleri güçlendirebilecek sürdürülebilir, inovatif tasarımın öğretilmesine yönelik evrensel bir yaklaşım sunmaktadır

(Nagel,2013). Disiplinlerarası problem çözme, inovasyon zihniyetine sahip STEM iş gücünün geliştirilmesinde doğadan ilham alan tasarımlar yapıtaşı olarak belirtilmektedir. Dolayısıyla biyomimikri ve STEM disiplinlerarası çalışma yapılmasının gerekli olduğu alanlar olarak ifade edilmektedir (Bar-Cohen, 2006).

Tersine mühendislik bir ürünü parçalarına ayırma ve ardından ayrılan her bir parçanın işleyişini ayrıntılı olarak analiz etme sürecidir (Dempere, 2009). Ürünlerden gözlem, sökme ve analiz yoluyla üretim, ilke, işlev ve tasarımlar ortaya çıkarmadır (Komatsu vd., 2020). Gardner (2012) biyomimikri tanımında tersine mühendisliğe şu şekilde vurgu yapmaktadır : "Biyomimikri araştırmacıların bir problem tanımladığı, belirli bir problem için doğal bir çözüm geliştiren, bu doğal çözümü anlamaya çalışan ve daha sonra insan yararına yönelik çözümü yeniden tasarlayan biyolojik bir kaynak arayan bir tersine mühendislik şeklidir". Dolayısıyla biyomimikri ve tersine mühendislik, STEM uygulamaları ile birlikte eğitim alanlarında ve ilgili bilimsel çalışmalarda önemi artan ve çok yönlü çalışılması gereken konulardır.

1.1.Araştırmanın Önemi

Gezegenimiz iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybı gibi küresel zorluklarla yüzleşmekte ve bu zorluklar karşısında bireyler kendilerini acilen bu zorluklara cevap verme zorunluluğuyla boğuşurken bulmaktadır (Madmar vd., 2023). Gezegenimizin karşı karşıya kaldığı sorunların sistematik olduğu ve çözümlerimizin aynı derecede kapsamlı ve bütünsel olması gerektiği açıktır. Eldeki sistematik sorunu birçok bilim insanı "Büyük Hızlanma" olarak tanımlamakta (Steffen vd., 2015) ve bu sorun ile başa çıkmak üzere doğa dostu yöntemler geliştirmeye çalışmaktadır.

2015 yılında Birleşmiş Milletler, gezegenimizi ve gezegenimizde yaşayan canlıları korumak üzere bir eylem çağrısı olarak 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) kabul etmiştir (Cars ve West, 2015). Bu hedefler kapsamında birbiriyle etkileşim halinde olan ve pek çok çevresel, toplumsal sorunu ele alan somut kriterler belirlenmiştir. Birleşmiş Milletler'in bir eğitim kolu olan UNESCO, bireylerin iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve yoksulluk da dahil olmak üzere karşı karşıya olduğumuz birbiri ile ilişki içerisinde olan küresel zorlukları ele alabilecek bilgi, beceri ve değerler doğrultusunda eğitimine vurgu yapmıştır (UNESCO, n.d.). Sürdürülebilir kalkınma

hedefleri kapsamında biyomimikrinin çözüm geliştirmeye yardımcı olabileceği de daha açık hale gelmiştir (Harlow vd., 2022). Ayrıca biyomimikri temelli planlanan eğitim-öğretim ortamları sayesinde Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve mühendislik tasarım süreci ile inovatif tasarımlar geliştirme hedefine ulaşılabileceği öngörülmektedir.

Bilim, teknoloji,mühendislik ve matematiğin (STEM) üretken gücü, yetenekli bilim insanları ve mühendis iş gücü açığa çıkarmayı öncelik haline getirmiştir (Carnevale vd., 2011). Disiplinlerarası yaklaşımların fen eğitimindeki önemli uygulamalarından biri olan STEM, planlanacak nitelikli etkinlik ve uygulamalar ile inovatif fikirler üreten bireyler yetiştirip gezegenimizin karşı karşıya olduğu pek çok soruna etkili çözümler geliştirebilir.

Bu araştırma özellikle ortaokul düzeyinde fen bilimleri dersi bağlamında biyomimikri ve tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen STEM uygulamalarının genel çerçevesini sunmayı hedeflemekle birlikte, araştırma sürecinde tespit edilen sorunların giderilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesine yönelik eylem planları tasarlamayı da hedeflemektedir. Doğadan ilham alan ve sonucunda inovatif, doğa dostu ve sürdürülebilir tasarımlar ortaya çıkarma amacıyla yapılan biyomimikri temelli çalışmaların son yıllarda çeşitli eğitim programları aracılığıyla eğitim-öğretim ortamlarında kullanımına yönelik çalışmalar alanyazınında yer edinmeye başlamış ve tasarım problemlerine çözüm bulmak için doğadaki işlevsel ve biçimsel analojileri kullanmak sürdürülebilir gelecek için önemli hale gelmiştir. Araştırmanın disiplinlerarası bir yaklaşım olan STEM ile biyomimikri ve tersine mühendisliği entegre etmesi ayrıca bir öneme sahiptir. Araştırmanın başlıca önemi doğaya yapılan tersine mühendislik olarak da ifade edilen (Gardner, 2012) biyomimikri kavramının mühendisler ve bilim insanları tarafından çok farklı alanlarda ve amaçlarla kullanılması üzerine biyomimikri ve tersine mühendislik çalışmalarının STEM ile birlikte kullanımının etkilerini karşılaştırmaktır.

Bu doğrultuda, çalışma biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarının planlanması ve üstün yetenekli ortaokul öğrencilerine uygulanması üzerine gerçekleştirilmiştir. Biyomimikri ve tersine mühendisliğin eğitim-öğretim ortamlarında yaygınlaştırılması ve disiplinlerarası bir yaklaşım olan STEM temelinde

uygulanmasının öğrencilerin pek çok becerisini geliştireceği ve dolayısıyla alanyazındaki ihtiyaçları gidermesi hedeflenmektedir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı tersine mühendislik ve biyomimikri temelli tasarlanan STEM uygulamalarının üstün yetenekli öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümüne yönelik ne tür ürünler tasarladığı, öğrencilerin geçirdikleri süreçlere ilişkin nasıl algılara sahip oldukları, öğrencilerin biyomimikri farkındalıkları, daimi bilim öğrenme motivasyonları ve çevresel tutum düzeyleri arasındaki farklılıkların incelenmesidir.

1.3. Araştırmanın Problem Cümlesi

Yapılan bu araştırmada aşağıdaki soruya cevap aranacaktır:

Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üstün yetenekli öğrencilerin biyomimikri farkındalığına, daimi bilim öğrenme motivasyonlarına, çevresel tutum düzeylerine karşı anlamlı bir katkı sağlamakta mıdır?

1.4. Araştırmanın Alt Problemleri

Araştırmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere cevap aranacaktır.

1) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
2) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
3) Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
4) Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
5) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
6) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

7) Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
8) Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
9) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
10) Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
11) Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
12) Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?
13) Deney grubu öğrencileri biyomimikri temelli gerçekleştirdikleri STEM uygulamaları kapsamında günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümüne yönelik ne tür ürünler tasarlamaktadır?
14) Kontrol grubu öğrencileri tersine mühendislik temelli gerçekleştirdikleri STEM uygulamaları kapsamında günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin çözümüne yönelik ne tür ürünler tasarlamaktadır?
15) Deney grubu öğrencileri biyomimikri temelli gerçekleştirdikleri STEM uygulamaları kapsamında geçirdikleri süreçlere ilişkin nasıl algılara sahiptir?
16) Kontrol grubu öğrencileri tersine mühendislik temelli gerçekleştirdikleri STEM uygulamaları kapsamında geçirdikleri süreçlere ilişkin nasıl algılara sahiptir?

Araştırmanın alt problemleriyle ilgili olarak geliştirilen hipotezler aşağıda sıralanmıştır.

1) Ho1: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
2) Ho2: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
3) Ho3: Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
4) Ho4: Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

5) Ho5: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
6) Ho6: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
7) Ho7: Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
8) Ho8: Tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
9) Ho9: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
10) Ho10: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
11) Ho11: Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.
12) Ho12: Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

Araştırmanın varsayımları aşağıda sunulduğu gibidir.

- Biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin biyomimikri farkındalık ölçeği, daimi bilim öğrenme motivasyonu ölçeği, çevresel tutum ölçeğine samimi cevaplar verdikleri varsayılmaktadır.
- Biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin araştırma süreci boyunca birbirlerini etkilemedikleri varsayılmaktadır.
- Biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin araştırma süreci boyunca dış etkenlerden eşit şekilde etkilendikleri varsayılmaktadır.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmanın sınırlılıkları aşağıda sunulduğu gibidir.

- Araştırma 2023-2024 eğitim öğretim yılı ile sınırlıdır.
- Araştırma Edirne Merkez ili Şehit Nefise Çetin Özsoy Bilim ve Sanat Merkezi'nde öğrenim görmekte olan 25 ortaokul öğrencisi ile sınırlıdır.
- Araştırmada gerçekleştirilen uygulamalar haftada 4 saat olmak üzere iki ay ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırmada gerçekleştirilen uygulamalar biyomimikri ve tersine mühendislik bağlamında hazırlanmış toplam 6 adet ders planının uygulanması ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırma sonucu elde edilen veriler, uygulanan veri toplama araçları ile sınırlıdır.

1.7. Araştırmanın Tanımları

Biyomimikri: Bios (hayat) ve mimikos (taklit) kelimelerinden meydana gelen biyomimikri terimi (Volstad ve Boks, 2012), 1960'ların başında Otto Schmitt tarafından önerilmiş ve 1974 yılında Merriam Webster sözlüğünde yer etmiştir. 1997 yılında ise Janine Benyus yazdığı "Biomimicry:Innovation Inspired by Nature" adlı kitapta biyomimikriyi doğadan ilham alan inovasyon (Benyus, 1997) olarak tanımlamıştır.

STEM: STEM İngilizce, "Science, Technology, Engineering ve Mathematics" kelimelerinden oluşmuş bir kavramdır. Türkçede Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik kelimelerinin yine baş harfleriyle oluşan FeTeMM şeklinde ifade edilmektedir.

Tersine Mühendislik: Bir tasarımda veya cihazda kullanılan parçaların (örn: dişliler, kaldıraçlar, devre elemanları vb.) incelenip bu parçaların hangi işlevleri yerine getirdiğinin araştırılıp, alternatif yollar ile tasarımın geliştirilmesini ifade eden bir süreçtir (Dym vd., 2005).

Farkındalık: Farkında olma durumu (Türk Dil Kurumu (TDK), 2023). Bir başka ifadeyle bireyin çevresine ve çevresel sorunlara karşı duyarlı ve bilinçli olma durumudur (Güven, 2011). Bu araştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığını ifade etmektedir.

Motivasyon: Corsini Ansiklopedisi'nde motivasyon, insan ve hayvanlar için uyarıcı ve düzenleyici bir durum olarak tanımlanmaktadır (Ferguson, 2010). Bu araştırmada öğrencilerin daimi bilim öğrenme motivasyonlarını ifade etmektedir.

Tutum: İnsanların bir durum karşısında geliştirdikleri olumlu ya da olumsuz düşünce ve davranışlardır (Çam ve Baysan-Arabacı, 2010, s.60). Bu araştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumlarını ifade etmektedir.

BÖLÜM 2

KURAMSAL ÇERÇEVE İLE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölüm araştırmanın kuramsal çerçevesi ve araştırma konusu ile ilgili çalışmalardan oluşmaktadır.

2.1. Biyomimikri

2.1.1. Biyomimikri Kavramı Tanım ve Temelleri

Doğada bulunan canlılar fosil yakıt kullanmadan, gezegeni kirletmeden veya geleceklerini tehlike altına almadan doğa ile uyum içerisinde yaşayarak dünyanın varoluşundan beri bizim için gayet zor olan tasarım problemlerini geçirdiği adaptasyon ve evrim süreçleri ile çözmüştür. Dolayısıyla insanoğlunun günlük yaşam problemlerine çözüm üretmek, doğa dostu ve sürdürülebilir tasarımlar oluşturmak adına doğa ile anlaşma içerisinde yaşaması gerekmektedir. Doğadan etkileşimli tasarımlar elde etmenin temel özelliklerinden olan değişken, sert ve rekabetçi koşullara rağmen dayanıklı kalabilen sürdürülebilir yapılar veya tasarımlar oluşturabilmek doğa ile uyumlu ve anlaşma içerisinde yaşamamızın bir sonucu olarak insanoğluna katkı sağlayacaktır (Ginsberg vd., 2013).

Günümüz sorunlarını doğanın nasıl ele aldığını daha derinlemesine inceleyerek çevremiz için daha yerinde çözümler bulabilir ve yeni yollar keşfedebiliriz (Radwan ve Osama, 2016). Doğadaki başyapıtlar olan fotosentez, doğal seleksiyon, kendi kendine yeten ekosistemler, deri ve kabuklar, doğal ilaçlar birçok sorunun ele alınmasında etkili bir yol olarak ifade edilmektedir (Benyus, 1997). Yapraklardan ilham alan güneş pilleri, örümcek ağı şeklinde örülmüş çelik lifler, sedeften yararlanarak oluşturulmuş kırılmaz seramikler, şempanzelerin kanser tedavileri insanoğlunun pek çok sorununa çözüm üreten bir sistem olarak doğadan ilham aldığının bir göstergesidir.

Yaşam ve taklit anlamlarına gelen kelimelerin birleşmesiyle oluşan biyomimikri kavramı ilgili alanyazınında biyomimetik, biyonik, biyomimesis olarak da ifade edilmektedir. Yunanca kökenli biyomimesis terimi Schmitt tarafından 1969 yılında ortaya atılmış (Bhushan ve Jung, 2011) ve kavram resmi olarak 1974 yılında Webster sözlüğünde bir tanım olarak yer etmiştir. İngilizce'de "biomimetic" ve "biomimicry" kavramları doğadan ilham almayı ifade etmek için kullanılmaktadır ancak bu iki kavram arasında bazı nüanslar bulunmaktadır. Biyomimetik terimi "doğadaki sistem ve maddelerden esinlenerek insanların ve tekniğin problemlerine çözüm bulmaya çalışmak" için kullanılırken biyomimikri ise "doğadaki modelleri inceleyen ve insanların sorunlarını çözmek amacıyla doğadaki tasarım ve süreçlerden ilham alan yeni bir bilim" olarak tanımlanmaktadır.

Biyomimikri Enstitüsü'nün kurucularından biri olan Janine Benyus, biyomimikrinin bir bilim dalı olarak kabul edilmesine yönelik pek çok çalışma gerçekleştirmiş ve biyomimikriyi doğanın en başarılı tekniklerinin incelenmesi ardından, incelenen bu işlevlerin ve süreçlerin insan sorunlarını çözmek için kopyalanması olarak tanımlamıştır (Benyus, 2002). Yüksek performanslı ve kaynak verimli tasarım çözümlerini bünyesinde barındıran sürdürülebilir bir buluş (Kennedy, 2016) olan biyomimikri, doğanın fikirlerini araştıran ve daha sonra bunları taklit ederek endüstri ve araştırma için yaratıcı ve sürdürülebilir çözümler yaratan yeni bir bilimdir (Benyus, 2002). Birçok tasarım "doğanın yöntemiyle yapma" nın malzeme üretme, enerjiden yararlanma, bilgiyi saklama gibi pek çok alanda kullanılabileceğini göstermektedir. Çizelge 2.1 bilim insanlarının biyomimikri tanımlarının bir listesini içermektedir.

Çizelge 2. 1. Bilim İnsanlarının Biyomimikri Tanımları

Bilim İnsanları	Uzmanlık	Yıl	Biyomimikri Tanımları
Janine Benyus	Bilim insanı ve Biomimicry: "Innovation Inspired by	1997	"Biyomimikri, gezegenimizdeki 3,8 milyar yıllık gözlem, evrim ve gelişime dayanan bir yöntemdir. Tarihsel olarak organizmalar yapılarını işlevlerine göre ayarlayabilmiş, hayatta kalma

	Nature" kitabının yazarı.		stratejilerini oluşturabilmiş, organizasyonlarını ve işleyişini arttırabilmişlerdir."
Maibritt Pedersen Zari	Victoria Üniversitesi'nde araştırmacı.	2005	"Biyomimikri, mimaride yalnızca doğanın güzelliğini değil aynı zamanda ondan edinilen dersleri de yapıların işlevselliğiyle ilgili zorlukları çözmek için kullanılan uygulamalı bir bilimdir."
The Biomimicry Institute	Amerika Missoula'da bir kuruluş.	2006	"Biyomimikri doğanın zaman içinde test edilmiş modellerini ve tekniklerini kopyalayarak insanlığın zorluklarına sürdürülebilir çözümler arayan bir inovasyon yaklaşımıdır."
Carla Langella	Napoli Üniversitesi'nde araştırmacı.	2007	"Biyomimikri, insanların tasarım sorununu çözmek için doğadan veya biyolojik sistemlerden ilham alan teknolojik çözümler geliştirmeye yönelik bir süreçtir."
Bharat Bhushan	Ohio Üniversitesi'nde araştırmacı.	2009	"Biyomimetik, biyolojik olarak üretilen madde ve materyallerin, yapısının veya fonksiyonunun doğal olanı taklit eden yapay mekanizmalarla benzer ürünlerin sentezlenmesi amacıyla biyolojik mekanizma ve süreçlerin araştırılması olarak tanımlanabilir."
Dayna Baumeister	Biyomimikri 3.8 kurucu ortağı.	2014	"Biyomimetik bir tasarım, iyi adapte olmuş bir canlı gibi davranmalı ve yaşam dostu koşullar yaratmalıdır."

Michael Fisch	Chicago Üniversitesi'nde araştırmacı.	2017	"Biyomimikri, doğanın bilinçli şekilde taklidi yolu ile çevresel açıdan sürdürülebilirlik sağlanarak bir nesneden büyük bir teknolojik sistem üretme durumudur."
Aliye Rahşan Karabetça	İstanbul Kültür Üniversitesi'nde araştırmacı.	2018	"Biyomimikri, bilim adamlarını, mucitleri ve insanları doğayı çalışmak ve onun dehasını ve çözümlerini kullanmak için teşvik eden bir düşünce biçimidir."

2.1.2.Biyomimikri Kavramının Felsefesi ve Prensipleri

Benyus'a göre biyomimikri doğanın temelde olduğu ve bir model, ölçüt ve danışman olarak görüldüğü gereklilikler olarak ifade edilebilir (Benyus, 2002).

Çizelge 2. 2. Bir Öğretici Olarak Biyomimikri (Madkour, vd., 2023)

	Doğa	**Açıklama**
1	Danışman Olarak Doğa	Doğal sistemleri inceleyip, doğal sistemlerden ilham almak ve bunları insan sorunlarını çözmeyi amaçlayan fikirler veya süreçler için kullanmak.
2	Ölçüt Olarak Doğa	Ekolojik kriterleri kullanarak insanların gelişimlerinin uygunluğunu değerlendirmek.
3	Model Olarak Doğa	Doğayı gözlemlemek, değerlendirmek ve takdir etmek.

Tasarımlarda yaşanan sorunlara çözüm üretmek adına doğadan faydalanmak biyomimikriyi ifade eder ve Benyus'a göre doğanın kendine ait tasarım döngüsünde 9 belirgin prensip bulunur. Çizelge 2.3'te bu prensiplere yer verilmiştir.

Çizelge 2. 3. Biyomimikri Prensipleri (Mathews, 2011)

İlke ve Prensipler	Açıklama
1) Doğa güneş ışığından faydalanır.	Doğa, çeşitli yöntemlerle yaprakların güneş ışığını alıp verimli bir şekilde enerjiyi üretebilmesi ve fotosentez ile gereken enerjinin %95'ini elde etmesini sağlar. Doğadaki tüm enerji kaynakları güneşe bağımlıdır.
2) Doğa yalnızca ihtiyaç dahilinde enerjiyi kullanır.	Doğa kaynaklarını verimli kullanır, gereksiz yere tüketmez. Doğada bulunan her canlı çevresinden en iyi şekilde yararlanmak adına, hayatta kalmak ve gelişmek için benzersiz bir strateji geliştirir.
3) Doğa biçimi işleve uyarlar.	Doğada bulunan rol modeller, biçim ve işleve uyum sağladıkça çevrelerine de uyum sağlayıp gelişirler.
4) Doğa her şeyi geri dönüştürür.	Doğa, içinde barındırdığı her unsurun bir diğerinin atıklarını tükettiği kapalı bir sistemdir. Dolayısıyla hayatta kalması için gerekli bu sistem çerçevesinde çalışır ve kendi yuvasını kirletmez.
5) Doğa iş birliğini ödüllendirir.	Doğa, karşılıklı yarar sağlayan ilişkilere dayanır ve rekabetin var olmasına izin verir. İş birliği hem ödüllendirici hem de gereklidir.
6) Doğa çeşitliliği sağlar.	Doğadaki çeşitlilik habitatın yalnızca parçalarını değil tamamını kullanan

		çeşitli bitki ve hayvan stratejilerinin sonucudur.
7)	Doğa yerel etmenlerden yararlanır.	Doğada olduğu gibi, yerel ekosistemler de topluluk oluşturmak için çok çeşitli, birbiriyle örtüşen kaynaklara ve türün varlığına ihtiyaç duyar.
8)	Doğa ihtiyaç fazlasını engeller.	Doğa, canlı organizmaları içeren ve yaşamı destekleyebilen çevrenin bir parçası olan biyosfer ile dengeyi sağlar.
9)	Doğa sınırların gücünden yararlanır.	Doğa, kendi sınırları çerçevesinde çalışmanın, enerjiyi verimli kullanarak geleceğe saklamanın bilincindedir. Sınırlar bir güç ortaya çıkardığından, sınırlı kaynaklarla nasıl yaşanacağını öğrenmek tasarımların temel motivasyonudur.

Bu dokuz temel özelliğin birbiri ile bağlantılı olması, tasarımların bir bütün olmasında önem arz etmektedir (Mathews, 2011).

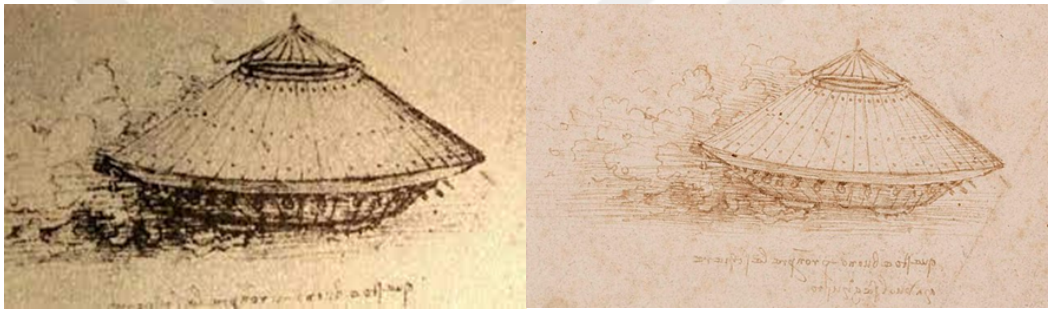
2.1.3. Geçmişten Günümüze Biyomimikri Kavramı

Doğadan öğrenmek ve doğayla uyum içerisinde bir yaşam sürdürme çabası ilk çağlardan itibaren insanların sürdürdüğü bir gelenektir. Tüm canlılar hayatta kalmak ve doğayla uyum içerisinde bir yaşam devam ettirebilmek adına çeşitli stratejiler geliştirmişlerdir. Bitki ve hayvan formları tarihsel süreç içerisinde daima tasvir edilmiş ve pek çok sanat eserine de ilham olmuştur. MÖ 400'lü yıllardan itibaren kullanılmakta olan uçurtmalar insanların kuş uçuşunu ilk kopyalama girişimleri olarak kabul edilmektedir (Evans ve Viyana, 2020). Romalılar Arnadillo denen hayvanın dış kabuğundan esinlenip zırh vb. savunma mekanizmaları üretmişlerdir. Rönesans'ın dahi isimlerinden Leonardo Da Vinci "Ornithopter" adlı uçan makine tasarımında kuşların uçma mekanizmalarından ilham almıştır. Ayrıca savaş makineleri tasarlamış ve bunlardan biri olan zırhlı araç yani "tank" tasarımında kaplumbağaların korunma mekanizmasından

esinlenmiştir. Wright kardeşler kısmen güvercinlerden ilham alan bir uçak tasarlamıştır. Da Vinci'nin "İnsan zekâsı, doğanın keşiflerinden daha güzel, daha basit, ya da daha direkt bir keşfe asla imza atamayacak. Çünkü doğanın keşiflerinde ne bir şey eksiktir, ne de bir şey fazladır" sözlerinden hareketle denilebilir ki doğa, insanlık için her dönemde nitelikli bir kaynak görevi görmüştür (Öztürk, 2015).



Şekil 2. 1. Leonardo Da Vinci Çalışma örnekleri (URL-1)



Şekil 2. 2. Leonardo Da Vinci Çalışma Örnekleri (URL-2)

Bir problem veya ihtiyaca yönelik oluşturulmuş pek çok tasarım doğadan esinlenerek malzeme bilimi, mühendislik, mimarlık, moda gibi alanlara katkı sağlamıştır. Dolayısıyla doğayı gözlemleyip ardından problem çözmede doğadan ilham almanın bir ayakkabı tasarımından bir bina tasarımına kadar ürün geliştirme adına katkı sağladığını söylemek mümkündür. Fransız mühendis Sir Marc Brunel, tuzlu su midyesini gözlemledikten sonra su altı inşasına olanak sağlayan bir yapı icat etmiştir. İsviçreli mühendis George de Mestral ormanda yürüyüş yaparken üzerine yapışan pıtrak otunu mikroskop altında gözlemledikten sonra bilinen "cırt cırt" tasarımını üretmiştir. Verilen örneklerden biyomimikrinin problemleri çözmede ve inovatif tasarımlar oluşturmada iyi bir araç olduğunun geçmişten günümüze kabul edildiğini söylemek mümkündür. Ancak biyomimikri derin bir geçmişe uzanmasına rağmen yakın bir zamanda popülerlik kazanmıştır (Kennedy, 2017). Janine Benyus'un yayınlamış olduğu "Biomimicry:

Innovation Inspired by Nature" adlı kitap ile biyomimikri bir akım haline gelmiştir. Ardından gelişmekte olan biyomimikri alanında yüksek öğrenime devam etme fırsatları çoğalmıştır. Akron Üniversitesi (Biyomimikri Araştırma ve İnovasyon Merkezi), Arizona State Üniversitesi (Biyomimikri Merkezi), Georgia Teknoloji Enstitüsü (Biyolojik İlham Veren Tasarım Merkezi), Harvard Üniversitesi (Biyolojik İlham Veren Mühendislik Enstitüsü) ve Kaliforniya Üniversitesi biyomimikri araştırmalarına öncülük eden kuruluşlardır. Biyomimikri alanındaki mesleki eğitim de Biomimicry 3.8, Great Lakes Biomimicry ve PatternFox Consulting gibi kuruluşlar aracılığıyla desteklenmektedir (Kennedy, 2017). Biyomimikri ile ilgili yayın yapmakta olan dergiler ise Bioinspiration & Biomimetics, Bionic Engineering Biyomimetic, Biyomaterials ve Tissue Engineering şeklinde örneklendirilebilir.

2.1.4. Biyomimikri ve Tasarım Fikri

Tasarımcılar ve mühendisler doğadan çözümler aradıkça, biyolojik bilgiyi erişilebilir ve tasarım zorluklarına çözüm üretebilmek amacıyla daha kullanışlı hale getirmek adına çalışmalar yapıp biyomimikri yöntem ve tekniklerine ihtiyaç duyulmasına sebep olmuşlardır (Biomimicry Institute, 2017). Doğadan ilham alan inovasyon olan biyomimikri biyolojik formlarda, süreçlerde ve sistemlerde gözlemlenen strateji ve mekanizmalardan öğrenmeye ve bunları mühendislik ve tasarım da dahil olmak üzere pek çok potansiyel zorluğu çözmek için kullanmaya yönelik bir metodolojidir (National Resources Defense Council). Fayemi vd. (2017) tarafından yakın zamanda çeşitli metodolojik tanımlar analiz edilmiş ve sürecin genel adımları şu şekilde özetlenmiştir: 1) Problemi analiz etme 2) Soyutlama 3) Biyolojiye aktarma 4) Mevcut biyolojik modelleri tanımlama 5) İlgili biyolojik modelleri seçme 6) Biyolojik stratejileri soyutlama 7) Teknolojiye aktarma 8) Uygulama ve test etme.

Biyomimikri benzetme yoluyla yapılan tasarım biçimi olarak tanımlanmaktadır (Vattam vd., 2010). Analoji yoluyla yapılan tasarımlar kavramsal veya zihinsel atılımlar gerektirir ancak biyomimikri uygulamaları uygulayıcılar için belirli bir bilişsel zorluğu temsil eder. Bir tasarım süreci olarak biyomimikri yaklaşımları iki kategoriye ayrılabilir; birincisi, tasarımcının belirli bir sorunla karşı karşıya kaldığı ve doğadan çözümlerin arandığı "Biyoloji temelli tasarım"dır. Bir diğeri olan "Tasarım temelli biyoloji" ise tasarım sorunuyla başlanarak ihtiyaç duyulan fonksiyonun tanımlanıp organizmaların ve

ekosistemlerin bu fonksiyonları nasıl gerçekleştirdiklerinin gözlemlenmesidir (Bader, vd.,2021).

Radwan ve Osama'ya (2016) göre, biyomimikri bağlamında gerçekleştirilen tasarımlar üç düzeyden birine sahip olmalıdır. Sahip olunan bu düzeyler altında "Biçim" , "Malzeme", "Yapı", " Süreç" ve "İşlev" olarak beş yön tanımlanabilir.

Çizelge 2. 4. Biyomimikri Düzeyleri

Biyomimikri Düzeyleri				
Organizma		Davranış		Ekosistem
Biçim	Malzeme	Yapı	Süreç	İşlev

Organizma düzeyi formu analiz ederken, o forma ait çözüm getirebilmekte ve ekosistem düzeyinde de taklit yoluyla doğanın içinden bir çözüm sunmaktadır. Aynı şekilde davranışsal düzey de doğanın süreç olarak vardığı sonuca özgü süreci taklit yoluyla gerçekleştirmektedir.

2.1.4.1. Biyomimikri Tasarım Lensleri

Termal çevreye, enerjiden tasarrufa, dönüştürülebilen atıklara biyomimikri tasarımları ile ulaşılabilir. Biyomimikri bünyesinde bulunan tasarım lensleri ile daha sürdürülebilir, doğa dostu, enerjiyi verimli kullanan sistemler ve tasarımlar üretmek mümkündür. Dolayısıyla bu lensler analiz edilmeli ve tasarım süreçlerinde bir rehber olarak adımları takip edilmelidir. Tasarımcılar, mühendisler, biyologlar vb. bu adımları takip ederek kendilerini doğa rehberliğinde yönlendirebilir ve tasarım sorunlarına çözüm üretip daha inovatif ve sürdürülebilir ürünler geliştirebilirler.

2.1.4.1.1. Biyomimikri Tasarım Lensi: Yaşamın İlkeleri

Biyomimikri tasarım lenslerinden *Yaşamın İlkeleri,* hayatta kalan ve gelişen organizmalar arasındaki şartları temsil etmektedir (Baumeister, 2013). Bu şartların öğrenilmesi ve anlaşılması ile daha inovatif, efektif şekilde sürdürülebilir yaşam alanları ve tasarımlar geliştirilebilir. Tasarım lenslerinin herhangi bir adımı uygulanmadığında biyomimikri tasarım süreci amacından uzaklaşır. İlkeler sırası ile şu şekildedir (Çizelge 2.5.) (Baumeister, 2013):



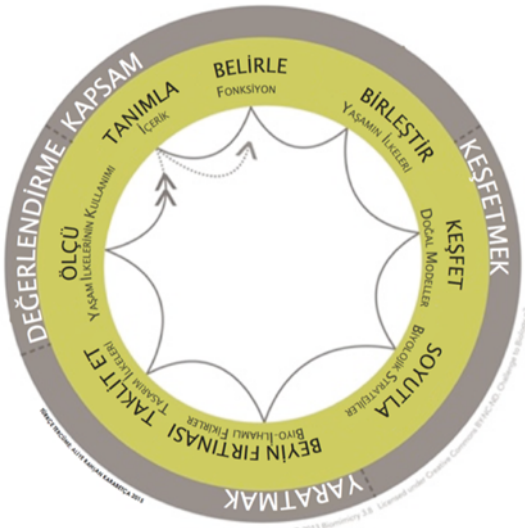
Şekil 2. 3. Biyomimikri Tasarım Lensi : Yaşamın İlkeleri (URL-3)

Çizelge 2. 5. Biyomimikri Tasarım Lensi : Yaşamın İlkeleri Tanımları (Baumeister, 2013)

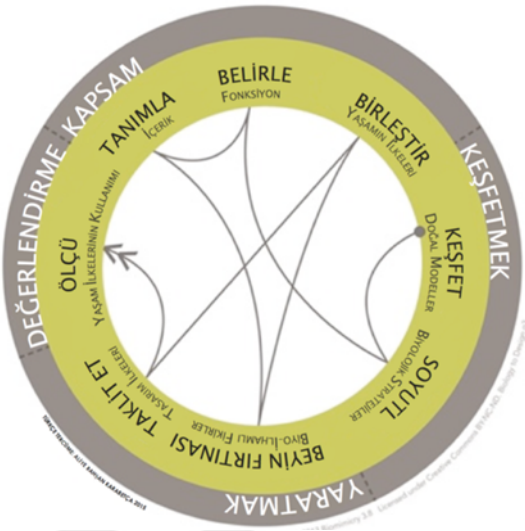
Biyomimikri Tasarım Lensi: Yaşamın İlkeleri	
Gelişmek için hayatta kalmak	Performansın dayanıklılığını sağlamak için bilgi edinmeye ve bu bilgiyi sürece dahil etmeye devam etmek.
Kaynak açısından (malzeme ve enerji) etkili olmak	Kaynak ve fırsatlardan ustaca avantaj sağlamak.
Değişen şartlara uyum sağlamak	Dinamik durumlara karşı uygun şekilde cevap vermek.
Büyümeyi kalkınma ile entegre etmek	Hem kalkınma hem de büyümeye yönelik stratejilere en iyi şekilde yatırım yapmak.
Yerel olarak duyarlı ve sorumlu olmak	Yakın çevre ile entegre olmak ve yakın çevreye uyum sağlamak.
Doğa dostu kimyasallar kullanmak	Yaşam sürecini destekleyen kimyasallar kullanmak.

2.1.4.1.2. Biyomimikri Tasarım Lensi: Biyomimikri ile Düşünme

Tasarım sürecine dahil edilerek adımlarının takip edilmesi ve tasarım sürecinde kullanılması gereken bir başka tasarım lensi ise *Biyomimikri ile Düşünme* (Biomimicry Thinking) olarak adlandırılmıştır (Baumeister, 2013).



Şekil 2. 4. Biyolojiyi Sorgulamak



Şekil 2. 5. Tasarım için Biyoloji (URL-4)

Bu lenslerin tanımı şu şekildedir (Şekil 2.4,2.5) (www.biomimcry.net) :

- **Biyolojiyi Sorgulamak:** Tasarımcıların somut bir sorunun çözümü için biyolojik bir çözüm arayışı içinde olduklarında kullanılan faydalı bir senaryodur.
- **Tasarım için Biyoloji:** Tasarımcı doğadan ilham alarak tasarladığı sürece katılır (Karabetça, 2018).

Şekil 2.4 ve 2.5'te bulunan lensler birbirine benzer adımlar içerse de farklı yolları takip ederler. "Biyolojiyi Sorgulamak" adımı tasarımcının içeriğin ne olduğunu tanımlaması ile başlarken, "Tasarım için Biyoloji" adımında süreç doğal modellerin keşfedilmesi ile başlar. Bu lensler mimari, mühendislik ve eğitim dahilinde öğrencilere öğretilmeli ve tasarım sürecinde tüm bireylere rehber olmalıdır.

2.1.4.1.3.Biyomimikri Tasarım Spirali

Biyomimikri temelli tasarım sürecini tasarımlara entegre edebilmek için yapılan çalışmalardan bir diğeri de "Biyomimikri Enstitüsü" tarafından geliştirilmiş olan *Biyomimikri Tasarım Spirali*'dir.



Şekil 2. 6. Biyomimikri Tasarım Spirali (URL-5) (Biomimicry Institute, 2017)

- Tanımlama: Geliştirilecek tasarımın özelliklerini, kriterlerini ve sınırlıklarını kısacası detaylarını tanımlama basamağıdır.
- Biyolojikleştirme: Tasarım çözümünü doğadan ilham alacak şekilde yeniden ele alma ve bağlamı analiz etme basamağıdır.
- Keşfetme: Tasarım çözümünde kullanılabilecek benzer işlevleri ve bağlamı içeren doğal modellerin aranıp bulunduğu ve biyolojik stratejilerinin tespit edildiği basamaktır.
- Soyutlama: Canlıları ya da biyolojik sistemleri dirençli, güçlü ve başarılı kılan stratejileri, temel özellikleri veya mekanizmaları dikkatlice inceleme ve anlama basamağıdır.
- Benzemeye Çalışma: İncelemeler sonucu bulunanların tasarıma nasıl aktarılacağının ve nasıl doğru uygulanacağının düşünülerek karar verildiği basamaktır.

- Değerlendirme: Tasarımın ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığının değerlendirildiği ve yeniden gözden geçirilerek iyileştirmelerin ve geliştirmelerin yapıldığı son basamaktır. (Biomimicry Institute, 2017).

Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen tasarım spirali bağlamında bir problem durumu ve süreç içerisinde takip edilen adımlara bir örnek:

Çizelge 2. 6. Halı üzerine Biyomimikri Tasarım Spirali (Biomimicry Institute ,2017)

Biyomimikri Tasarım Spirali Adımları	Yönergeler
Tanımlama	"Halı imalatında malzeme ve işçilikten nasıl tasarruf edebiliriz?" "Çevresel açıdan sürdürülebilir nasıl bir halı üretebiliriz?"
Biyolojikleştirme	"Doğa zemini nasıl yapıyor?"
Keşfetme	Ormanda gözlemler yapmak ve ormanların zemininde düşen yaprakları fark etmek.
Soyutlama	Farklı renk ve şekillerde olan yapraklar orman zemininde bir ahenk oluşturur.
Benzemeye Çalışma	Benzer renk ve desenlere sahip, fakat bir araya geldiğinde tekdüzelik oluşturan nispeten farklı halılar tasarlamak.
Değerlendirme	Sürdürülebilirlik (daha çevre dostu, daha az iş gücü ve işçilik, daha koşullara uygun) açısından değerlendirmek.

Biyomimikri Enstitüsü için Carl Hastrich, Janine Benyus'un biyomimikriyi ifade ederken kullandığı kavramları tasarım yaklaşımına uygun olarak, tasarımcılara rehber olması adına biyomimikri tasarım spirali diyagramını oluşturmuştur (Hastrich, 2006).



Şekil 2. 7. Biyomimikri Tasarım Spirali (URL-6)

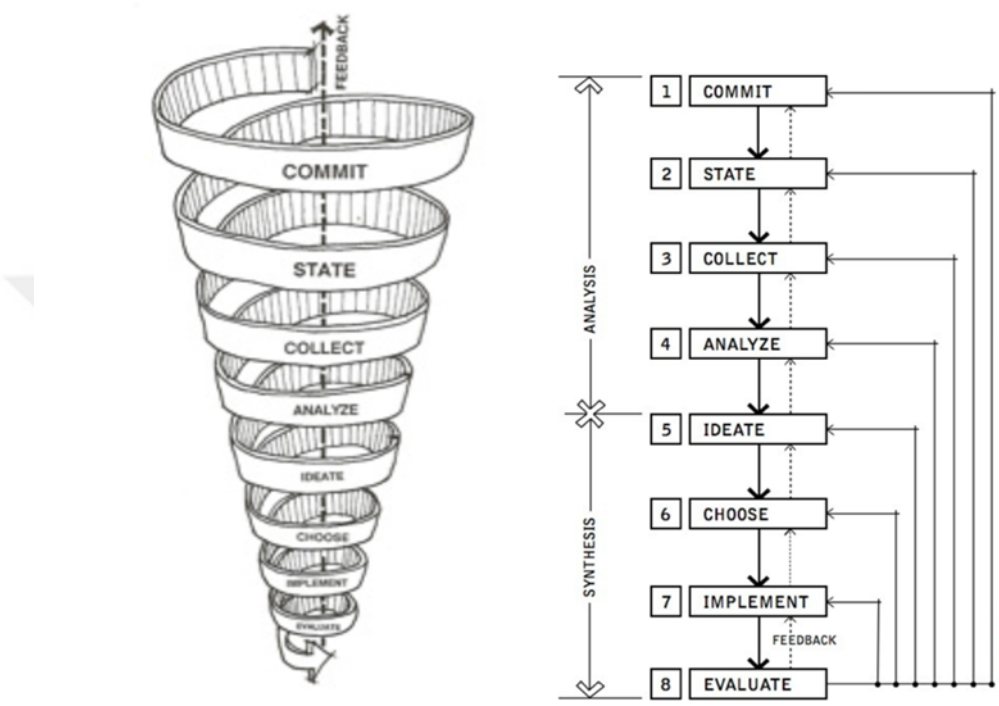
Spiralde ifade edilen her bir aşama yalnızca ürüne özgü olmayıp dışa doğru sarmal bir yapıda ve kapsayıcıdır. Spiralin tüm adımları bir kez takip edildiğinde tanımlanan problemin bir kısmı çözülmüş olur. Ardından yapılan her tur, sorunun daha derin yönlerinin çözümlenmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılmasını sağlayıp sonuçları iyileştirmektedir (Rossin, 2010). Spiral döngüsel bir süreci ifade ettiğinden, bir problemin çözülüp değerlendirilmesinin ardından başka bir sorunun açığa çıkması ve sürecin yeniden başlaması şeklinde ilerlemektedir (Biomimicry Institute, 2007).

2.1.4.1.4. Kilmer'in Tasarım Spirali

Kilmer tarafından geliştirilmiş ve Kilmer'in *Designing Interiors* kitabından alınmıştır. Spiral sekiz adımlı bir tasarım sürecini içermektedir (Kilmer ve Kilmer, 2014) Spiralde süreç iki aşamaya ayrılır:

- Analiz: Problemi parçalara ayırmak, sorunu tanımlamak ve analiz etmek.
- Sentez: Problemin analizi ile probleme üretilen çözümleri uygulamak için parçaları birleştirmek.

Bu iki aşama daha sonra sekiz aşamaya bölünür : işlemek, belirtmek, toplamak, analiz etmek, fikir edinmek, tercih etmek, uygulamak, değerlendirmek. Kilmer, modelinde sorun veya ihtiyaca odaklanmak adına aşağı doğru ilerledikçe huni gibi daralan ve tekrarlanan bir yaklaşım kullanmaktadır.



Şekil 2. 8. Kilmer'in Tasarım Spirali (URL-7)

Bahsedilen Tasarım Lensleri ve Tasarım Spiralleri doğrultusunda bir tasarım süreci gerçekleştirmek, bireylerin pek çok üst düzey düşünme becerisinin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Dolayısıyla ortaya çıkan tasarım ürünleri de daha inovatif ve sürdürülebilir olacaktır.

2.1.5.Biyomimikri Tasarım Örnekleri

2.1.5.1.Biyomimikri Temelli Mimari Yapılar

Katar Bakanlık Binası:

Katar'da ekolojik mimari örneklerinden biri olarak inşa edilen bakanlık binası kaktüs bitkisinden ilham alınarak tasarlanmıştır. Tasarımda pencerelerde bulunan

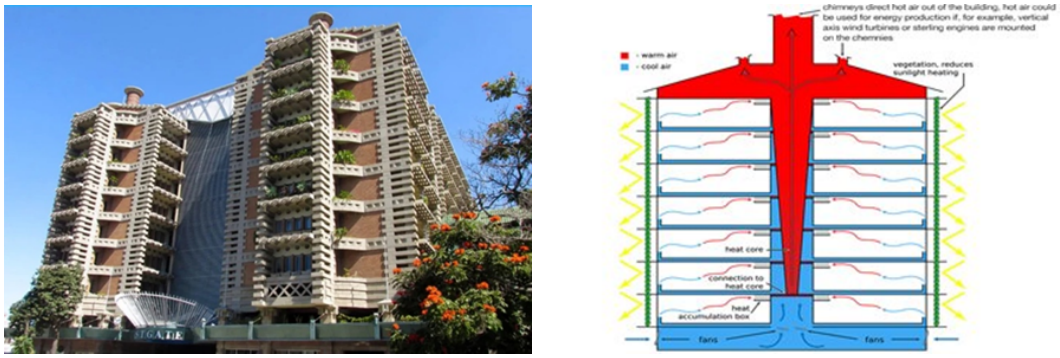
güneşlikler ısı etkisiyle açılıp kapanma ve suyu muhafaza edebilme özelliği ile doğadan ilham almış inovatif bir mimari tasarım örneğidir.



Şekil 2. 9. Katar Bakanlık Binası (URL-8)

Eastgate Binası:

Biyomimikri tasarım anlayışıyla yapılan en önemli örneklerden biri de 21.yüzyılın biyomimikri bilinci çerçevesinde tasarlanan Eastgate Binası'dır. Zimbabwe'de bulunan ve mimar Mick Pearce tarafından inşa edilen bina ülkenin en büyük alışveriş ve ofis kompleksi olmuştur. Eastgate binasının projesi doğada bulunan termitlerin hayatta kalabilmek için kullandığı güçlü adaptasyonlardan ilham almıştır. Binada fazla enerji tüketimine neden olan ısıtma ve soğutma işlemlerine termitlerin doğal havalandırma sistemlerinden yapısal ve işlevsel olarak ilham alıp sürdürülebilir bir çözüm üretmişlerdir.



Şekil 2. 10. Eastgate Binası (URL-9)

Esplanade Tiyatro Binası:

Russell Johnson tarafından tasarlanan Esplanade Tiyatro Binası, Durian meyvesinin güneş ve çevresel faktörlerden etkilenmeyerek kendini koruyabilen sert kabuğundan ilham alınarak geliştirilmiştir.



Şekil 2. 11. Esplanade Theater (URL-10)

2.1.5.2. Biyomimikri ve Ürün Malzeme

Lurie-Luke (2014) biyomimikrinin yaygın olarak kullanıldığı alanları araştırmış ve en çok ürün malzeme alanında doğadan esinlenmenin söz konusu olduğunu ifade etmiştir.

Lotus Bitkisi:

Lotus bitkisinin bilinen yağa dayanıklı ve oleofik yapısı dışında suyu itme konusunda son derece etkili olduğunu söylemek mümkündür. Suyu iten yapısı sayesinde kendi kendini temizleyebildiği ve bunu yaprakları üzerinde oluşan su damlacıklarının yuvarlandıkça kiri de beraberinde götürebilmesi ile gerçekleştirebildiği bilinmektedir. Lotus bitkisinin bu yapısı pek çok nanoteknolojik kaplama, boya gibi malzeme geliştirmeye ilham olmuştur.



Şekil 2. 12. Lotus Bitkisi (URL-11)

Gecko Kertenkelesi :

Duncan Irschick ve Alfred Crosby gekoların duvarda nasıl yürüdüğünü ve tavanda nasıl gezindiğini incelemiş ve kertenkelenin bu yapışma sırrını öğrenmek adına mikroskop altında detaylı incelemeler yapmışlardır. Gekoların parmak pedlerinin seta denilen binlerce minik kılla kaplı olduğunu ve bu kılların tendonlar ile yaptığı iş birliğini araştırmışlardır. Ardından gekonun bahsedilen güçlü mekanizmalarından ilham alarak Geckskin isimli yüzey yapıştırıcıları üretmişlerdir. Ayrıca gecko kertenkelesinin ayak yapısı bazı firmaların dağcı ayakkabısı geliştirmesine de ilham olmuştur.



Şekil 2. 13. Gecko Kertenkelesi ve Dağcı Ayakkabısı (URL-12)

2.1.5.3. Biyomimikri ve Mühendislik

Rüzgar Türbinleri:

Balinalar kril adı verilen canlılar ile beslenir ve kril sürülerini avlayabilmek için yüzgeçlerinin özel yapısı sayesinde az bir enerji ile denizde dönerek baloncuklar çıkarırlar. Baloncuklar krilleri ağ gibi sarar ve balinalar avlanır. Frank Fish balina

yüzgeçlerindeki kıvrımlı yapının suyun yüzgeç üzerine dengeli dağılarak hareket etmeyi sağlamasından ve balinaların az bir esinti ile çok daha fazla enerji üretebilen mekanizmalarından ilham alıp pek çok denemenin ardından balina yüzgeci gibi hareket eden bir rüzgar türbini kanadı tasarlamıştır.



Şekil 2. 14. Kambur Balinalar ve Rüzgar Türbini (URL-13)

Shinkansen Treni:

Bir kuş gözlemcisi olan Nakatsu Eiji, yapılan ilk tren tasarımlarının tünele girdiğinde tünelin diğer ucundan çıkarken ses patlamasına neden olması sorununa çözüm üretmek için doğadan ilham almıştır. Yalıçapkını kuşunun suya girişi sırasında neredeyse hiç su sıçratmaması ve sivri gagalarının hava ve su direncinin etkilerini azaltması trenlerde yaşanan bu tasarım sorununa çözüm üretebilmek için ilham olmuş ve trenin burnu yalıçapkınının gagası gibi şekillendirilip başarılı bir tasarım ortaya çıkarılmıştır. Shinkansen hızlı treni aerodinamik şekli sayesinde sessiz ve hızlı ilerlemesinin yanında enerjiyi de verimli kullanmaktadır.



Şekil 2. 15. Shinkansen Hızlı Treni ve Yalıçapkını Kuşu (URL-14)

2.1.6. Fen Eğitiminde Biyomimikri

Bilimin hızla ilerlemesi teknoloji alanında pek çok gelişmeyi beraberinde getirmiş ve bu gelişmeler ışığında 21. yüzyılın rekabet dünyasında bireylerin sahip olması gereken yeterlilikler değişmiştir. Günümüzde her birey çağın bir gerekliliği olarak günlük hayatta karşılaşılan pek çok problem ve ihtiyaca çözüm sunabilecek yollar aramakta ve içerisinde bulunduğumuz çağ bireylerden meraklı, yaratıcı ve üretici olmalarını beklemektedir. Dolayısıyla bireylerin gerekli görülen yeterliliklerini ortaya çıkarabilecekleri eğitim-öğretim süreçlerine dahil olmaları ve içerisinde bulunduğumuz çağın bir gerekliliği olarak ifade edilen becerileri edinmeleri gerekmektedir. Tasarlanan eğitim-öğretim ortamları da bireylerin 21.yüzyıl becerilerinin gelişimini desteklemeli ve disiplinlerarası uygulamalar çerçevesinde öğretime uygun olmalıdır. Küresel farkındalık, ekonomi, girişimcilik, çevre okuryazarlığı belirtilen 21. yüzyıl disiplinlerarası temalarından bazılarıdır (Avcı, 2019). Disiplinlerarası temaları öğrencilere kazandırmak üzere fen bilimleri dersi eğitim-öğretim ortamlarına entegre ettiğimizde öğrencilerin teknolojik ve ekonomik kalkınmaya destek olacak birer tasarımcı olarak yetişmesi sağlanabilir.

Fen eğitiminin amaçlarına bakıldığında Aikenhead'e (2007) göre okullarda uygulanan fen bilimleri dersi geleceğin bireylerini bilim ve teknolojiyi eleştirel ve rasyonel bir şekilde değerlendirebilmeye hazırlamayı amaçlamaktadır. Yager'e (1993) göre fen eğitimi, bireyleri yaşamlarını iyileştirmek adına bilimden yararlanmaya ve giderek teknolojinin hakim olduğu dünyayla başa çıkabilmeye hazırlamalıdır. Blosser ve Helgeson (1990) ise fen bilimleri öğretim programının temel amacının bilim okuryazarı

bireyler yetiştirmek olduğunu ileri sürmekte ve bu özelliklere sahip bir bireyin, bilim, teknoloji ve toplum arasındaki ilişkileri ve her birinin diğerini nasıl değiştirebileceğine dair akıllıca kararlar alabileceğini ifade etmektedir. Dolayısıyla son araştırmalar fen eğitimi üzerine yapılan reformların bilimin doğasına ve bilimsel araştırmaya daha fazla vurgu yapması gerektiğini ortaya koymaktadır (Zeidler vd., 2005).

Yager (1991) fen eğitimindeki ve öğretim programlarındaki sorunları birbiriyle bağlantılı iki problem ile ele almaktadır. Bu problemleri "genel problemler" ve "özel problemler" olarak özetlemektedir. Fen eğitiminin en büyük başarısızlığını vurgulayan genel sorunu "bireylerin arasında bilimsel/teknolojik okuryazarlığın oluşturulamaması" özel sorunu ise "öğrencilerin öğretilenlerin çok azını hatırlamaları" şeklinde belirtmektedir. Aikenhead (2003) büyük ölçüde Yager'in görüşlerine katılmakla birlikte fen eğitiminin ve öğretim programlarının başarısızlıklarını şu şekilde ifade etmektedir:

- Okulların bilim üzerine işler veya kariyer yapan bireyleri desteklememesi ve ardından öğrencilerin lise ve üniversite programlarında fen bilimlerine karşı duydukları ilginin kaybolması.
- Fen bilimleri öğretim programlarının geleneksel yanlarının olması dolayısıyla öğrencilerin doğaya saygı duymayan bireyler olarak yetişmesi sonucu bilimsel okuryazarlık oranında düşüş meydana gelmesi.
- Çoğu öğrencinin fen bilimleri içeriğini anlamlı bir şekilde öğrenememe eğiliminde olması.

Belirtilen sorunları çözmek adına fen eğitiminin amaçları doğrultusunda vurgu yapılan konulara dair eğitim-öğretim ortamlarının tasarlanması ve fen eğitiminin disiplinlerarası yaklaşımlarla desteklenmesi etkili bir yol olarak ifade edilebilir. Bu kapsamda biyomimikri temelli tasarlanacak eğitim-öğretim ortamlarının belirtilen hedeflere ulaşmada ve bireylerin pek çok becerisini geliştirmede katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Biyomimikri, fen bilimleri ve mühendislik arasında disiplinlerarası bağlantılar kurmaya imkan tanıyan bir kavramdır. Ayrıca biyomimikri kavramının önemi gün geçtikçe artmakta ve biyomimikri yaklaşımının eğitime entegre edilmesinin ardından gerçekleştirilen uygulamalar alanyazında daha fazla yer edinmektedir. Doğadan ilham alan inovatif tasarımlar oluşturma prensibine dayalı biyomimikri olgusunun fen

eğitiminde kullanımı fen eğitimine farklı bir soluk getirebilir. Yapılan alanyazın taramalarından, biyomimikri yaklaşımı ile tasarlanan fen eğitimi ortamlarının öğrencilerde bilgiye ulaşma sürecinde bilimsel araştırma basamaklarını takip etmeyi, bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin farkında olmayı, disiplinlerarası bağlantılar kurmayı, alanlar arasında bilgi transferi yapabilmeyi, araştıran-sorgulayan ve inovatif fikirler geliştirebilen bireyler olmayı ve bilimsel bilgiyi kullanmayı sağlayabilecek potansiyelde olduğu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin doğayla olan bağlarını güçlendirmek, parçası olduğu ekosisteme dair kavrayışını geliştirmek hem doğa hem de toplum ve gelecek için önemli görülmektedir. Fen bilimleri öğretim programının özel amaçları kapsamında vurgu yapılan doğanın keşfedilmesi, insan-çevre arasındaki ilişkinin anlaşılması, doğada meydana gelen olaylara ilişkin merak uyandırma gibi hedeflere ulaşma sürecinde biyomimikrik tasarımlardan faydalanmak bu amaçların gerçekleşmesine de katkı sağlayabilecektir. Bu göstergeler ışığında, biyomimikriye fen alanlarındaki derslerin öğretim programlarında yer verilmesinin ve sınıflarda uygulanması konusunda öğretmen ve öğretmen adaylarına eğitimlerin verilmesinin gerektiğini ifade etmek mümkündür.

2.1.7. Biyomimikriye İlişkin Çalışmalar

Son yıllarda doğadan ilham alan tasarımlar geliştirme üzerine yapılan çalışmalar alanyazında yer etmeye başlamış ve fen eğitiminde pedagojik bir yaklaşım olarak çeşitli yaklaşımlar dahilinde disiplinlerarası iş birliği yapılarak öğrencilerin birçok becerisini desteklemek adına oldukça gerekli görülmeye başlanmıştır. “Biyomimikri”, “biomimicry in education” anahtar kelimeleriyle yapılan aramalar sonucunda elde edilen çalışmalara ait bazı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

2.1.7.1.Biyomimikriye İlişkin Uluslararası Çalışmalar

Fowler ve Yang (2022) gerçekleştirdikleri derleme niteliğindeki çalışmada robotiğin her yerde bulunması ve kullanılmasının radikal bir değişim ihtiyacını beraberinde getirdiğini belirtmiş ve doğadan ilham alan tasarımların robotik temelinde kullanılması gerektiğini ifade etmiştir.

Kim (2019) gerçekleştirdiği çalışmada teknolojiyi temel alan bir biyomimikri robot eğitim programı geliştirmiş ve bunu üstün yetenekli bireylerin eğitiminde

uygulayarak bireylerde oluşturacağı etkileri incelemiştir. Sonuç olarak robot eğitim programı ile ilgili memnuniyet ortalamanın üzerinde olup programa katılım sonrası teknolojik problemlerin çözüme kavuşturulması ile robotlara yönelik olumlu tutum geliştirildiği gözlenmiştir.

Sumrall vd., (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada ilköğretim 1. sınıf öğrencileri ile biyomimikri temelli oluşturdukları etkinlikler ile bir öğretim sürecini ele almışlardır. Süreç kamuflaj üzerine bir sınıf tartışması ile başlamıştır. Daha sonra öğrenciler kamuflaj hakkında keşif yapacakları bir etkinliğe katılmıştır. Ardından öğrencilere Velcro tanıtılmıştır. Velcro üzerine bir hikaye ile biyomimikri terimi yeniden tanıtılmış ve açıklanmıştır. Öğrenciler kendi biyomimikri fikirlerini üretmek adına araştırmalar yapmaya başlamıştır. Elde edilen veriler ile kısa bir sunum hazırlanmış ve tüm süreç boyunca öğrencilerin okuma becerilerini, yaratıcılıklarını, girişkenlik becerlerini destekleyici heterojen bir şekilde oluşturulmuş gruplar ile işbirliği içerisinde çalışılmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin okuma becerileri ve yaratıcılıklarında artış gözlenmiştir.

Moore ve Tank (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada biyomimikri temeline dayanan STEM uygulaması gerçekleştirmiştir. Çalışma, ortaokulda öğrenim görmekte olan öğrenciler ile gerçekleştirilmiş olup doğadan ilham alan STEM programı geliştirilmiştir. Bu çalışmanın STEM entegrasyonuna dair sınırlı kaynakları gidermeye yönelik bir çalışma olduğu ifade edilmiştir.

2.1.7.2.Biyomimikriye İlişkin Ulusal Çalışmalar

Aydın ve Kaptan (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada 5. ve 7. sınıfta öğrenim görmekte olan 10 ortaokul öğrencisinin biyomimikri temelli yürütülen fen bilimleri dersinin etkililiğine ilişkin görüşlerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda biyomimikri temelli yürütülen fen bilimleri derslerinin öğrencilerin motivasyonlarını arttırdığı, akademik ve sosyal gelişimlerine katkı sağlamanın yanı sıra yaratıcılıklarını da geliştirdiği bulunmuştur.

Türe (2023) gerçekleştirdiği çalışmada kimya dersi öğretim programı kapsamında enerji üretimi ve tasarrufu, kimyasal tepkimeler konuları temelinde hazırlanan STEM etkinliklerinde biyomimikri ve tersine mühendislik uygulamalarının tasarım süreçleri üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Gerçekleştirilen uygulamaların süreç üzerindeki etkileri incelenmiş ve mühendislik tasarım döngüsüne entegreli alternatif bir model önerilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın bulguları, biyomimikri ve tersine

mühendislik temelli STEM etkinliklerinde uygulanan çalışmaların öğrencilerin derslerde öğrendikleri bilgileri tasarımlarında kullanabilmeleri, tasarım geliştirme sürecini planlayabilmeleri, malzemeleri tanımaları, yeni bakış açıları geliştirmeleri açısından olumlu katkılar oluşturduğunu göstermiştir.

Çoban ve Coştu (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada ilköğretim öğrencilerine yönelik biyomimikri temelli bir öğretim yaklaşımını fen eğitimine entegre etmeyi amaçlamıştır. 5. sınıfta öğrenim görmekte olan öğrenciler ile gerçekleştirilen çalışmada öncelikle öğrencilere organizmaları gözlemleme ve yapı-işlev arasındaki ilişkiyi anlama becerisi kazandırmak için farklı organizma türleri sunulmuştur. Ardından öğrenciler sunulan organizmalardan esinlenerek kendi tasarım fikirlerini geliştirmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin doğadaki organizmalardan ilham alıp organizmaların fiziksel yapısının ardındaki işlevi dikkate alarak tasarımlar oluşturduğunu göstermiştir.

Gökgöz (2022) gerçekleştirdiği çalışmada öğretmen adaylarının dolaşım sistemi konusuna dair kalbin yapısı, işleyişi vb. özelliklerden esinlenerek geliştirdikleri teknolojik ürün tasarımlarına yönelik biyomimikri algılarını, öğretmen adaylarının yaptıkları çizimler ve açıklamalar yolu ile belirlemiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre öğretmen adaylarının günlük yaşamda karşılaşılan problem ve ihtiyaçlara yönelik teknolojik ürünler ile ilgili tasarımlar yaptığı tespit edilmiştir.

Kaya (2022) gerçekleştirdiği çalışmada fen bilimleri öğretmen adayları ile biyomimikri uygulamalarının kullanıldığı biyomimikri yaklaşımına dayalı STEM eğitimine yönelik etkinlik hazırlamış ve gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda deney grubu öğrencilerinin akademik başarı, duyuşsal eğilimleri ve çevreye yönelik sorumlu davranış öntest sontest puanları arasında sontest lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin akademik başarı, duyuşsal eğilimleri öntest sontest puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Ancak çevreye yönelik sorumlu davranış ölçeğinde sontest lehine anlamlı farklılık bulunmuştur.

Kandemir vd. (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada öğretmen adaylarının biyomimikri örnekleri hakkında görüşlerinin alınmasını ve konuyu günlük yaşamla ilişkilendirme becerilerinin tespitini amaçlamıştır. Öğretmen adaylarının pıtrak, yusufçuk böceği, balina kuyruğu, yalıçapkını kuşu gibi biyomimikri örneklerinden esinlenerek günlük yaşamda nelerin tasarlandığını yeteri düzeyde bilip bilmediği tespit edilmiştir. Çalışma sonunda öğretmen adaylarının araştırmada seçilen biyomimikri örneklerinden

esinlenerek yeni bir ürün tasarlama ya da geliştirme durumları ile biyomimikri örneklerini fizik kavramlarıyla ilişkilendirme becerilerinin yeterli seviyede olduğu bulunmuştur.

Canbazoglu-Bilici vd., (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada ortaokul öğrencilerine çevre dostu araçlar tasarlayabilecekleri bir uygulama yapmıştır. 40'ar dakikalık dört ders saatinde ve 24 8. sınıf öğrencisiyle gerçekleştirilen uygulama sonucunda öğrenciler mühendislik tasarım sürecine dahil olup hava kirliliğini çözmek için çevre dostu sistemler tasarlamıştır. Çalışma, öğrencilerin fen bilimlerine yönelik kavramları keşfetmelerine olanak sağlamıştır.

Çakır (2019) gerçekleştirdiği çalışmada biyoloji öğretmen adaylarının "Biyomimikri kavramına yönelik bakış açısı ve doğadaki tasarımlara ait farkındalıkları bazı değişkenler açısından ne düzeydedir?" sorusuna cevap aramıştır. Bu amaçla 78 öğretmen adayı ile çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının akademik başarılarının biyomimikri kavramına ilişkin farkındalıklarında etkili olduğu belirlenmiştir. "Biyomimikri, biyoloji eğitiminde tasarım ve tasarımcıyı sürece dahil edip, doğadan ilham alarak yaratıcı çözümler geliştirmeyi hedeflemiştir" sonucuna ulaşılmıştır. Biyomimikri kavramının öğretimi ve öğretmen adaylarının bu konudaki farkındalıklarının artırılmasına yönelik uygulamaların, doğadaki tasarımlardan ilham alarak daha verimli çalışma yöntemleri geliştirmelerine ve teknolojiyle bağlantılı eğitim modelleri hazırlamalarına katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Yakışan ve Velioğlu (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada 4. sınıf öğrencilerinin Biyomimikri Algılarına yönelik oluşturdukları çizimleri analiz etmiştir. Öğrencilerin hayvanların özelliklerinden yararlanarak tasarladıkları teknolojik ürünlerin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada veri toplama aracı olarak öğrencilerin yaptıkları çizimler kullanılmıştır. Öğrencilerin yapmış olduğu çizimler ve tasarladıkları ürünler yedi kategoride toplanmıştır. Bu kategoriler; "Koruma ve Savunma Araç Gereçleri" , "Günlük Yaşamda Kullanılan Materyaller" , "Su altı Araçları", "Yaylı Araç ve Gereçler" , "Kara Araçları", "Canlı duyularına özgü materyaller" ve "Hava Araçları" şeklindedir. Çalışma sonunda, öğrencilerin biyomimikri temelli tasarladıkları teknolojik ürünler ile ilgili çizimlerine yaşamış oldukları coğrafi çevreden öğrendiklerinin ve sosyalleştikleri ortamların etkisi olduğu görülmüştür.

Yıldırım (2019) gerçekleştirdiği çalışmada öğretmen adaylarıyla yapılan doğa gözlemi ardından, doğadan ilham alan yeni tasarımlar oluşturulmuştur. Çalışma

sonucunda öğretmen adayları doğadan ilham alıp, gerçekleştirdikleri mühendislik dizayn süreçleri sonucunda ortaya bir ürün çıkarmışlardır. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının doğaya karşı bakış açılarında değişiklikler meydana geldiği, ancak mühendislik dizayn süreçleri ve bilimsel süreç becerilerini karıştırdıkları anlaşılmıştır.

2.2.Mühendislik Tasarım Süreci

2.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci Tanım ve Temelleri

Teknolojide yaşanan hızlı ilerlemeler, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanında çalışan bireylerin bazı becerilere sahip problem çözücüler olmalarını gerektirmektedir. Problem çözme becerisine sahip bireyler, karmaşık problemleri daha küçük ve yönetilebilir adımlara bölüp çözüme doğru ilerlerken tüm seçenekleri dikkatlice değerlendirmektedirler (American Library Association,1993).

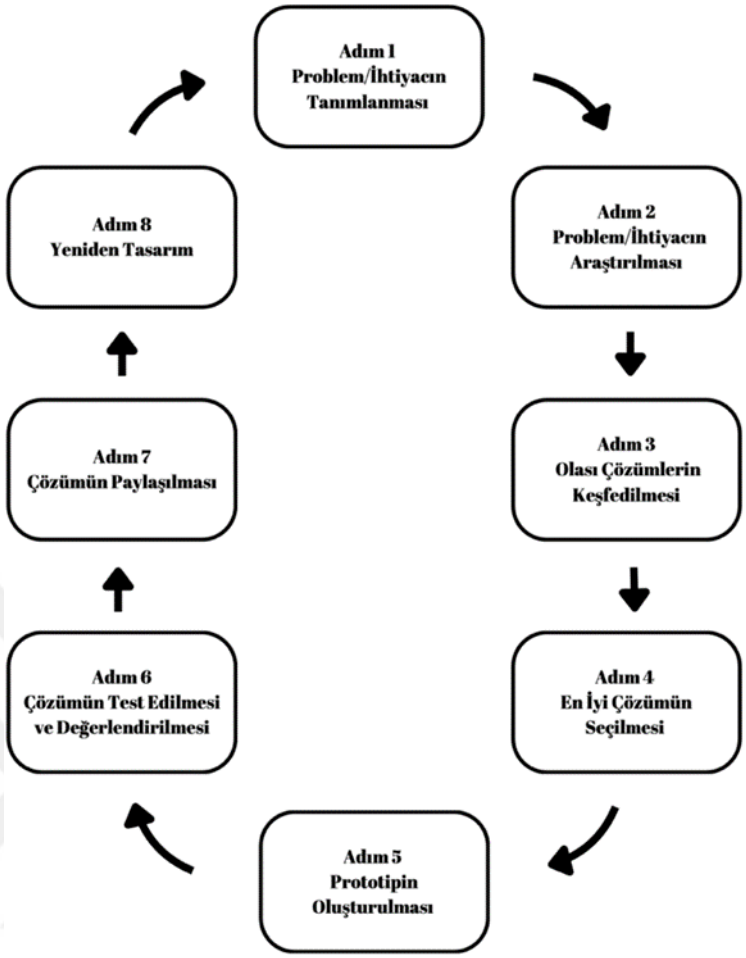
Mühendislik tasarım süreci tasarım, araştırma ve geliştirme, ürün imalatı gibi pek çok alanda sistematik şekilde ilerleyen çözüm üretme yöntemidir (Fidai vd., 2020). Buna ek olarak kaynak, zaman, bütçe gibi bazı kriterler ve sınırlar çerçevesinde kalınarak herhangi bir soruna çözüm üretmeyi amaçlamaktadır. Alanyazına bakıldığında mühendislik tasarım sürecine dair birçok model bulunmaktadır. Öğrencilerin öğrenme süreçlerine destek olmak ve öğrencilerin çalışmalarının değerlendirilmesini sağlamak adına bu modeller faydalı görülmektedir (Cejka ve Rogers, 2005).

2.2.2. Mühendislik Tasarım Süreci Modelleri

Mühendislik tasarım sürecini tanımlamanın evrensel olarak kabul edilmiş bir yolu yoktur (Radcliffe, 2014). Ancak mühendislik tasarım sürecine ilişkin pek çok kaynak, süreci bir dizi adım ve model olarak ortaya koyan modellerden bahsetmektedir (Dym ve Little, 2004). Mühendislik tasarım sürecine dair modeller incelendiğinde, mühendislik tasarım sürecinin tanımlanmasında grafiklerde döngüsel temsil edilişler göze çarpmaktadır. Döngü yapısı, mühendislik tasarım sürecinde doğrusal olmayan bir yaklaşımı ve kişinin süreç içerisinde ilerlemesine yönelik daha yaratıcı yöntemleri temel almasını ifade etmektedir (Guerra vd.,2012).

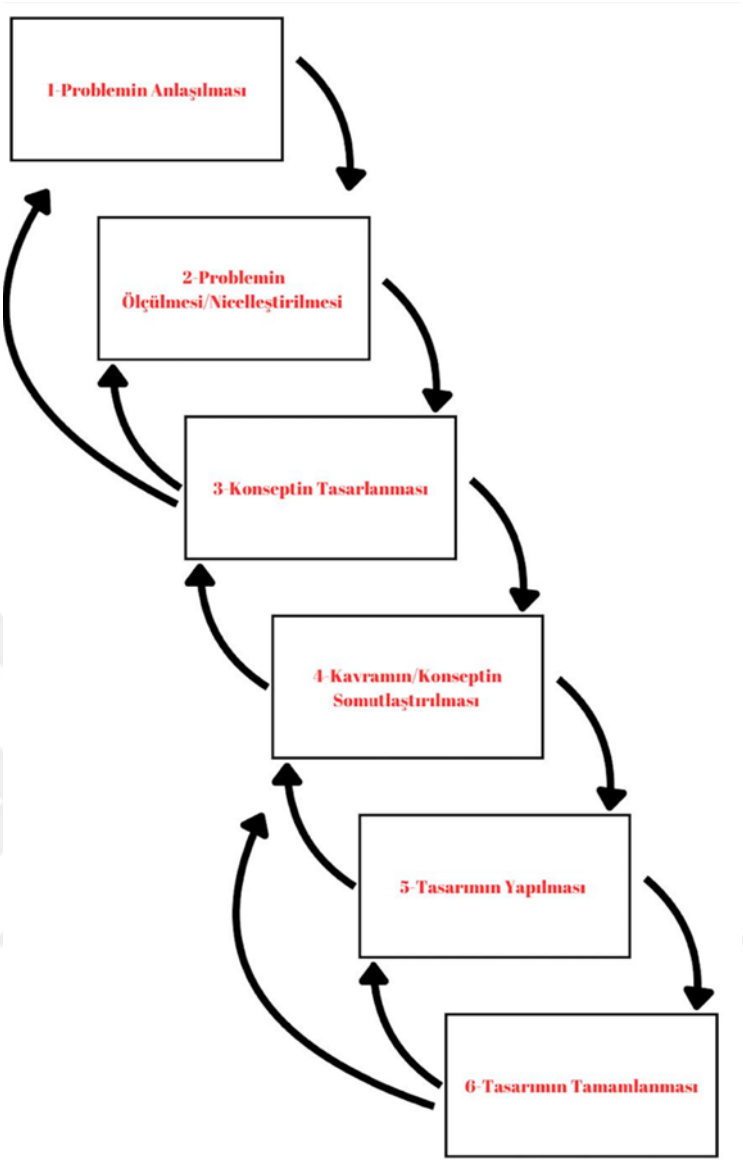
2.2.2.1. Farklı Mühendislik Tasarım Döngüleri

Massachusetts Eğitim Bakanlığı Öğretim Programı Çerçevesinde (Massachusetts,2001) Şekil 2.15.'de belirtilen model sekiz adım içermektedir. İfade edilen sekiz adım açık uçlu bir mühendislik tasarım ihtiyaç ve problemine çözüm üretme sürecini kapsamaktadır. Model problem/ihtiyacın tanımlanması ve problem/ihtiyaca yönelik araştırmalar yapılması ile başlamaktadır. Ardından problem/ihtiyaca yönelik olası çözümler oluşturulur ve olası çözümler arasından en iyi çözüm avantaj ve dezavantajları belirlenerek seçilir. Seçilen çözüm temelinde bir prototip oluşturulur, çözümler prototipin oluşturulması üzerine test edilir ve sürece dair paylaşımlar yapılarak yeniden tasarım sürecine geçilir. Yeniden tasarım, sürecin döngüsel bir şekilde ilerlemesine ve tasarımın daha güçlü kılınması adına revizeler yapılmasına imkan tanımaktadır.



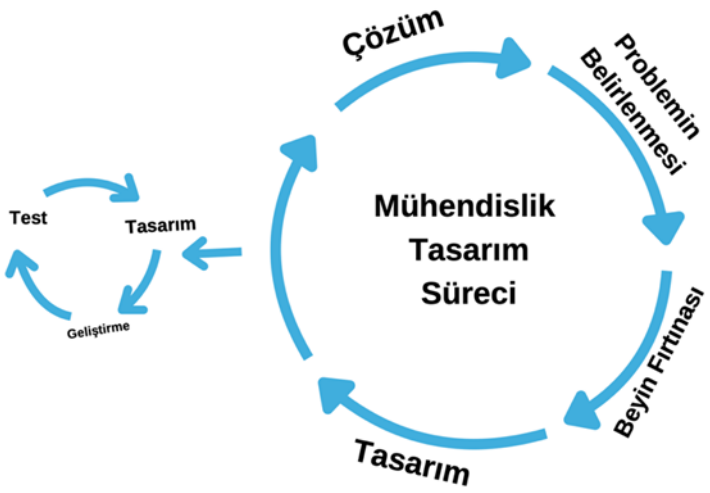
Şekil 2. 16. Mühendislik Tasarım Süreci Adımları (Cejka ve Rogers, 2005)

Mühendislik tasarım sürecine yönelik Şekil 2.16. klasik bir "şelale" yaklaşımını temel alan bir süreç olup; problemin anlaşılması, problem/ihtiyacın belirlenmesi, konseptin tasarlanması, konseptin somutlaştırılması, tasarımın uygulanması ve tasarımın sonuçlandırılması şeklinde sırayla ilerleyen bir dizi adımı göstermektedir. Adımlar, mühendislik tasarım sürecinin yinelemeli doğasını vurgulamaktadır (Guerra vd., 2012).



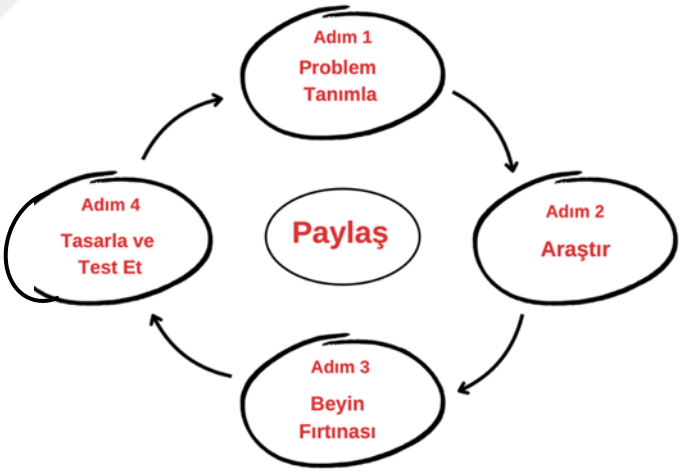
Şekil 2. 17. Mühendislik Tasarım Süreci Adımları (Guerra vd.,2012)

Bir diğer tasarım modeli "İç içe Geçmiş Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü" dür ve model; problemi tanımlama, beyin fırtınası, tasarım, çözüm şeklinde döngüsel adımlar içermektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2. 18. İç içe Geçmiş Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü (Linh ve Huong, 2021)

Son olarak NASA başta olmak üzere pek çok kurumun çalışma ve uygulamalarında benzerlerinin yer aldığı mühendislik tasarım süreci modeli Şekil 2.18'de belirtilmiştir.



Şekil 2. 19. Mühendislik Tasarım Süreci Döngüsü

(*Engineering Design Process- TeachEngineering*)

İlgili mühendislik tasarım süreci döngüsünün ilk adımı problemin net bir şekilde tanımlanması ve anlaşılmasıdır. Bu adımda problemin tanımlanmasına ve anlaşılmasına yönelik sorular sorulmalıdır. Bazı soruların cevapları net ve kolay ulaşılabilir olurken bazı

sorular daha derin araştırmalar gerektirebilir. Ne öğrenmemiz gerektiğini yaptığımız araştırmalar sonucu elde ettiğimizde, bu bilgiyi edinebilmek ve tasarıma aktarabilmek adına bir plan geliştirilmelidir. Ardından beyin fırtınası yapılmalı ve probleme yönelik çözümler belirlenip çözümlerin artıları ve eksileri belirlenmelidir. Son olarak çözümler paylaşılmalı ve geri bildirimler sayesinde tasarım geliştirilmelidir.

Belirtilen tasarım döngülerinin ve süreçlerinin basamaklarının büyük ölçüde birbirine benzediği görülmektedir. Tüm modellerde süreç problem/ihtiyacın tanımlanmasıyla başlamakta ve tasarımın planlanması, prototip oluşturma ve test ederek iyileştirmeler yapıp geliştirme ile devam etmektedir. Bu modeller mühendislik tasarımını kapsayan süreçlerde sıklıkla tercih edilmektedir.

2.3.Tersine Mühendislik

2.3.1. Tersine Mühendislik Kavramı Tanım ve Temelleri

Günümüzde üretim faaliyetlerinin ve pazar gereksinimlerindeki ihtiyaçların karşılanması adına kısa sürede ve az maliyetli tasarımlar geliştirilmesi beklenmektedir. Tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen bir tasarım süreci ürün geliştirme döngüsünü önemli ölçüde ekonomik, kullanışlı ve etkili bir hale getirmektedir (Rasovic ve Obad, 2016, s.328; Zhang, 2003, s.472). Çizelge 2.7'de bazı sözlüklerin tersine mühendislik üzerine tanımları yer almaktadır.

Çizelge 2. 7. Farklı Sözlüklerin Tersine Mühendislik Tanımları

Sözlük	Tersine Mühendislik Tanımları
Webster Sözlüğü	Genellikle üretimle ilgili kavramları keşfetmek üzere bir ürünü veya cihazı parçalarına ayırmak ve ayrıntılı olarak inceleyip analiz etmek. (https://www.merriam- webster.com/dictionary)
Cambridge Sözlüğü	Başka bir şirketin ürününü, nasıl yapıldığına dair dikkatli incelemeler yapıp kopyalama eylemi. (https//dictionary.cambridge.org/)

Collins Sözlüğü	Tersine mühendislik, bir ürün veya sistemin nasıl çalıştığını görmek için analiz etmek ve böylece ürün veya sistemin benzer versiyonunun daha az maliyetle üretildiği bir süreçtir. (https://www.collinsdictionary.com/dictionary)

Bir ürünün kopyalanması tersine mühendislik yapmanın nihai nedeni olarak ifade edilse de süreç tanımının bir parçası değildir. Tersine mühendislik bir ürünü kopyalamanın yanı sıra pek çok yararlı neden üzerine gerçekleştirilmektedir. Bir üründe tersine mühendislik sürecini uygulamanın olası nedenleri, ürünü veya programı yeniden yaratmak, iyileştirmek, zayıflıkları analiz edip savunmayı güçlendirmektir. Dolayısıyla tersine mühendislik süreci yalnızca bir nesnenin veya sistemin nasıl yapıldığını ve çalıştığını öğrenmek için yapılan bir süreç olarak kalmayıp, üretim ve montaj aşamasını tersine işleterek üretim esnasındaki süreci de çözmeyi sağlayan elektronik bileşenlerin yanı sıra biyolojik, kimyasal ve organik maddeler üzerinde de işletilebilen bir uygulamadır (Thayer, 2017). Tersine mühendislik sürecini bir tasarım probleminde kullanmak için şu nedenleri sıralayabiliriz (Thayer, 2017):

- Artık üretilmeyen eski ürünler üzerine revizeler yapmak
- Tasarımlarda iyileştirmeler yapmak üzere bir ürünü analiz etmek
- Olası patent ihlalleri için rakip ürünlerin araştırılması
- Yeterli dokümantasyon olmadığında ürünlerin bakım ve onarımı
- Kötü amaçlı kullanıma açık (örn: kötü amaçlı yazılımlar) ürünlerin önüne geçilmesi
- Tasarımlarda ortaya çıkan mevcut arızaların analizi

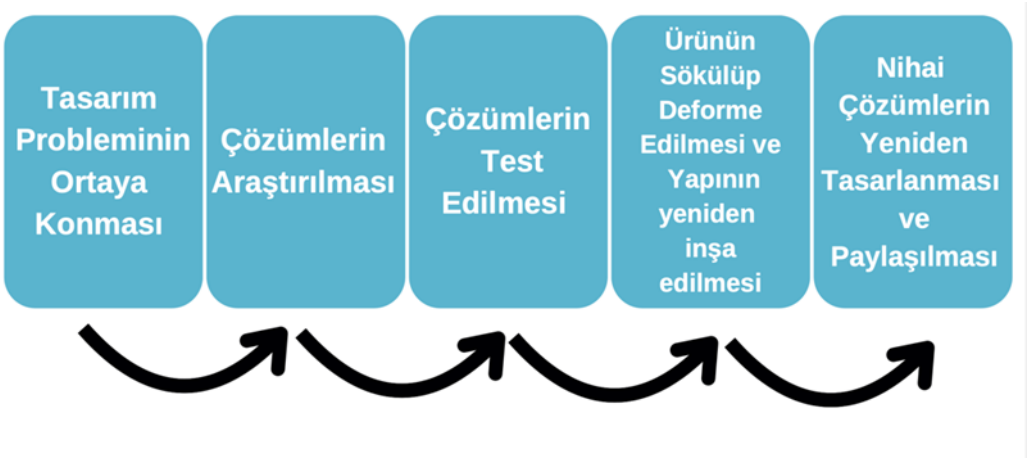
Bir pedagoji olarak tersine mühendislik, tüketicinin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak ürünleri geliştirmek için eğitimde ve endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır. Tersine mühendislik temelli bir eğitim-öğretim sürecinde öğrenciler bir ürünün iç ve dış bileşenlerinin mikro yapısını analiz eder, her bir bileşenin işlevi adına detaylı açıklamalar ve araştırmalar yapar. Süreç boyunca öğrenciler bir ürünün arka planındaki prensipleri ve konsepti öğrenip ürünlerin performanslarını iyileştirmeye

yönelik tasarımlar ortaya koyarlar. Otto ve Wood (1998), mühendislik tasarımının eğitim dahilinde pedagojik bir yaklaşım olarak tersine mühendisliğin analiz ve yeniden tasarım şeklinde ilerleyen sürecinin entegre edilmesinin etkili olacağını öne sürmüştür. Tersine mühendislik eğitim-öğretim ortamları dahilinde öğrenme etkinlikleri iyi planlandığında, öğrencilerin bir bileşenin nasıl çalıştığını gözlemlemeleri ve her bir bileşeni analiz etmeleri konu ve bağlamı somutlaştırmalarını ve disiplinlerarası bağlantılar kurmalarını sağlayacaktır (Lur vd., 2022). Otto ve Wood (1998) çalışmalarında, bir ürünün sökülmesi ve parçalara ayrılmasını içeren tersine mühendislik sürecinin aşamalı olarak gerçekleştirilmesini planlamış ve ürünü sökmenin amacının bir ürünün nasıl monte edildiğini değerlendirmek ve ardından yeniden tasarlayarak iyileştirmeye çalışmak olduğunu belirtmişlerdir. O zamanlarda yeni bir yaklaşım olan bu "yeniden tasarım" metodolojisi, yapılandırılmış keşif ve deneyler ile ürün tasarımını geliştirmeye ve iyileştirmeye yönelik kapsamlı bir sürece yol açması nedeniyle eğitim ve endüstriyel uygulamalarda da yer etmiştir.

2.3.2. Tersine Mühendislik Süreci Basamakları

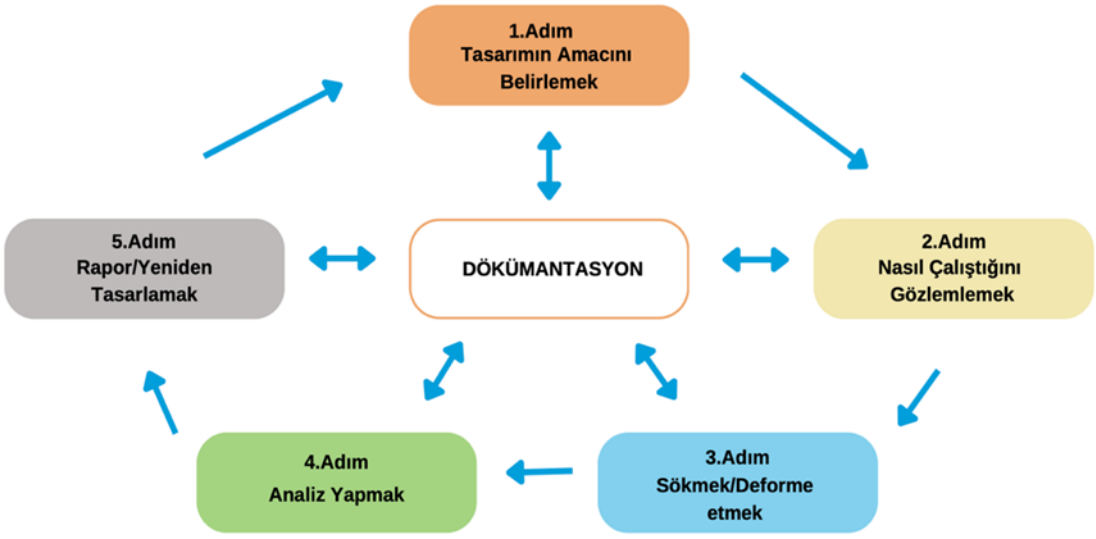
Tersine mühendislik sürecini ifade eden tanımlar ve sürecin adımları benzer özellikler taşısa da sürecin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi adına kullanılan süreçler farklılık göstermektedir. Tersine mühendislik süreci bir ürünün incelenmesiyle başlar. Ardından ürünün çalışma parametreleri keşfedilir ve işlevselliği bileşenleri ve çalışma prensipleri üzerine hipotezler kurulur. Daha sonra, ürün tamamen sökülür ve daha iyi performans gösterebilmesi için yeniden tasarlanır. Wood vd. (2001), bu sürecin öğrencilerin çeşitli öğrenme ihtiyaçlarına hitap etmede faydalı olduğunu ve tasarımın anlaşılması için heyecan verici bir yol olduğunu ifade etmektedir. Younis ve Tutunji (2012) tersine mühendislik sürecini altı adımda düzenlemiştir: 1) ürünlerin ön taraması, 2) ürünlerin işlevselliğinin gözlemlenmesi, 3)ürünlerin bileşenlerinin ve yapılarının incelenmesi, 4) her bir bileşenin nasıl işlediğinin ve çalıştığının analiz edilmesi, 5) yeni bir ürün inşa edilmesi ve test edilmesi, 6) inşa edilen ürünün iyileştirilmesi.

Farklı bağlamlarda tersine mühendisliği eğitim amaçlı kullanmaya uygun olarak çeşitli yollar ifade edilmektedir. Bazı araştırma ve çalışmalarda "Tersine Mühendislik Süreci Basamakları" şematik olarak belirtilmiştir.



Şekil 2. 20. Tersine Mühendislik Tasarım Süreci (Mcgowan vd.,2017)

Fen eğitiminde Mcgowan vd. (2017) beş adımdan oluşan pedagojik bir tersine mühendislik süreci modeli tanımlamıştır. Yapılan çalışma çizgisel ilerlemekte ve birbirini takip eden beş adımdan oluşmaktadır. Bu modelin adımlarına bakıldığında 1) Tasarım probleminin ortaya konması, 2) Çözümlerin araştırılması, 3) Çözümlerin test edilmesi, 4) Ürünün sökülüp deforme edilmesi ve yapısının yeniden inşa edilmesi, 5) Nihai çözümlerin yeniden tasarlanması ve paylaşılması şeklindedir.



Şekil 2. 21. Tersine Mühendislik Tasarım Döngüsü (Thayer,2017)

Thayer (2017) tarafından belirtilen tasarım döngüsünün merkezine ise dokümantasyon yerleştirilmiştir. İlk aşama üzerinde çalışılacak tasarımın amacının belirlenmesidir. Tasarımın amacının doğru ve anlaşılır bir şekilde belirlenmesi, üzerinde tersine mühendislik çalışması yapılacak ürünün veya parçanın seçilmesinde önem arz etmektedir. Ardından ürünün nasıl çalıştığı ve ürünün genel mekanizması üzerine gözlemler yapılmaktadır. Yapılan gözlemlerin ardından ürün üzerindeki her bir parçanın işlevinin anlaşılması adına sökme veya deforme ederek incelemeler yapılır. Bu aşamada yapılan incelemeler sonucu edinilen bilgiler analiz edilir. Son olarak yapılan analizler sonucu raporlama yapılıp varsa eksikler belirlenir ve tasarım üzerinde gerekli iyileştirmeler yapılır. Burada en nihai nokta sürecin tamamlanmayıp döngüsel bir şekilde devam ettiğinin anlaşılmasıdır.

2.3.3.Tersine Mühendislik ile İlgili Çalışmalar

Son yıllarda tasarım odaklı yapılan çalışmalar özellikle fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitiminde pedagojik bir yaklaşım olarak çeşitli yaklaşımlar dahilinde disiplinlerarası iş birliği yapılarak öğrencilerin birçok becerisini desteklemek adına oldukça gerekli görülmeye başlanmıştır. Öğrencilerin halihazırda tasarlanmış ürünler üzerinden öğrendikleri tersine mühendislik sürecinin, öğrencilerin üzerindeki etkisi bağlamında çok az şey bilinmektedir (Ladachart vd., 2022). “Tersine mühendislik”, “reverse engineering”, “reverse engineering in education” anahtar kelimeleriyle yapılan aramalar sonucunda elde edilen çalışmalara ait bazı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

2.3.3.1. Tersine Mühendislik ile İlgili Uluslararası Çalışmalar

Liu vd. (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada, STEM etkinliklerinde tersine mühendislik sürecinin öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerileri üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada ilköğretim beşinci sınıfta öğrenim görmekte olan öğrenciler ile 16 hafta boyunca uygulamalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda, STEM öğrenme etkinliklerinde öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmek üzere tersine mühendislik yaklaşımının kullanımının etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zhong vd., (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada robotik eğitiminde tersine mühendislik pedagojisini araştırmış ve ortaokul öğrencileriyle uygulamalı bir süreç

gerçekleştirmişlerdir. Araştırmanın bulgularına göre bir planlama dahilinde hazırlanan tersine mühendislik uygulamalarının robotik eğitiminde yaratıcılığı geliştirmek ve öğrenme performansını arttırmak adına kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bertoni (2019) gerçekleştirdiği çalışmada, öğrencilerin mühendislik yöntemlerini doğru kullanmanın önemi konusundaki farkındalıklarını arttırmak amacıyla üç aşamalı gerçekleştirilen bir tersine mühendislik sürecini içeren öğrenme aktivitesi uygulaması gerçekleştirmiştir. Etkinliğin etkililiği yarı yapılandırılmış raporlar aracılığıyla analiz edilmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin mühendislik yöntemlerini nasıl kullanacaklarına dair anlayışlarının geliştiğini göstermiştir ve dersin hedeflenen öğrenme çıktılarının elde edilmesiyle uyumlu bulunmuştur.

Verner ve Greenholts (2017) gerçekleştirdikleri çalışmada, okullarda tersine mühendisliği tanıtmış ve yaptıkları uygulamalar ile mühendislik tasarımı eğitimini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu hedef doğrultusunda tersine mühendislik uygulamaları temelinde öğretim birimleri geliştirilmiş ve öğretmen eğitimi hazırlanmıştır. Çalışma sonuçlarında yeni teknolojik sistemler tasarlanıp prototipler oluşturulmuş ve öğretim birimleri geliştirilip edinilen bilgiler akranlar ile paylaşılmıştır. Tersine mühendislik yaklaşımının anlamlı öğrenmeyi geliştirmek için kullanılabileceğine dair sonuçlara ulaşılmıştır.

Silapachote vd. (2014) gerçekleştirdikleri çalışmada, doğal dünyadaki organizmalar arasındaki karmaşık etkileşimlerini ifade eden senaryolar oluşturmalarına yardımcı olacak tersine mühendislik temelli bir eğitim-öğretim yaklaşımı geliştirmişlerdir. Süreç parçalara ayrılmış, her bir unsur kademeli olarak öğrencilere kavratılmış ve sonra tekrar yapılan revizeler ile süreç bir araya getirilmiştir. Tersine mühendislik temelli geliştirilen yaklaşımın öğrenciler üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dempere (2009) gerçekleştirdiği tersine mühendislik temelli çalışmada, beş öğrenciden oluşan beş grup lisans öğrencisi ile çeşitli malzemeden oluşan (metal, seramik, polimer, elektronik malzeme) cep telefonu cihazının her bir parçası sökülmüş ve detaylı analiz ve incelemelerin ardından ürünler geliştirilmiştir. Her grup projelerini etkin bir şekilde tamamlamak adına eğitmen dahilinde çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Elde edilen veriler sonucunda telefonlarda tercih edilen lehim Pb-Sn olarak bulunmuş ve bu

da öğrencilere Avrupa Birliği tarafından 2003 yılında kabul edilen elektronik cihazlarda bazı tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılmasına ilişkin direktifleri tanıtma fırsatı sunmuştur.

2.3.3.2. Tersine Mühendislik ile İlgili Ulusal Çalışmalar

Arısoy (2022) gerçekleştirdiği çalışmada sürdürülebilirlik kavramının erken yaşlarda kazanılan bir beceri olmasını sağlamak adına STEM atölyesi planlamıştır. Öğrenciler sürdürülebilirlik kavramına yönelik yapılan STEM atölyesinde tersine mühendislik temelli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin doğaya olan bağlılıklarının geliştiği ve doğayı içselleştirdikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Karahan (2020) gerçekleştirdiği çalışmada, mühendislik bölümü lisans öğrencileri ile çalışmış ve STEM odaklı öğretim modülleri geliştirmiştir. Öğrenci gruplarından bir tanesi tasarladığı STEM uygulamasını tersine mühendislik bağlamında temellendirmiştir. Sınıf öğretmeni adaylarının Fen bilimleri dersi kapsamında gerçekleştirdikleri STEM etkinliği, görüşmeler ve video kayıtları ile analiz edilmiştir. Sınıf öğretmeni adaylarının STEM uygulama sürecinde gerçekleştirdikleri çalışmalar, STEM uygulama sürecinde kullandıkları beceriler ve duyuşsal özellikler, STEM uygulama sürecine dair görüşleri incelenmiş ve bulgular şeklinde sunulmuştur. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının gerçek yaşam bağlamında mühendislik tasarım basamaklarını takip edip disiplinler arası becerileri kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Taşçı ve Şahin (2020), ilköğretim sekizinci sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdikleri çalışmada tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarısı ve problem çözme becerileri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deney grubu ile tersine mühendislik, kontrol grubuyla yapılandırmacı yaklaşım çalışılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda tersine mühendislik uygulamalarının kontrol grubu ile çalışılan yapılandırmacı yaklaşıma göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Badraslıoğlu (2016) gerçekleştirdiği çalışmada, fiziğe giriş öğretim programında kullanılmak amacıyla bir tersine mühendislik yaklaşımı önermiş ve bu yaklaşımın STEM' e yönelik becerilerin kullanımını kolaylaştırmak adına kullanılmasını tavsiye etmiştir. Ayrıca fizik dersinde tersine mühendislik bağlamının farklı konularda kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

2.4. STEM Eğitimi

2.4.1.STEM Eğitimi Tanım ve Temelleri

Günümüz çağının bireylerinin 21.yüzyıl becerilerine sahip, günlük yaşam ve küresel sorunlara çözüm sunabilen, yaratıcı ve eleştirel düşünebilen bireyler olarak yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (Johnson, 2018; Modi, 2011). Bilgi ekonomisi kavramının da son yıllarda eğitim reformlarının odak noktası olmasıyla birlikte (Ralls vd., 2020) bu ekonomiye değer katacak bireylerin yetiştirilmesi önemli bir hale gelmiştir.

Fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştirici bir yaklaşım olan STEM eğitim ve kariyer arasında bir köprü olarak değerlendirilmektedir (Gillies, 2015) ve STEM eğitimi üzerine alan yazında bulunan tanımlar incelendiğinde STEM eğitiminin disiplinlerarası bir yaklaşım olup gerçek hayat problemlerine çözüm aradığı üzerinde durulmaktadır. STEM eğitimi, öğrencinin tasarım sürecinin nasıl işlediğine dair anlayışını arttırmalı ve teknoloji kullanımını geliştirmelidir (Bybee, 2013). Ulusal ve uluslararası düzeyde bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimine yapılan vurgu, eğitim-öğretim ortamlarında STEM eğitiminin de daha fazla kullanılmasına yol açmıştır (Carlisle ve Weaver, 2018). Yapılan çalışmalarda ve yazılan pek çok raporda (Örn: Fen Eğitimi Şimdi: Avrupa'nın Geleceği için Yenilenen Pedagoji), fen bilimleri ve teknoloji eğitiminde genç bireylerin bilim, teknoloji ve matematik alanlarına olan ilgilerinin azalmasının Avrupa'nın uzun vadede yenilikçi ve inovatif tasarım kapasitesini azaltacağı üzerine vurgular yapılmaktadır (Rocard vd.,2007). ABD gibi ülkelerde de STEM günümüzün bir gerekliliği olarak ifade edilip devlet eğitim politikası haline gelmiştir (Akgündüz vd., 2015).

STEM eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştiren bir yaklaşımdır ve özellikle fen eğitimine ve öğretim programlarına yeni bir soluk getirmiştir (Bybee, 2013). Gerçek bir STEM eğitimi, öğrencilerin nesnelerin nasıl çalıştığına dair anlayışlarını geliştirmeli ve bu anlayışları teknoloji temelinde şekillendirmelidir (Bybee,2010). STEM eğitiminin önemli yapı taşlarından biri olarak kabul edilen *engineering* (mühendislik) her ülkenin gündeminde bulunan problem çözme ve inovasyon ile doğrudan ilişkilidir. Howard Gardner bu doğrultuda, çocukların makinelerin yapamadığı işleri yapabilecek donanıma sahip olması gerektiğini belirtmekte (Akgündüz vd.,2015) ve bu hedef doğrultusunda 21. Yüzyıl becerilerine de gereken

vurguyu yapmaktadır. Alanyazın çalışmalarına göre STEM eğitiminin STEM okuryazarlığı ve 21. yüzyıl yetkinliklerini amaçladığını ifade etmek mümkündür. 21. yüzyıl yetkinlikleri Partnership for 21st Century Learning (2015) tarafından öğrenme ve yenilik yetkinlikleri; bilgi, medya ve teknoloji yetkinlikleri; yaşam ve kariyer yetkinlikleri olmak üzere üç ana grupta toplanmıştır. Bu yetkinlikler yaratıcılık, inovasyon, iletişim, problem çözme, bilgi okuryazarlığı, girişimcilik gibi pek çok beceriyi kapsamakta ve STEM temelinde gerçekleştirilecek çalışmalar ile bu yetkinliklerin destekleneceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak STEM eğitimi, günümüz ve geleceğin ihtiyaç duyduğu pek çok beceriyi kazandırmak adına önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda STEM eğitimine verilen önemin artmasıyla birlikte, okullar ve eğitim kurumları STEM odaklı programlar sunmaya ve STEM yaklaşımını farklı disiplinlerarası çalışmalar ile desteklemeye başlamıştır. Bu programlar öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında başarılı olmalarını sağlamanın yanı sıra, öğrencileri geleceğin yenilikçileri olarak yetiştirmeyi hedefler (National Research Council, (NRC) 2012).

2.4.2. Disiplinlerarası Bir Yaklaşım Olarak STEM

21. yüzyılda bireylerden beklenen yeterlilikler ve bireylerin sahip olması gereken özellikler çağın bir gereksinimi sonucu değişime uğramıştır. 21. yüzyılın bireylerinde disiplinlerarası çalışabilme, etkili iletişim kurabilme, girişimcilik, yaratıcılık üzerine yapılan vurgu göze çarpmaktadır. İçerisinde bulunduğumuz teknoloji temelli olarak ifade edilen çağdaki problemlerin ve ihtiyaçların da çok disiplinli olması, öğrencilerin disiplinlerarası çalışmalar yapıp rekabetçi olmalarını bir gereklilik haline getirmiştir (Moore vd., 2018). Bu kapsamda STEM etkili bir yol olarak ifade edilmektedir. STEM çalışmalarına entegre bir şekilde yürütülecek çalışmalar ile öğrenciler soru sorma, analiz etme, yaratıcılık, bilimsel okuryazarlık gibi pek çok becerilerini geliştirme fırsatı yakalayabilecektir.

2.4.3 Biyomimikri ve STEM

Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitiminin ilerlemesine yönelik gerçekleştirilen ulusal çabalar, toplumumuzun küresel bir STEM iş gücü talep etmesiyle birlikte daha da güçlenmektedir (Asunda, 2012 ; Keirl, 2006 ; Kelley ve Knowles, 2016

; Li vd., 2019). Öğrencilerin STEM yaklaşımına yönelik başarılarını arttırmalarına yardımcı olmak için, öğretmenler ve eğitimciler uygun eğitim-öğretim ortamlarını oluşturmalı ve öğrenci öğrenmesini olumlu yönde etkileyen stratejiler geliştirmelidir (Han vd., 2021). STEM eğitimi yoluyla 21. yüzyıl becerilerinin artırılması eğitimcilerin odak noktası olup; eleştirel düşünme, iş birliği, yaratıcılık ve iletişim becerisi geleceğin gerekli becerileri olarak belirtilmektedir (International Technology and Engineering Educators Association, 2020).

MEB (2018), fen bilimleri dersi öğretim programı özel amaçları kapsamında vurgu yapılan "*birey, çevre ve toplum arasındaki karşılıklı etkileşimi fark ettirmek; doğal kaynaklara ilişkin sürdürülebilir kalkınma bilinci geliştirmek*", "*doğada ve yakın çevresinde meydana gelen olaylara ilişkin ilgi ve merak uyandırmak, tutum geliştirmek*", "*fen bilimleri ile ilgili kariyer bilinci ve girişimcilik becerilerini geliştirmek*" gibi hedeflerin, öğrencilere kazandırılması adına yapılacak çalışmalar disiplinlerarası bir nitelikte olup öğrencilerin pek çok becerisini geliştirmeye imkan sağlayacak eğitim-öğretim uygulamaları ile sağlanabilir. Fen bilimleri öğretim programında özel amaçlar kapsamında vurgu yapılan bu kazanımların öğrencilere kazandırılması adına biyomimikri temelli uygulamalar etkili bir yol olarak ifade edilebilir. Biyomimikri temelli yapılacak uygulamalar ile öğrenciler doğada gözlemler yapıp canlıları güçlü kılan özellikleri kullanarak, canlıların zaten dünyanın varoluşundan beri hayatta kalmak adına geliştirdikleri mekanizmaları günlük yaşam problemlerine ve tasarım ihtiyaçlarına çözüm ararken kullanabileceklerdir. Öğrencilerin canlı organizmalardan esinlenerek geliştirilen teknolojilerin farkına varıp benzer yenilikleri yapmak için istekli olmaları sağlanacaktır (Yakışan ve Velioğlu, 2019).

Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC] , 2012) tarafından geliştirilen *K-12 Fen Eğitimi Çerçevesi : Uygulamalar, Kesişen Kavramlar* ve *Öz Fikirler* reform belgesinde, yapı fonksiyonları arasındaki ilişki bilim ve mühendislik uygulamaları yoluyla kesişen kavramlar olarak kabul edilmektedir. Tüm disiplinlerde temaları birleştiren yapı ve işlev "bir nesnenin ya da canlı organizmanın oluşma biçimi ve alt bileşenlerini, özelliklerini ve fonksiyonunu belirler" şeklinde tanımlanmaktadır (NRC, 2012, s.84). Dolayısıyla biyomimikri temelinde yapılacak çalışmaların içeriğinin yapı ve fonksiyona yaptığı vurgu bilim ve mühendislik ile bütünleşerek öğrencilerin 21.yüzyılda doğa dostu, sürdürülebilir ve ayakta kalabilen tasarımlar oluşturmasını sağlayacaktır.

Biyomimikri ve STEM disiplinlerarası çalışma yapmanın gerekli olduğu alanlar bağlamında vurgu yapılan yaklaşımlardır (Bar-Cohen, 2006). STEM eğitiminde biyomimikrinin özelliklerinden yararlanmak, öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinde doğadan esinlenilen yapılar, robotlar ve enerji sistemleri gibi çeşitli tasarımlar oluşturmalarına eşsiz bir olanak sunacaktır. Bu alanda yapılan çalışmalar ile doğal sistemlerin işleyişini daha iyi anlamış ve insan yapımı sistemlerin daha sürdürülebilir hale gelmesini sağlayabilir.

2.4.5. STEM Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ulusal ve uluslararası STEM alanında yapılan çalışmalar, 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesi, inovasyonun teşvik edilmesi amacıyla eğitimde disiplinlerarası bir yaklaşım benimsenmesinin önemine vurgu yapmaktadır. "STEM", "STEM education" anahtar kelimeleriyle yapılan aramalar sonucunda elde edilen çalışmalara ait bazı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

2.4.5.1. STEM Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmalar

Murphy ve Kelp (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada, lisans öğrencilerinin STEM uygulamalarına katılımdaki motivasyonlarını ve davranışlarını araştırmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda lisans öğrencilerinin bilimsel iletişim becerilerinin yanı sıra bilimsel öz yeterliliklerinin STEM uygulamalarına katılımlarında motivasyon ve davranışlarını nasıl yönlendirebileceğine yönelik anket uygulanmıştır. Çalışma sonucunda STEM uygulamalarına öğrencilerin katılım anlamında motive oldukları ancak bu davranışları fiilen gerçekleştirecek fırsatlardan yoksun oldukları ortaya konmuştur.

Prajuabwan ve Worapun (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada, STEM temelli etkinliklerin beşinci sınıf öğrencilerinin fen öğrenme başarısı, ölçme becerileri ve öğrenme deneyimlerinden memnuniyet düzeyleri üzerindeki etkileri araştırmayı amaçlamıştır. Çalışma kapsamında beşinci sınıf öğrencilerinin katıldığı STEM temelli etkinlikler kullanılarak tasarlanan bir süreç planlanmış ve başarı testi, bilişsel düşünme testi, memnuniyet anketi aracılığıyla veriler toplanmıştır. Çalışma sonucunda STEM temelli etkinliklerin öğrenci başarısını ve öğrenme deneyiminden memnuniyet düzeyini arttırmada etkili olduğuna ulaşılmıştır.

Watson (2023) gerçekleştirdiği çalışmada, lise düzeyinde öğrenim görmekte olan üstün yetenekli öğrenciler ile etkileşimli çevrimiçi ortamda STEM temelli uygulamalar gerçekleştirmiştir. Program kapsamında öğrencilerin programa verdikleri yanıtlar yapılan bir anket ile toplanmış olup , anket sonuçlarına göre öğrencilerin çevrimiçi atölye çalışmaları programından yüksek değer elde ettiği tespit edilmiştir.

Hite ve Taylor (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada, ortaokulda öğrenim görmekte olan öğrencilerin STEM'e yönelik ilgi ve motivasyonlarının ne düzeyde olduğunu araştırmıştır. Çalışma kapsamında veriler gözlem, anket ve görüşmeler ile elde edilmiştir. Çalışma sonucunda STEM etkinliklerinde öğrencilerin ilgi ve motivasyon kaynağının öğrencilerin öz motivasyonlarından ve içsel ilgilerinden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ntemngwa ve Oliver (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, fen bilimleri derslerine STEM uygulamalarının entegre edilmesini incelemeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda aynı zamanda pedagojik bir teori geliştirmeyi de amaçlamışlardır. Yazarlar öğretimin doğası, yapı iskelelerinin türü, öğretmenlerin karşılaştıkları zorluklar, öğretmenler arasındaki etkileşim ve entegre STEM öğretimine ilişkin öğrenci ve öğretmen algıları olmak üzere uygulama süreçlerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, öğretmenlerin robotik ile entegre STEM uygulamalarının başarılı bir sınıf uygulamasını gerçekleştirmede desteğe ihtiyaç duyduklarını ayrıca öğretmenlerin mevcut fen öğretim programlarını revize etmeyip bunun yerine genel fen dersi amaç ve hedeflerine uygun entegre STEM uygulamalarını tercih ettiklerini ortaya koymuştur.

McCartney (2017) gerçekleştirdiği çalışmada, öğrencilerin STEM ve enerji okuryazarlığını geliştirmek amacıyla rüzgar enerjisinin bilim ve teknolojisini kullanan bir laboratuvar etkinliği tasarlamıştır. Bu uygulamada öğrenciler hız ölçümü yaparak türbin yerleşimi ve kanat manipülasyonu üzerine çeşitli değişkenler yaparak optimum enerji üretimini hesaplamış ve rüzgar enerjisi potansiyelini kavramsallaştırmıştır. Çalışma, çoğu öğrencinin ilgisini çekmiş ve öğrencilerin uygulamaları bir entegre STEM problemini çözme becerilerini desteklemiştir.

Hathcock vd., (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada, öğretmenlerin öğrencilerin yaratıcı fikirlerini ürüne dönüştürmelerine yardımcı olmaları için bir çerçeve önermiştir. Tasarım temelli bir fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) etkinliğinde

yaratıcılığı desteklemenin bir yolu olarak sorgulayıcı araştırmaya dayalı yöntemi kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, sorgulamaya dayalı stratejiyle desteklenen grupların, sorgulamaya dayalı desteklenmeyen gruplara kıyasla kötü yapılandırılmış bir problemi daha iyi çözebildiklerini ve yaratıcı ürünlere doğru daha doğrusal bir ilerleme kaydettiklerini tespit etmişlerdir.

2.4.5.2. STEM Üzerine Yapılan Ulusal Çalışmalar

Kızılay vd., (2024) gerçekleştirdikleri çalışmada, sanal gerçeklik içeren mühendislik tasarım süreci temelinde bir "hız treni" etkinliği sunmaktadır. Çalışma fen bilimleri öğretmen adayları ile yürütülmüş olup öğretmen adaylarına bir hız treni kazasını içeren gerçek hayat problemi verilmiştir. Ardından bu tür kazaları önleyebilecek fikirler sunmaları istenmiş ve hız treni tasarımları yapılmıştır. Bu etkinlik sonucunda, fen bilimleri öğretmen adaylarına STEM yaklaşımını derslerine entegre etme ve sanal gerçekliği STEM eğitimine dahil etme konusunda bir örnek sunulmuş olup, etkinliğin iş birliği, eleştirel düşünme, yaratıcılık, problem çözme ve analitik düşünme gibi becerileri geliştirici yönde katkısı olduğu ortaya konmuştur.

Büber ve Çoban (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının mikro alglerin yeni uygulama alanlarını keşfetme ve bunları biyo-etkinlik için kullanma şansına sahip oldukları uzun vadeli bir STEM projesi planlamıştır. Çalışma sonucunda geliştirilen çevre dostu ürünlerin günümüzde kullanılan plastik folyolar ile eşdeğer olduğu ve streç filmin üretim süreçleri ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Özdinç vd., (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada STEM ve bilişim eğitiminin son yılların en önemli araştırma konularından biri olmasından yola çıkarak bilişimin STEM uygulamalarına entegre edilmesini hedeflemiştir. Bu kapsamda bilişim teknolojilerini STEM etkinliklerine entegre etmek amacıyla disiplinlerarası bir programlama etkinliği tasarlanmış ve STEM öğretmenlerinin katılımıyla bir mesleki gelişim kursunda uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Etkinliği değerlendirmek adına açık uçlu sorulardan oluşan bir anket uygulanıp sonuçları analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda etkinliğin disiplinlerarası yapısı ve bilişim teknolojilerini STEM uygulamalarına entegre etme örneğinin alandaki uygulayıcılara yol gösterecek nitelikte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Önal ve Kırmızıgül (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada, okul öncesi öğrencilerine mevsimler konusunda STEM etkinliği uygulamışlardır. "Mevsimleri Öğreniyorum" adlı etkinlik Makey-Makey kiti ve Scratch kodlama programı kullanılarak uygulanmıştır. STEM ile Makey-Makey kiti kullanılarak gerçekleştirilen etkinliklerin okul öncesi dönemde fen eğitimi ile ilgili kazanımlara erişimi kolaylaştıracağı ve öğrencilerin öğrenirken eğlenebilecekleri bir ortam oluşturacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Hacıoğlu ve Usta (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, nesli tükenmekte olan canlılar ve biyoçeşitliliğin yaşam için önemi üzerine ortaokul beşinci sınıf öğrencileri ile dijital oyun tasarımı tabanlı bir STEM etkinliği tasarlamıştır. Öğrencilere, tasarım tabanlı bilim öğrenimine dayalı olarak oluşturulan ve STEM disiplinlerinin her birindeki bilgi ve beceriyi kullanacakları gerçek hayat problemi bağlamında dijital oyun tasarlama görevi verilmiştir. Bu tasarım yarışması sırasında öğrenciler bir bilim insanı ve mühendis gibi çalışmıştır. Öğrenciler sürecin sonunda kodlama yaparak dijital bir oyun tasarlayıp, süreçten edindikleri fen üzerine bilgi ve becerileri sunmuşlardır. Çalışma sonucunda uygulamanın öğrenme çıktılarını büyük ölçüde karşıladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şen vd., (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada STEM eğitiminde yaygın olarak kullanılan 3D yazıcı teknolojisini içeren bir etkinlik geliştirip uygulamıştır. Ortaokul yedinci sınıfta öğrenim görmekte olan öğrenciler ile okul dışı ortamlarda STEM kursları düzenlenmiş ve kurstaki etkinlikler 3D yazıcılar ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin akademik ve teknik becerilerini etkin bir şekilde kullandıkları ve çalışmanın öğrencilerin mühendislik becerilerini ortaya çıkarmalarına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yüceler vd., (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, lise düzeyinde öğrenim görmekte olan öğrenciler ile STEM temelli ve korozyonun önlenmesine yönelik etkinlik uygulamıştır. Çalışma sonucunda STEM temelli gerçekleştirilen uygulama ile öğrencilerin korozyon sorununu, etkisini ve korozyonu önleme yöntemlerinin anlaşılırlığının arttığı gözlemlenmiştir.

2.6.Üstün Yeteneklilik

2.6.1. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tanım ve Temelleri

21. yüzyılın ihtiyaçlarına, karşılaşılan problem ve zorluklara ayak uydurmak için üstün yetenekli bireylerin tespiti ve bu bireylerin ihtiyaçlarının karşılanması gerekli görülmektedir. Bireylerin akademik yeteneklerinin gelişiminin uygun şekilde desteklenebilmesi adına eğitim politikası söylemlerinde üstün yetenekli bireylerin ve mükemmelliğin peşinden gidilmesinin gerekliliği de ayrıca vurgulanmaktadır. Bu modern çağda karmaşık teknolojik gelişmelerle başa çıkabilecek potansiyelde üstün yetenekli zihinlere sahip olunması da önemli görülmektedir (Periathiruvadi ve Rinn, 2014). Amerika Birleşik Devletleri'nde peşinden gidilmesi gerekli görülen mükemmellik "Her öğrencinin öğrenme potansiyelini en üst düzeye çıkarmak adına gerekli fırsatlara ve yetişkin desteğine sahip olma ihtiyacı" olarak tanımlanmaktadır (Al-Mahdi vd., 2021). Amerika Birleşik Devletleri'nde her eyaletin üstün yetenekli öğrencileri eğitmek için kendi yöntemi vardır ancak çoğu eyalet üstün yetenekli kavramının çerçeve tanımını kullanarak faaliyet göstermektedir. Bu tanım üstün yetenekli bireylerin, üstün yetenekleri sayesinde yüksek performans gösterebilecekleri kalifiye kişiler tarafından tespit edildiğini ve üstün yeteneklilerin kendilerine ve topluma katkı sağlayabilmek adına normal okul programı tarafından sağlanan olanaklar ötesinde farklılaştırılmış eğitim programı ve hizmetlerine ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Davis vd., 2011 s.18). Çizelge 2.8. bilim insanlarının üstün yeteneklilik tanımlarının bir listesini içermektedir.

Çizelge 2. 8. Bilim İnsanlarının Üstün Yeteneklilik Tanımları

Bilim İnsanları	Yıl	Üstün Yeneklilik Tanımları
Monks	1992	"Üstün yeteneklilik çeşitli biyolojik ve çevresel faktörlerin etkileşiminin bir sonucudur ve bu nedenle bireyin ailesini, akranlarını ve okulunu içeren sosyal bağlamın rolü bireyin gelişiminde önemlidir."
Renzulli	2002	"Üstün zekanın ve yetenekliliğin üç önemli boyutu vardır: yetenek, yaratıcılık, sebat."
Gagne	2004	"Üstün yeteneklilik performansa bağlı yeteneğe kıyasla, yeteneğe bağlı yaratıcılık olarak ifade edilir."
Heller, Perleth ve Lim	2005	"Üstün yeteneklilik çeşitli biyolojik ve çevresel faktörlerin etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle üstün yetenekli bireyin ailesini, akranlarını ve okulunu içeren sosyal bağlamın rolü hakkında daha fazla bilgi edinmek önemlidir."
Cross ve Colman	2014	"Üstün yeteneklilik, yaşıtlarına kıyasla hızlı öğrenme gösterdiğine karar verilen bireylerin potansiyelini ifade etmede kullanılan bir terimdir."
Mathews ve Dai	2014	"Üstün yeteneklilik yalnızca akademik başarıya veya zeka katsayısına (IQ) dayanan bir süreç değil; bireyi çevreleyen çeşitli faktörler, eğilimler, yetenekler, kültürel ve sosyal çevre arasındaki etkileşim yoluyla üretilen dinamik bir süreçtir."

Verilen tanımlara ek olarak bireye üstün yetenekli vasfı kazandıran olgu; üstün yetenekli bireyin potansiyelini kullanırken ortaya koyduğu performansta, kendisiyle aynı yaş veya ortamda bulunan başkalarına kıyasla anlamlı bir fark ortaya çıkarması ve bu potansiyelin geliştirilmesi şeklinde ifade edilmektedir (Callard-Szulgit, 2003 ; National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 1995; Ross, 1993).

2.6.2. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tarihsel Gelişim Süreci

Toplumsal ihtiyaçlar zaman içerisinde değişmekte ve bu değişim günümüz şartlarına yönelik ihtiyaçlara akılcı biçimde çözümler sunabilecek fikirlere ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Üstün yetenekli bireyler, toplumun ihtiyacı olan nitelikli ve yetenekli insan ihtiyacını karşılamada büyük bir öneme sahiptir. Üstün yeteneklilik kavramı tarihsel süreç içerisinde başlangıçta askeri amaçlara hizmet eden bireyleri ifade ederken zaman içerisinde üstün yetenekliliğin zihinsel becerilerle ilişkisi kurulmuştur. Çizelge 2.9. tarihsel süreç içerisinde üstün yeteneklilik kavramının gelişimini göstermektedir.

Çizelge 2. 9. Üstün Yeteneklilik Kavramı Tarihsel Gelişim Süreci

Zaman	Olay
M.Ö. 6.yy	Eski Sparta'da üstün yetenekler, 7 yaşına gelen erkek çocukların dövüş ve savaş sanatıyla ilgili eğitime alınmasıyla değerlendirilmekteydi.
M.S. 618-907	Tang Dynasty hanedanlığı üstün yetenekli bireylere yüksek değer vermekteydi.
1300-1700	Rönesans Dönemi'nde sanat, mimari ve edebiyatla ilgili eserler üreten üstün yetenekli bireyler desteklenmekteydi.
1600-1900	Japonya'da Tokugama ailesi yönetimi boyunca, üstün yetenekli kabul edilen Japon samurayları diğer öğrencilerden farklı okullara devam etmekteydi.
19.yy	Sir Francis Galton yazdığı "Hereditary Genius" adlı kitabında üstün yetenek

	kavramı tanımlama çalışmalarından ilkini gerçekleştirdi.
1920-1930	Üstün yeteneklilik terimi yüksek zeka katsayısı (Intelligence Quotient-IQ) ile ilişkilendirildi. Lewis Terman uzun süreçli bir çalışmasının kapsamına giren çocuklar için ölçü olarak IQ'yu kullandı.
1978	Stankowski 1978 'de üstün yetenekliliğin göstergesi olarak 5 unsur ileri sürdü: IQ skorları, yüzdelik sıralama, yetenek, yaratıcılık, gerçekleşen bir olay ya da durum. Yine aynı yıl Amerika Eğitim Ofisi (USOE), geniş bir üstün yeteneklilik tanımı yaptı.

Çizelge 2.9 incelendiğinde üstün yeteneklilik kavramının ve üstün yetenekli bireylerin geçmişten günümüze önemli görüldüğünü ifade etmek mümkündür. Üstün yeteneklilerin eğitimi ise Amerika Birleşik Devletleri'nde 1800'lerin sonunda başlamış ancak 1957'de Rus uydusu Sputnik fırlatılana kadar herhangi bir ivme kazanamamıştır (Davis vd., 2011). Tüm bunlardan hareketle üstün yeteneklilik kavramının zamana ve toplumsal ihtiyaçlara bağlı değişmekte olduğunu bununla birlikte üstün yetenekli insan prototipinin toplumun ihtiyaçlarına dayalı olarak oluştuğunu ifade etmek mümkündür.

2.6.3. Dünya'da ve Türkiye'de Üstün Yeteneklilere Yönelik Eğitim Uygulamaları

Dünya'da ve Türkiye'de üstün yetenekli bireylerin eğitimi ve gelişimi adına birçok eğitim programı kullanılmaktadır. Subotnik vd. (2011) üstün yetenekliliğin zeka ile ilişkilendirilmesi gerektiğini savunup üstün yeteneklilerin eğitiminde en etkili yöntemlerin normal eğitim yöntemlerine göre çok daha güçlü olması gerektiğini savunmaktadır. Üstün yetenekli çocuklara yönelik uygulanan programlar olağan sınıfta zenginleştirme, yarı zamanlı özel sınıf, tam zamanlı özel sınıf, öğrenciye yönelik rehberlik ve danışmanlıklar şeklinde kategorize edilebilir.

Olağan sınıfta zenginleştirme: Üstün yetenekli bireylere yönelik yapılan eğitim-öğretim uygulamalarındaki zenginleştirme; açıklayıcı etkinlikler, grup çalışmaları ve üstün yetenekli öğrencilerin ilgi, merak ve yeteneklerine cevap verecek nitelikte planlanmış gerçek yaşam problemlerinin araştırılmasını ve sonucunda bu problemlere inovatif çözümler bulmayı içermektedir (Moore,1992).

Yarı zamanlı özel sınıf: "Ekstra program" (pull out) olarak da adlandırılan bu program alanında uzman kişiler tarafından üstün yetenekli öğrencilere yönelik ders verilen bir sınıfta üstün yetenekli öğrencilerin haftanın belli günlerinde belli saat aralıklarında eğitim almasını ifade etmektedir. Öğrencilere zenginleştirme faaliyetleri kapsamında pek çok becerilerini geliştirici yönde etkinlikler sunulur ve öğrencilerin bağımsız projelerde yer almaları sağlanır (Moore, 1992).

Tam zamanlı özel sınıf: Üstün yetenekli öğrencilerin okul saatleri süresince bir arada olup hızlandırılmış ve zenginleştirilmiş bir program dahilinde öğrenim görebilmeleri adına gerçekleştirilen uygulamalardır (Moore, 1992).

Rehberlikler/ danışmanlıklar: Üstün yetenekli öğrencilere sağlanacak rehberlik hizmetleri öğrencilerin kariyerlerine yönelik araştırma imkanı sağlarken okul motivasyonlarını da arttırmada önemli görülmektedir (Moore, 1992).

Türk tarihinde üstün yeteneklilik kavramı Cumhuriyet öncesi dönemde Enderun okulunda karşımıza çıkmaktadır. Osmanlı tarihinde var olan Enderun Mektebi yetenekli bireyleri seçerek, seçilen bireylere elverişli bir eğitim-öğretim ortamı sunulması amacıyla kurulmuştur (Ataman, 2000). Son 20 yılda Milli Eğitim Bakanlığı, üstün yetenekli öğrencilerin eğitimine yönelik çalışmalara önem vermeye başlamıştır (Gökdere vd., 2003). Milli Eğitim Bakanlığı 1997 yılında üstün yetenekli bireylerin eğitimine yönelik Bilim ve Sanat Merkezlerini kurmuş ve üstün yeteneklilerin eğitimlerini daha verimli hale getirmiştir. Ülkemizde üstün yetenekli bireylerin eğitimine yönelik yapılması gerekenler "Üstün Yetenekli Bireyler Strateji ve Uygulama Planı" 2013-2017 yılları arasında vurgulanmıştır (MEB, 2013). Üstün yetenekli öğrenciler Bilim ve Sanat Merkezlerine gelerek buralarda Bireyselleştirilmiş Eğitim Programları ile eğitim görmektedir.

2.6.4. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Çalışmalar

Üstün yetenekli öğrencilerin örneklem olarak alındığı çalışmalar bu öğrencilerin akademik ve kişisel gelişimlerini destekleyecek stratejiler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. "Üstün yeteneklilik", "gifted students" anahtar kelimeleriyle yapılan aramalar sonucunda elde edilen çalışmalara ait bazı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

2.6.4.1. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmalar

Endepohls ve UlpeveThömmes (2014) gerçekleştirdikleri çalışmada, ilkokul düzeyinde bulunan üstün yetenekli öğrencilere farklılaştırılmış bir eğitim programını uygulamış ve ardından bu programa yönelik öğretmen görüşlerini incelemiştir. Üstün yetenekli bireylerin eğitiminin desteklenmesi adına öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının farklılaştırılmış eğitim programını sınıflarında uyguladıkları ve öğretmenlerin iş yükleri ile programı sınıf ortamlarında kullanma durumları arasında negatif korelasyon elde edilmiştir.

Periathiruvadi ve Rinn (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada, üstün yeteneklilerin eğitiminde teknoloji kullanımının gelişimini incelemeyi ve bu alandaki en iyi uygulamalar ile ampirik araştırmaları vurgulamayı amaçlamıştır. Ayrıca eğitimde teknoloji kullanımına yönelik genel bir çerçeve çizmişler ve mevcut araştırmaları sunmuşlardır. Genel bulgular üstün yetenekli öğrencilerin sürece yönelik olumlu algılar geliştirdiklerini göstermiştir.

2.6.5. Üstün Yetenekliler Üzerine Yapılan Ulusal Çalışmalar

Akdağ ve Köksal (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada, sekizinci sınıfta öğrenim gören üstün yetenekli öğrencilerin fen öğrenme ortamlarına ilişkin algılarının fen öğrenme motivasyonları ile entelektüel risk alma ve fen başarıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bulgular üstün yetenekliler eğitimi bağlamında fen öğretimi ve öğrenimi için belirtilen değişkenlerin önemli olduğu sonucunu göstermiştir.

Aydın (2022) gerçekleştirdiği çalışmada, üstün yetenekli ilköğretim öğrencilerinin mühendislik temelli model oluşturma uygulamalarına katılımlarını gösteren bilişsel modelleme yeterliliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, üstün yetenekli öğrencilerin grup olarak sergiledikleri bilişsel modelleme yeterliliklerinin örnek

gösterilebilir düzeyde olduğu, bazı grupların modelleme yeterliliklerinin de yeterli düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Parıldar (2021) gerçekleştirdiği çalışmada, üstün yetenekli öğrencilere normal okullarda öğretmenlik yapan fen bilimleri öğretmenlerinin, üstün yetenekli öğrencilere ve üstün yetenekli öğrencilerin eğitimlerine yönelik algılarını belirlemiştir. Çalışma sonucunda fen bilimleri öğretmenlerinin üstün yetenekli öğrencilere yönelik algılarının olumlu yönde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Berber (2019) gerçekleştirdiği çalışmada, üstün yetenekli öğrencilerin verilen ev ödevlerindeki öz-düzenleme becerilerini yaş, cinsiyet, sınıf düzeyi ve ebeveyn düzeyinin öz düzenleme becerilerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda üstün yetenekli öğrencilerin ev ödevlerinde öz-düzenleme düzeylerinde cinsiyet, yaş, sınıf düzeyi ve ebeveyn eğitimine göre anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca üstün yetenekli öğrencilerin fen ödevlerini yaparken kullandıkları yönetim stratejileri gibi öz-düzenleme becerilerini kullandıkları görülmüştür.

Sarar (2018) gerçekleştirdiği çalışmada, okul öncesi öğretmenlerinin üstün yeteneklilerin eğitimine yönelik öz yeterlilik düzeyleri ile üstün yeteneklilerin eğitimine yönelik algı ve bilgisi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonucunda okul öncesi öğretmenlerinin üstün yetenekli öğrencilere yönelik bilgi düzeylerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdoğan vd., (2014) gerçekleştirdikleri çalışmayı, alanyazın taraması şeklinde yürütmüş ve sonuç olarak üstün zekalı ve yetenekli öğrencilerin yaşıtlarına oranla fen bilimlerine yönelik ilgi, motivasyon, kavrayış ve sorgulama açısından farklı özelliklere sahip olduğu ortaya konmuştur. Üstün yetenekli öğrencilerin sahip olduğu bu özelliklere dayanarak fen bilimleri dersi öğretiminin üstün yetenekli öğrenciler için farklılaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, evren ve örneklem, araştırmada kullanılan veri toplama araçları, bağımlı ve bağımsız değişkenler, öğretim uygulama süreci ve araştırmadan elde edilen verilerin analizi hakkında bilgiler sunulmaktadır.

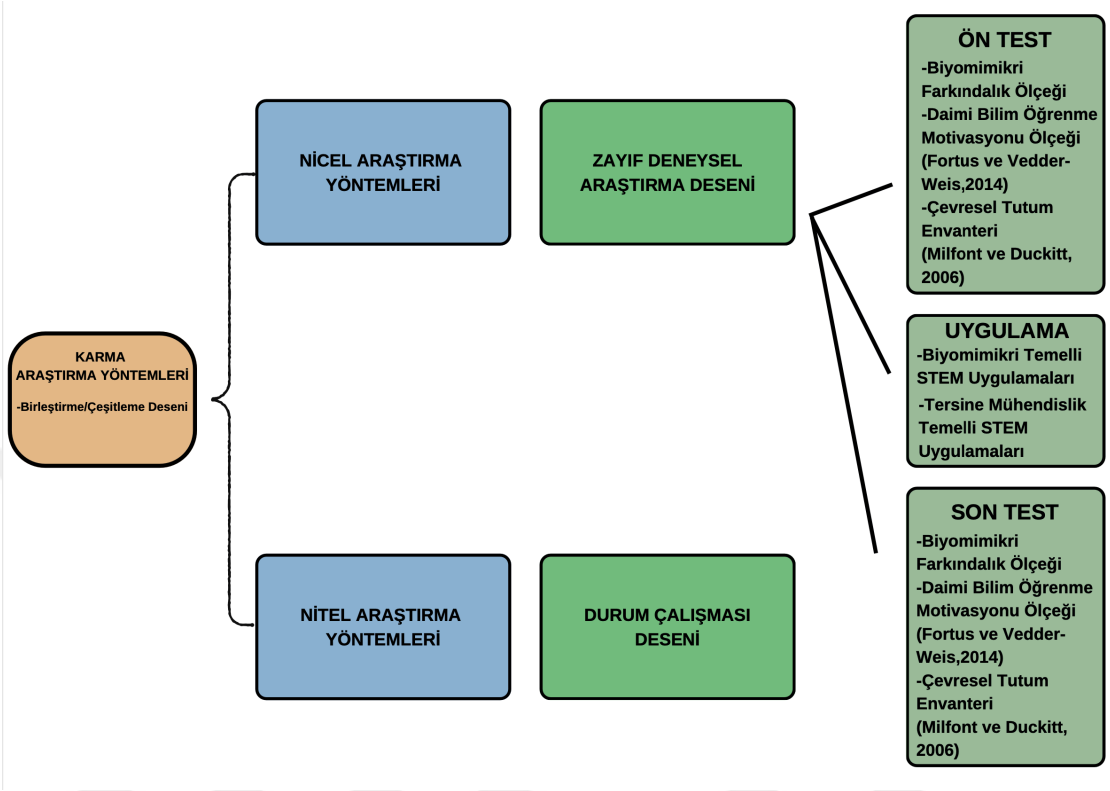
3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin birleştirildiği karma yöntem kullanılmıştır. Karma yöntem araştırma deseni olarak, birleştirme/çeşitleme deseni kullanılmıştır. Karma yöntemde araştırmacılar bir çalışma veya birbirini izleyen çalışmalar içerisinde nitel ve nicel yöntem, yaklaşım ve kavramları birleştirerek ilerlerler (Creswell, 2003; Johnson ve Onwuegbuzie, 2004 ; Tashakkori ve Teddlie, 1998). Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen veriler ile sonuçların geçerliliği ve güvenirliği artacağı anlayışından hareketle karma yöntem kullanılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden yarı deneysel araştırma deseninin öntest- sontest eşleştirilmiş kontrol gruplu desen modeli şeklinde uygulanmasına karar verilmiştir. Bu desende hazır gruplardan ikisi belli değişkenler üzerinden eşleştirilmeye çalışılır ve eşleştirilen gruplar işlem gruplarına seçkisiz atanırlar (Büyüköztürk vd., 2012).

Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum çalışması; sınırları belirli olayları, durumları, ilişkileri ve süreçleri farklı veri toplama araçlarıyla her yönden inceleyen yöntemdir (Çepni, 2012; McMillan 2010). Bu bağlamda öğrencilere uygulama sürecinde çalışma kağıtları hazırlanıp uygulanması, araştırmacı tarafından saha notlarının tutulması ve öğrencilerle gerçekleştirilen uygulama sonrası görüşmeler yapılması planlanmıştır. Bu süreçte toplanan nitel veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir **(**Büyüköztürk, Kılıç

Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2015). Araştırmanın modeli Şekil 3.1'de sunulmuştur:



Şekil 3. 1. Karma Araştırma Yöntemleri: Birleştirme/Çeşitleme Deseni

2023-2024 eğitim-öğretim yılında gerçekleştirilen bu çalışmanın modeli doğrultusunda 5. ve 7. sınıf öğrencilerinden oluşan 25 kişi ile çalışılmıştır. Asıl çalışma grubuyla çalışmalar gerçekleştirilmeden önce farklı ve daha küçük bir grupla (8 kişi) pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamaya katılan grubun özellikleri ve elde edilen verilerin çalışmayı nasıl şekillendirdiği araştırmanın pilot uygulaması başlığı altında açıklanmıştır. Asıl uygulamada gruplar deney ve kontrol grubu olarak belirlenip her iki gruba da "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği", "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği" ve "Çevresel Tutum Envanteri" öncelikle öntest ve uygulamalar ardından sontest olarak uygulanmıştır. Deney grubunda uygulamalar biyomimikri temelli tasarlanan ve STEM modeline dayanan ders planları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda uygulamalar ise tersine mühendislik temelli tasarlanan ve STEM modeline dayanan ders planları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kontrol ve deney grubuna uygulanacak ön test, işlem ve son test aşağıda sunulan Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1. Araştırmanın modeli

	Ön Test	İşlem	Son Test
Deney Grubu	-Biyomimikri Farkındalık Ölçeği -Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği -Çevresel Tutum Envanteri	-Biyomimikri temelli uygulamaları içeren ve STEM modeline dayanan ders planları	-Biyomimikri Farkındalık Ölçeği -Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği -Çevresel Tutum Envanteri
Kontrol Grubu	-Biyomimikri Farkındalık Ölçeği -Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği -Çevresel Tutum Envanteri	-Tersine mühendislik temelli uygulamaları içeren ve STEM modeline dayanan ders planları	-Biyomimikri Farkındalık Ölçeği -Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği -Çevresel Tutum Envanteri

3.2. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Bilim ve Sanat Merkezleri'nde öğrenim gören tüm 5. ve 7. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır.

Pilot uygulamada araştırmanın örneklemini İstanbul İli Küçükçekmece İlçesinde bulunan bir ortaokulda 7. sınıfta öğrenim görmekte olan 8 öğrenci oluşturmaktadır. Katılımcılar çok aşamalı örnekleme yöntemi ile belirlenmiş olup ilk olarak amaçlı ve kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Ardından ölçüt örnekleme yöntemi ile kriter olarak fen bilimleri dersi akademik başarısı yüksek olan ve TÜBİTAK projelerinde yer alan öğrenciler belirlenip seçilmiştir. Pilot gruptaki öğrenciler deney ve kontrol grubu olmak üzere 4'er kişilik 2 gruba ayrılmıştır. Deney grubu öğrencileri Biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini, kontrol grubu öğrencileri ise Tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştirmiştir.

Asıl uygulamada araştırmanın örneklemini ise 2023-2024 eğitim öğretim yılında Edirne Merkez İlçesinde bulunan bir Bilim ve Sanat Merkezi'nde 5. ve 7. sınıfta öğrenim

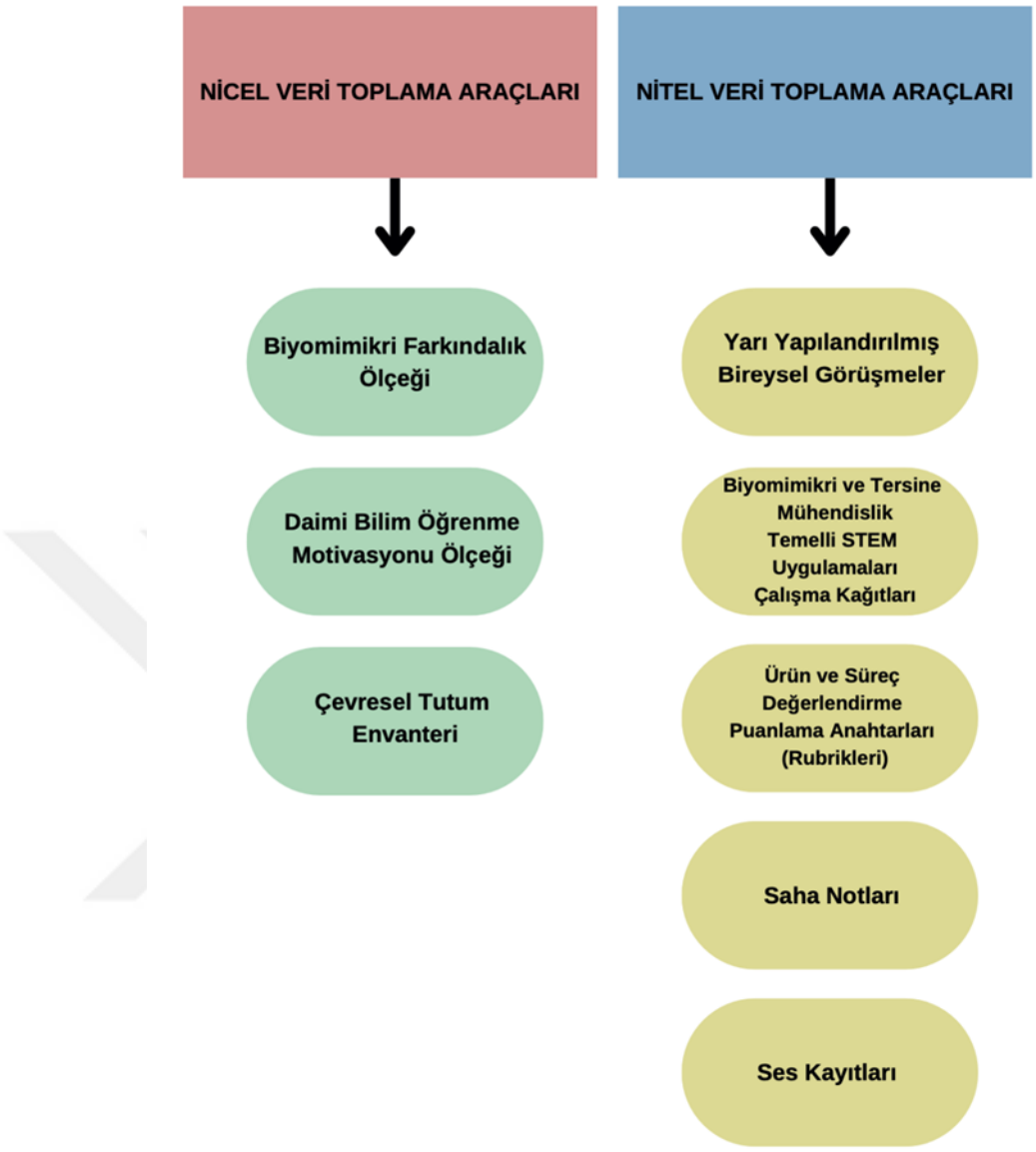
görmekte olan 25 öğrenci oluşturmaktadır. Katılımcılar amaçlı ve kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Amaçlı örnekleme, çalışmanın amacına bağlı olarak bilgi açısından zengin durumların seçilerek derinlemesine araştırma yapılmasına olanak tanır ve belli ölçütleri karşılayan veya belli özelliklere sahip olan bir veya daha fazla özel durumlarda çalışılmak istenildiğinde tercih edilir (Büyüköztürk vd., 2012). Ortaokul öğrencilerinin bulunduğu byf (bireysel yetenekleri farkındalık) ve öyg (özel yetenekleri geliştirme) gruplarından araştırmacının uygulama yapabileceği günlerde Bilim ve Sanat Merkezi'nde dersi olan öğrenciler örneklemi oluşturmaktadır. Asıl uygulamada öğrenciler; 13 kişi deney grubu, 12 kişi kontrol grubu olacak şekilde 2 gruba ayrılmıştır. Deney grubu öğrencileri Biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini, kontrol grubu öğrencileri ise Tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştirmiştir.

3.3. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları

Araştırmada 8 tane veri toplama aracı kullanılmıştır.

1) Öğrencilerin biyomimikri kavramına ve sürecine yönelik farkındalıklarını ölçmek amacıyla "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği",
2) Öğrencilerin daimi bilim öğrenme motivasyonlarını ölçmek amacıyla "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği",
3) Öğrencilerin çevreye yönelik tutumlarını ölçmek amacıyla "Çevresel Tutum Envanteri"
4) Yarı yapılandırılmış bireysel görüşmeler
5) Saha notları
6) Biyomimikri ve Tersine Mühendislik temelli STEM uygulamaları çalışma kağıtları
7) Ürün ve Süreç Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarları (Rubrikleri)
8) Ses kayıtları

Uygulama öncesinde belirtilen ölçeklerin kullanılabilmesi adına "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği" ve "Çevresel Tutum Envanteri "ni geliştiren kişilerden gerekli izinler alınmıştır. Alınan izinler Ek-1'de verilmiştir.



Şekil 3. 2. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları

3.3.1. Biyomimikri Farkındalık Ölçeği

Araştırmada biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin biyomimikriye yönelik farkındalıklarını belirlemek amacıyla, araştırmacı tarafından geliştirilen "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçek "Doğadan İlham Alma" ve "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" olmak üzere iki alt boyuttan ve Likert tipi 19 maddeden oluşmaktadır. Ölçme aracının Cronbach Alpha güvenirlik değeri 0.84

olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada Cronbach Alpha güvenirlik değeri öntest için 0.91 son test için 0.96 olarak hesaplanmıştır.

3.3.1.1. Biyomimikri Farkındalık Ölçeği Geliştirme Süreci

Hocaoğlu, Bayır ve Arabacıoğlu (2025) tarafından geliştirilen Biyomimikri Farkındalık Ölçeği'nin ölçek maddelerinin geliştirilmesi amacıyla öncelikle biyomimikriye yönelik ilgili alanyazın incelenmiştir. Ardından ölçek 2023-2024 eğitim öğretim yılında Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir ortaokulda öğrenim görmekte olan 6. ve 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. 300 kişi ile açımlayıcı, 400 kişi ile doğrulayıcı olmak üzere toplamda 700 kişi ile uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bir ölçek için kaç gizil değişken olduğu ve hangi maddelerin hangi faktörlere yüklendiği istatistiksel teknikle belirlenir. Dolayısıyla, bir ölçek geliştirme işleminde öncelikle var olan gizil yapıyı ortaya koymada açımlayıcı faktör analizi (AFA) yöntemi kullanılır (Brown, 2006; Schumacker ve Lomax, 2010). 300 kişi ile yapılan uygulamanın açımlayıcı faktör analizinin yapılmasının ardından 400 kişi ile Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) yapılmıştır. Ölçek geliştirme işleminde AFA yapılan veri setinden farklı bir veri seti kullanılarak DFA yapılması, AFA sonucunda bulunan yapının geçerliliğinin farklı bir veri seti kullanılarak gösterilmesini sağlar (Schumacker ve Lomax, 2010). 19 maddeden ve 2 alt boyuttan oluşan ölçekte doğrulayıcı faktör analizi ile elde edilen yapı desteklenmiştir (CFI=.95, RMSEA=.05, SRMR=.04, TLI=.95). 700 öğrenci ile gerçekleştirilen ölçek uygulamaları doğrultusunda ölçeğin yapı geçerliğini belirlemek amacıyla faktör analizleri; güvenirliğini belirlemek amacıyla Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı, madde-toplam korelasyonu ve boyutlar arası korelasyon analizleri yapılmıştır. Nihai form, 19 maddenin yük verdiği "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" ve "Doğadan İlham Alma" olmak üzere 2 alt boyuttan oluşmaktadır.

Belirlenen format doğrultusunda madde/soru havuzu oluşturma, oluşturulan madde havuzu için uzman yorumuna başvurma, madde geliştirme, ölçek geliştirme ve değerlendirme aşamaları takip edilmiştir (DeVellis, 2003). Araştırma kapsamında 700 öğrenci ile 19 maddeden ve 2 alt boyuttan oluşan ölçeğin uygulaması gerçekleştirilmiş, geçerlik ve güvenirlik analizleri yapılmıştır. Toplam varyansın %42.2 olduğu ölçeğin, doğadan ilham alma boyutu %22.1, biyomimikrinin kavramsallaştırılması %20.1'ini açıklamaktadır. Ölçek maddelerinin faktör yüklerinin .49 ile .85 arasında değiştiği

görülmüştür. Ortaya çıkan yapı madde yazım sürecinde belirlenen teorik çerçeve ile uyuşmaktadır. Ölçeğin Cronbach's Alpha Güvenirlik katsayıları .84 ve .90 olarak belirlenmiştir. Ölçme aracının madde analizlerinde ise madde korelasyon değerlerinin .56 ile .84 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler maddelerin ayırt edici olduğunu ifade etmektedir. Madde analizi için ek olarak alt %27 ve üst %27'lik gruplarda yer alan katılımcıların puan ortalamaları t-testi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu tüm maddeler için $p<.001$ düzeyinde anlamlı farklılık elde edilmiştir. Tüm bu analizler sonucunda "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği'nin" yeterli düzeyde güvenilir olduğu söylenebilir. Bunun yanında yapılan DFA sonucu elde edilen uyum indeksleri CFI=.95, RMSEA=.05, SRMR=.04, TLI=.95 'dir. Model uyumu için $\chi 2$ / sd <5 olması modelin kabul edilir olduğunu ifade etmektedir (Wheaton et al., 1977). Buna ek olarak, CFI değeri .90'dan (Hu ve Bentler, 1999; Bentler ve Bonett, 1980), RMSEA değeri ise .08'den küçük olmalıdır (Browne ve Cudeck, 1993). Belirtilen referans değerler doğrultusunda çalışmadan elde edilen değerler ile faktör yapısının uygun olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, alanyazında biyomimikri yaklaşımını eğitim-öğretim ortamlarına entegre etmeye dair çalışmalar yer etmeye başlamış olsa da, çalışmalar halen oldukça sınırlıdır. Araştırma kapsamında geliştirilen ölçme aracı, biyomimikrinin eğitimde kullanımı ile birlikte öğrencilerin farkındalıklarını belirlemeye dair ışık tutar nitelikte olacağı söylenebilir.

3.3.2. Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği

Araştırmada Biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin okul dışı ortamlarda yapılabilecek bilim etkinlikleri üzerine olan ilgisini araştırmak ve daimi bilim öğrenme motivasyonları düzeylerini belirlemek amacıyla, Fortus ve Vedder-Weis (2014) tarafından geliştirilen "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçek, 19 Likert tipi maddeden oluşmaktadır. Ölçme aracının Cronbach Alpha güvenirlik değeri Erdoğan vd., (2015) tarafından 0.87 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise Cronbach Alpha güvenirlik değeri öntest için 0.81 sontest için 0.84 olarak hesaplanmıştır.

3.3.3. Çevresel Tutum Envanteri (Environmental Attitudes Inventory-EAI)

Araştırmada biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrencilerin çevreyi ilgilendiren farklı konulardaki görüşlerini belirlemek amacıyla, Milfont ve Duckitt (2006) tarafından geliştirilen "Çevresel Tutum Envanteri" kullanılmıştır. Ölçek 12 alt boyuttan oluşmaktadır. 1. Doğanın Tadı (10 Madde), 2. Çevre Tutumu Politikalarına Destek (10 Madde), 3. Çevresel Eylemler (10 Madde), 4. İnsan Merkezli Kaygılarla Güdülenen Çevre Koruma (10 Madde), 5.Bilim ve Teknolojiye Güven (10 Madde), 6. Çevresel Tehdit (10 Madde), 7. Doğayı Değiştirmek (10 Madde), 8. Çevre Koruma Davranışı (10 Madde), 9. Doğa Üzerindeki İnsan Baskınlığı (10 Madde), 10. İnsanların Doğadan Faydalanması (10 Madde), 11. Çevre Merkezi İlgi (10 Madde), 12. Nüfus Artışı Politikalarına Destek (10 Madde) alt boyutlarından oluşmaktadır. Bu çalışmada ölçeğin 6 alt boyutu kullanılmıştır (Doğanın Tadı, Çevresel Eylemler, Çevresel Tehdit, İnsanların Doğadan Faydalanması, Bilim ve Teknolojiye Güven, Nüfus Artışı Politikalarına Destek). Ölçme aracının orijinalinin Cronbach Alpha güvenirlik değeri Milfont ve Duckitt (2006) tarafından 0.82 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise Cronbach Alpha güvenirlik değeri öntest için 0.82 sontest için 0.86 olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. Yarı Yapılandırılmış Bireysel Görüşmeler

Yarı yapılandırılmış görüşme tekniğinde araştırmacı yönelteceği soruları hazırlar ancak görüşmenin akışına bağlı yan veya alt sorularla görüşmenin akışını etkileyebilir böylece kişinin yanıtlarını açmasını ve sorulara yönelik daha detaylı cevaplar vermesini sağlayabilir (Türnüklü, 2000). Öğrenciler ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde öğrencilerin biyomimikri ve tersine mühendislik kavramı, geliştirdikleri tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisi ve biyomimikri ve tersine mühendislik temelli geçirdikleri uygulama süreçlerine ilişkin farkındalıklarının ; sürecin kariyer planlamaları üzerine etkisinin ve sürece ilişkin duygularının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme soruları Ek-4' te sunulmuştur.

3.3.4.1. Yarı Yapılandırılmış Bireysel Görüşmeler Üzerine Soruların Geliştirilme Süreci

Yarı yapılandırılmış bireysel görüşmeler, öğrencilerin biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları süreçlerine yönelik farkındalıklarını, gerçekleştirilen sürece yönelik duygularını ve sürecin öğrencilerin kariyer planlamasına etkisini belirlemeye yönelik gerçekleştirilmiştir. Biyomimikri temelli gerçekleştirilen STEM uygulamalarına yönelik yarı yapılandırılmış bireysel görüşmelere dair hedefler şu şekilde sıralanabilir:

- Biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi,
- Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalığın belirlenmesi,
- Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalığın belirlenmesi,
- Biyomimikri temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisinin belirlenmesi,
- Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duyguların belirlenmesi.

Tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen STEM uygulamalarına yönelik yarı yapılandırılmış bireysel görüşmelere dair hedefler şu şekilde sıralanabilir:

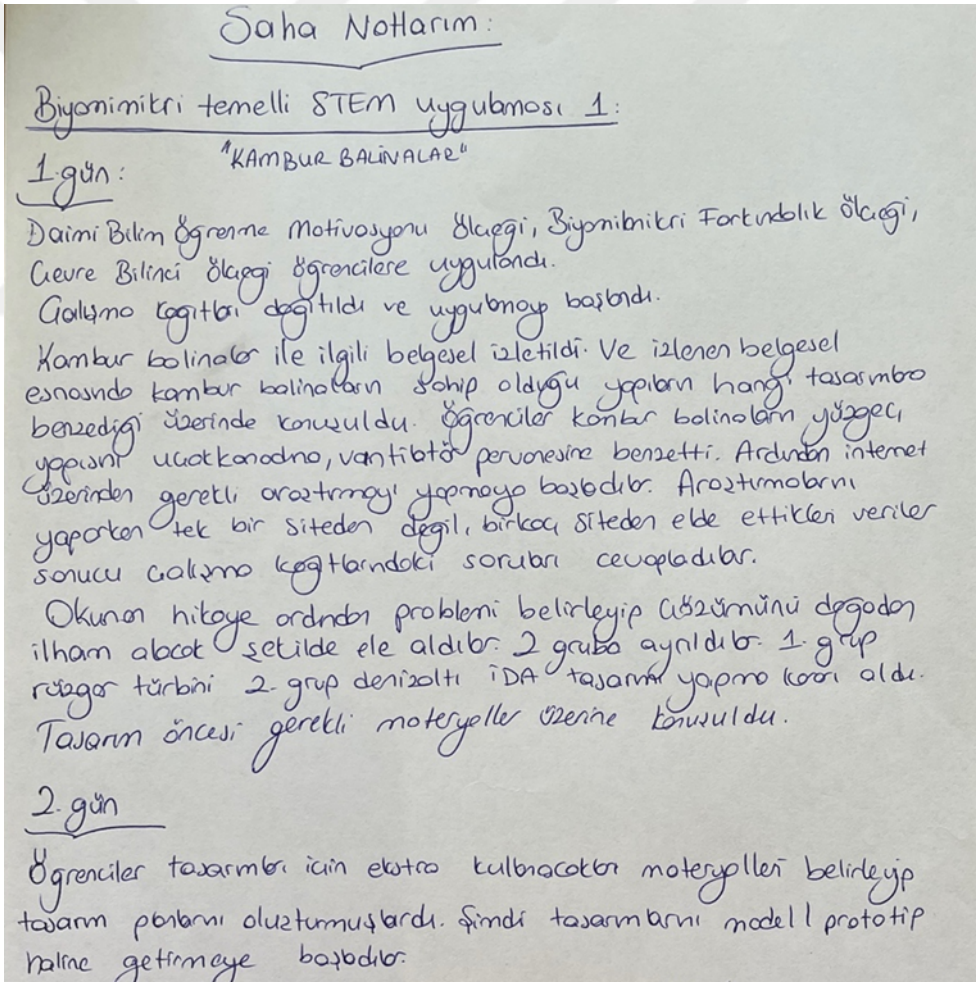
- Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalığın belirlenmesi,
- Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalığın belirlenmesi,
- Tersine mühendislik temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisinin belirlenmesi,
- Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duyguların belirlenmesi.

Belirlenen hedefler doğrultusunda alanyazın taraması ardından taslak sorular oluşturulmuş ve oluşturulan sorular üzerine 2 uzman görüşü alınıp gelen düzeltmelerin yapılması ile esas sorular oluşturulmuştur.

Pilot uygulama esnasında görüşme soruları öğrencilere yöneltilmiş, elde edilen veriler nitel olarak analiz edilmiş ve ortaya çıkan kodlar ve yapı, asıl uygulamada yarı yapılandırılmış görüşme sorularının uygunluğu üzerine araştırmacıya veriler sunmuştur.

3.3.5. Saha Notları

Pilot uygulama ve asıl uygulama süresince araştırmacı tarafından detaylı saha notları tutulmuştur. Şekil 3.3.'te pilot uygulama ve asıl uygulama sırasında tutulan saha notlarından bir örnek yer almaktadır.



Saha Notlarım:

Biyomimikri temelli STEM uygulması 1:

"KAMBUR BALİNALAR"

1.gün:

Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği, Biyomimikri Farkındalık Ölçeği, Çevre Bilinci Ölçeği öğrencilere uygulandı.

Çalışma kağıtları dağıtıldı ve uygulmaya başlandı.

Kambur balinalar ile ilgili belgesel izletildi. Ve izlenen belgesel esnasında kambur balinaların sahip olduğu yapıların hangi tasarımlara benzediği üzerinde konuşuldu. Öğrenciler kambur balinaların yüzgeç yapısını uçak kanadına, vantilatör pervanesine benzetti. Ardından internet üzerinden gerekli araştırmayı yapmaya başladılar. Araştırmalarını yaparken tek bir siteden değil, birkaç siteden elde ettikleri verileri sonucu çalışma kağıtlarındaki soruları cevapladılar.

Okunan hikaye ardından problemi belirleyip çözümünü doğadan ilham alacak şekilde ele aldılar. 2 gruba ayrıldılar. 1. grup rüzgar türbini 2. grup denizaltı İDA tasarımı yapma kararı aldı. Tasarım öncesi gerekli materyaller üzerine konuşuldu.

2.gün

Öğrenciler tasarımları için ekstra kullanacakları materyalleri belirleyip tasarım planlarını oluşturmuştardı. Şimdi tasarımlarını model/prototip haline getirmeye başladılar.

Şekil 3. 3. Araştırmacının Tuttuğu Saha Notu Örneği

3.3.6. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıtları

Hazırlanan ders planlarına uygun olarak tasarlanmış çalışma kağıtları öğrencilerin uygulama süreçlerine eşlik etmiştir. Tasarlanan çalışma kağıtlarında öğrencilerin tasarımlarını gerçekleştirmeleri üzerine her bir adıma yönelik bilimsel araştırma basamakları adımlarına dair sorular yer almaktadır. Biyomimikri temelli tasarlanan STEM uygulamalarına yönelik çalışma kağıtları Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen Biyomimikri Tasarım Spirali (Biomimicry Design Spiral) temelinde planlanmıştır. Tersine mühendislik temelli tasarlanan STEM uygulamaları çalışma kağıtları ise Thayer (2017) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci basamakları temelinde geliştirilmiştir. Çalışma kağıtlarında öğrencilerin verdikleri cevaplar ve prototip çizimler temelinde oluşturdukları tasarımlar "dereceli puanlama anahtarı" (rubrik) ile değerlendirilmiştir.

3.3.7. Ürün ve Süreç Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarları (Rubrikleri)

Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli oluşturulan STEM uygulamalarına yönelik hazırlanmış çalışma kağıtları araştırmacı tarafından mühendislik tasarım süreci temelinde oluşturulmuştur. Dolayısıyla çalışma kağıtlarını nitel olarak analiz edebilmek üzere Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımladığı ve mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu "Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği" araştırmacı tarafından rubrik şeklinde düzenlenmiştir. Guerra ve Allen (2012) çalışmasında adımları, "Define the problem", "Research the problem", "Develop possible solutions", "Choose the best solution", "Create a prototype", "Test and Evaluate", "Communicate the solution", "Redesign" şeklinde ifade etmiştir. Bu kapsamda adımların her biri Türkçe çevrilmiş ve 0, 1, 2 olarak adımların gerçekleştirilme düzeyine göre puanlaması yapılmıştır. Çalışma kağıtlarında, rubrikte belirtilen sürece yönelik sorulara yer verilmiştir. Örneğin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" sürecine yönelik çalışma kağıtlarında sunulan BTHP (Bilgi Temelli Hayat Problemi)'de "Problem ve ihtiyacı belirleyiniz." sorusu yer almaktadır. Çizelge 3.2'de ve 3.3' te biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarına yönelik oluşturulan "Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubrikleri" sunulmuştur.

Çizelge 3. 2. Biyomimikri Uygulamalarına Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği

Mühendislik Tasarım Süreci	**0**	**1**	**2**
Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması	Problem veya ihtiyaç tanımlanmamış.	Problem veya ihtiyaç tanımlanmış.	Problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış.
Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	Problem veya ihtiyaca yönelik araştırma yapılmamış.	Problem veya ihtiyaca yönelik tek kaynaktan araştırma yapılmış.	Problem veya ihtiyaca yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış.
Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan çözüm geliştirilmemiş.	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan az sayıda (1,2) çözüm geliştirilmiş.	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan çok sayıda (en az 3) çözüm geliştirilmiş.
En İyi Çözümlerin Seçilmesi	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları tanımlanmamış.	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış.	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları açıkça tanımlanmış.
Prototip Oluşturulması	Çözüm önerisine yönelik prototip oluşturulmamış.	Prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanılmış.	Prototip için ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullanılmış.
Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmemiş.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş. Test sonuçları analiz edilmemiş.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş. Test sonuçları analiz edilmiş.

Çözümlerin Paylaşılması	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği açıklanmamış.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği açıklanmış.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği tam detaylarıyla açıklanmış.
Yeniden Tasarım	Tasarım için gerekli iyileştirmeler yapılmamış.	Tasarım için gerekli iyileştirmeler yapılmış.	Tasarım için gerekli iyileştirmeler detaylarıyla tanımlanmış ve yapılmış.
Toplam Puan	…../		

Çizelge 3. 3. Tersine Mühendislik Uygulamalarına Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği

Mühendislik Tasarım Süreci	**0**	**1**	**2**
Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması	Problem veya ihtiyaç tanımlanmamış.	Problem veya ihtiyaç tanımlanmış.	Problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış.
Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	Problem veya ihtiyaca yönelik araştırma yapılmamış.	Problem veya ihtiyaca yönelik tek kaynaktan araştırma yapılmış.	Problem veya ihtiyaca yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış.
Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik çözüm geliştirilmemiş.	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik az sayıda (1,2) çözüm geliştirilmiş.	Problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik çok sayıda (en az 3) çözüm geliştirilmiş.
En İyi Çözümlerin Seçilmesi	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları tanımlanmamış.	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış.	Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları açıkça tanımlanmış.
Prototip Oluşturulması	Çözüm önerisine yönelik prototip oluşturulmamış.	Prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanılmış.	Prototip için ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullanılmış.

Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmemiş.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş. Test sonuçları analiz edilmemiş.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş. Test sonuçları analiz edilmiş.
Çözümlerin Paylaşılması	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği açıklanmamış.	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği açıklanmış	Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği tam detaylarıyla açıklanmış.
Yeniden Tasarım	Tasarım için gerekli iyileştirmeler yapılmamış.	Tasarım için gerekli iyileştirmeler yapılmış.	Tasarım için gerekli iyileştirmeler detaylarıyla tanımlanmış ve yapılmış.
Toplam Puan	…../		

3.3.8. Ses Kayıtları

Çalışmada öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ses kaydına alınmıştır. Ses kayıtları için öğrencilerden, okul yönetiminden ve velilerden gerekli izinler alınmıştır.

3.4. Değişkenler

Bu araştırmanın bağımsız değişken ve bağımlı değişkenleri aşağıdaki gibidir.

3.4.1. Bağımsız Değişkenler

Araştırmanın bağımsız değişkeni biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarının kullanımıdır.

3.4.2. Bağımlı Değişkenler

Bu araştırmanın bağımlı değişkenleri öğrencilerin biyomimikri farkındalıkları, daimi bilim öğrenme motivasyonu düzeyleri ve çevresel tutum düzeyleridir.

3.5. Öğretim Uygulamaları Süreci

3.5.1. Pilot Uygulama Süreci

Pilot uygulamalar, 2023-2024 eğitim öğretim yılında İstanbul İli Küçükçekmece İlçesi'nde bulunan bir ortaokulda 7. sınıfta öğrenim görmekte olan sekiz kişi ile sekiz hafta boyunca haftada dört ders saati şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi Trakya Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 24.11.2023 tarihli ve E-29563864-050.03.04-553943 sayılı etik kurul belgesi (Ek) ve İstanbul İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli izinler alınmıştır.

Uygulamaların gerçekleştirilmesi amacıyla sekiz kişi dörder kişilik iki gruba ayrılmış ve dört kişi biyomimikri temelli STEM uygulamaları, dört kişi tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Uygulamalar araştırmacı tarafından hazırlanan ders planları ve çalışma kağıtları temelinde gerçekleştirilmiştir. Biyomimikri temelli STEM uygulamalarına yönelik hazırlanan ders planları, Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen ve öğretim uygulamalarında kullanımı uygun görülen "Challenge to Biology" tasarım lensi bağlamında oluşturulmuştur. Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarına yönelik hazırlanan ders planları Thayer (2017) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci basamakları temelinde geliştirilmiştir. Pilot uygulama, asıl uygulama öncesi gerekli düzenlemelerin yapılması, eksiklerin belirlenip giderilmesi ve uygulamanın geçerlik ve güvenirliği adına araştırmacıya veriler sunmuştur. Bu kısımda pilot uygulama süreci, sürecin sonunda programın işleyişi ve öğrencilerin geri bildirimleri üzerine yapılan düzenlemeler sunulmuştur. Pilot uygulama sürecine dair çalışmalar Şekil 3.4'teki gibidir:

Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları	
Uygulamalar	**Ders Saati**
Kambur Balinalardan İlham Aldık	*8 ders saati*
Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık	*8 ders saati*
Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık	*8 ders saati*
Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları	
Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz	*8 ders saati*
Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz	*8 ders saati*
Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı	*8 ders saati*

Şekil 3. 4. Pilot Uygulama Süresince Uygulanan Etkinlikler

Gerçekleştirilen uygulama kapsamında elde edilmesi öngörülen kazanımlar ve ders planları ile çalışma kağıtlarının bir örneği Ek-7, Ek-8 ve Ek-10, Ek-11'de sunulmuştur.

3.5.2. Pilot Uygulama Süreci Yaşanan Aksaklıklar ve Asıl Uygulama Sürecine Yansıtılması Gereken Durumlar

Pilot uygulama süreci, araştırma süresince kullanılacak yöntemlerin, araçların etkili olup olmadığı, araştırmanın tüm aşamalarının ne kadar süre ve kaynak gerektireceği, katılımcılardan alınan geri bildirimlere dair araştırmacıya pek çok veri sunmaktadır. Dolayısıyla bu veriler ışığında asıl uygulama üzerine ilgili düzenlemelerin yapılması açısından pilot uygulamanın gerçekleştirilmesinin faydalı bir süreç olacağını ifade etmek mümkündür. Aktiviteler boyunca yaşanan bazı aksaklıklar şu şekildedir:

- Grup içi görev dağılımının öğrenciler tarafından tam olarak yerine getirilememesi,

- Öğrencilerin çalışma kağıtlarında uygulama sürecine dair prototiplerini ürüne dönüştürmeleri adına gerekli malzemeleri öngörememeleri,
- Öğrencilerin zaman ve kaynak yönetimini yeterince gerçekleştirememesi, şeklindedir.

Sıralanan aksaklıkların asıl uygulama süreci öncesinde düzenlenmesi adına araştırmacı şu çalışmaları gerçekleştirmiştir:

- Grup içi görev dağılımının daha etkili gerçekleşip sürece zaman yönetimi açısından olumlu yansıması adına asıl uygulama öncesi her bir öğrenci ile öğrencinin ilgi duyduğu alanların ne olduğu, öğrencinin hangi derslere ilgi duyduğu, öğrencinin boş zamanlarında neler yaptığı ve neler yapmaktan hoşlandığı üzerine konuşmalar gerçekleştirilmiştir. Her öğrenci bu bilgiyi tüm grup arkadaşları ile paylaştıktan sonra gruplar görev dağılımını daha etkili bir şekilde gerçekleştirmiştir.
- Öğrencilerin yapılan prototip çizimi ürüne dönüştürmeleri öncesi malzemelerini tam olarak planlayıp uygulamaya başlayabilmeleri adına çalışma kağıdına ihtiyaçları olabilecek her malzemeyi not etmeleri için boşluklar bırakılmıştır. Ayrıca prototip çizimin önemi ve ürüne dönüştürülmesi öncesi tüm planlamanın detaylıca yapılması gerektiği üzerinde durulmuş, prototip çizim adına gerekecek tüm malzemenin listelenmesi gerektiği ve bu malzemeler dışına çıkılmayacağı ifade edilmiştir.
- Öğrenciler etkinlik adına verilen süreyi ve malzeme miktarını aşmıştır. Bu sorunun çözülebilmesi adına araştırmacı, malzemelerini ve zamanı en ekonomik ve tasarruf dahilinde kullanıp etkili bir tasarım ortaya çıkaracak grubu ödüllendirme kararı almıştır.

Pilot uygulama sürecinde yaşanan aksaklıkların düzeltilmesi adına yapılacak faaliyetler asıl uygulama sürecine yansıtılmış olup yaşanan aksamaların asıl uygulama sürecinde azaldığı tespit edilmiştir.

3.5.3. Asıl Uygulama Süreci

Asıl uygulamalar, 2023-2024 eğitim öğretim yılında Edirne İlinde merkezde yer alan Bilim ve Sanat Merkezi'nde 5. ve 7. sınıflar olmak üzere toplam 25 kişi ile haftada 4 ders saati olmak üzere 2 ay boyunca gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi Trakya Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 24.11.2023 tarihli ve E-29563864-050.03.04-553943 sayılı etik kurul belgesi (Ek) ve Edirne İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli izinler alınmıştır.

Biyomimikri temelli STEM uygulamaları üzerine 13 öğrenci, tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üzerine 12 öğrenci ile çalışmıştır. Biyomimikri temelli STEM uygulamaları üzerine çalışacak 13 öğrenciden 9 tanesi bireysel yetenekleri farkındalık gruplarında (5. sınıf öğrencisi), 4 tanesi özel yetenekleri geliştirme gruplarında (7. sınıf öğrencisi) yer almaktadır. Tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üzerine çalışacak 12 öğrencinin tamamı özel yetenekleri geliştirme gruplarında (7. sınıf öğrencisi) yer almaktadır. Her bir etkinlik kapsamında yapılan ders saati planlaması aşağıdaki gibidir:

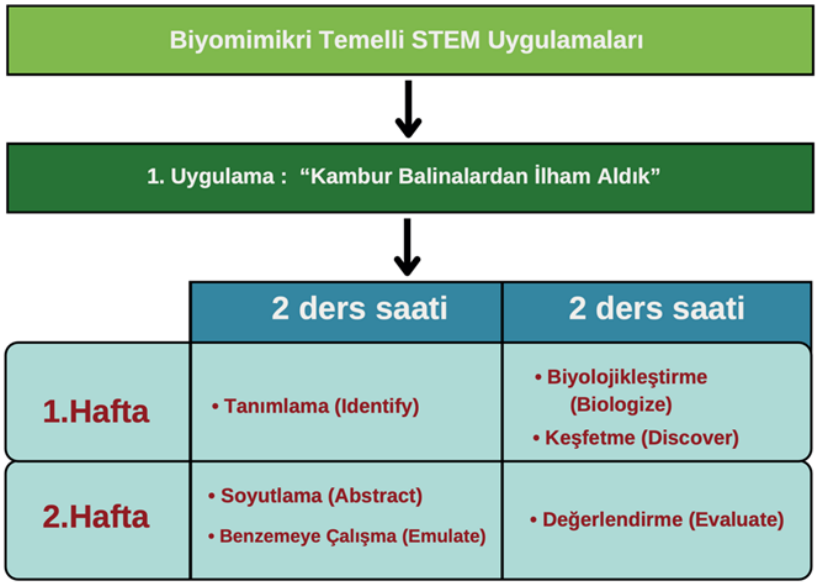
Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları	
Uygulamalar	**Ders Saati**
Kambur Balinalardan İlham Aldık	*8 ders saati*
Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık	*8 ders saati*
Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık	*8 ders saati*
Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları	
Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz	*8 ders saati*
Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz	*8 ders saati*
Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı	*8 ders saati*

Şekil 3. 5. Asıl Uygulama Süresince Uygulanan Etkinlikler

Asıl uygulamada, araştırmacı tarafından hazırlanan 3 adet biyomimikri temelli STEM uygulaması ve 3 adet tersine mühendislik temelli STEM uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamalar kapsamında örnek ders planları ile çalışma kağıtları Ek-7, Ek-8 ve Ek-10, Ek-11'de sunulmuştur.

3.5.3.1. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen ve öğretim uygulamalarında kullanımı uygun görülen "Challenge to Biology" tasarım lensi bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" etkinliğinin uygulamaları 13 öğrenci ile haftada 4 ders saati şeklinde 2 hafta boyunca devam etmiştir.



Şekil 3. 6. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

- *1.Adım: Tanımlama (Identify)*

Öğrencilerin doğada bulunan canlılar ile ilgili ön bilgilerini ortaya çıkarmak amacıyla "Doğada bulunan canlılara örnekler verir misiniz? Örnek verdiğiniz canlılar hayatta kalmalarını hangi özelliklerini kullanarak gerçekleştiriyor?" şeklinde sorular öğrencilere yöneltilir. Ardından kambur balinalar üzerine yoğunlaşmaları ve kambur balinaları keşfetmeleri amacıyla bir kısa film izletilir.



Şekil 3. 7. Kambur Balinalar Kısa Filmi

https://www.youtube.com/watch?v=glxULceEEjA

- *2. Adım: Biyolojikleştirme (Biologize)*

Öğrencilere izledikleri kısa film ardından STEM ders planlaması kapsamında "Bilgi temelli hayat problemi" sunulur ve öğrencilerin BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) kapsamında sunulan tasarım ihtiyacına yönelik keşif süreçleri başlatılır. İlgili BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) şu şekildedir:

"Leyla doğayı ve onun karmaşık yapılarını incelemeye meraklı bir kızdı. Bir gün okyanuslarda yaşayan canlılar ile ilgili belgesel çekimi yapmak üzere ekibiyle birlikte Atlas Okyanusu'na gittiler. Orada Kambur Balinaların avlanma stilleri ile ilgili çekim yaptıkları esnada ilham verici bir şey fark etti. Kambur balinalar avlanmaları esnasında dev yüzgeçleriyle düşük bir direnç sayesinde maksimum verimli hareket elde ediyorlardı. Bu hareketi ve Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri detaylıca araştırmaya devam etti. Ülkesine döndüğünde su direncini azaltarak hareket edebilen "Denizaltı İDA" veya maksimum enerji sağlayabilecek "Rüzgar Türbini" temalı tasarım geliştirme yarışmalarına katılma kararı verdi. Tasarım süreci öncesi kendisine şunu sordu: "Doğa bu tasarım problemi veya ihtiyacını nasıl çözerdi?" Sizce Leyla Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri kullanarak katılacağı yarışmalarda nasıl bir tasarım geliştirebilir?"

- *3. Adım: Keşfetme (Discover)*

Kambur balinaların tasarım problemlerine çözüm sunabilecek özellikleri ve kambur balinaların hayatta kalabilmelerini sağlayan mekanizmaları öğrenciler tarafından makale, dergi, internet aracılığı ile araştırılır. Öğrenciler BTHP kapsamında sunulan problemin çözümünde kullanılabilecek doğal modelleri keşfedip tasarımları için kullanacakları stratejileri tespit eder. Öğrenciler çalışma kağıtlarına problem durumuna yönelik sundukları çözüm önerilerini not eder ve bu çözüm önerileri arasından en uygun çözümü seçer.

- *4. Adım: Soyutlama (Abstract)*

Kambur balinalara ait özellikleri kapsamlı bir şekilde araştıran öğrenciler, kambur balinaların güçlü özelliklerini veya mekanizmalarını dikkatlice inceleyip analiz eder. Ardından Kambur balinalar üzerine keşfedilen ve kambur balinaları güçlü kılan özellikler BTHP kapsamında geliştirilecek İDA (insansız deniz aracı) veya rüzgar türbini tasarımında kullanılmak üzere analiz edilir. Öğrenciler 3 gruba ayrılır ve incelemeleri sonucu elde ettikleri verileri tasarıma nasıl aktaracaklarına karar verip kullanacakları

materyalleri seçer. Tasarım planlamaları doğrultusunda prototip çizimi yapar ve ürün geliştirme sürecine başlarlar.

- *5. Adım: Benzemeye Çalışma (Emulate)*

Öğrenciler incelemeleri sonucu elde ettikleri verileri tasarımlarına nasıl aktaracaklarına karar verir. Kullanılacak materyalleri seçip, çalışma kağıtlarında sunulan tasarım kriterlerini temel alarak tasarım süreçlerine başlarlar.

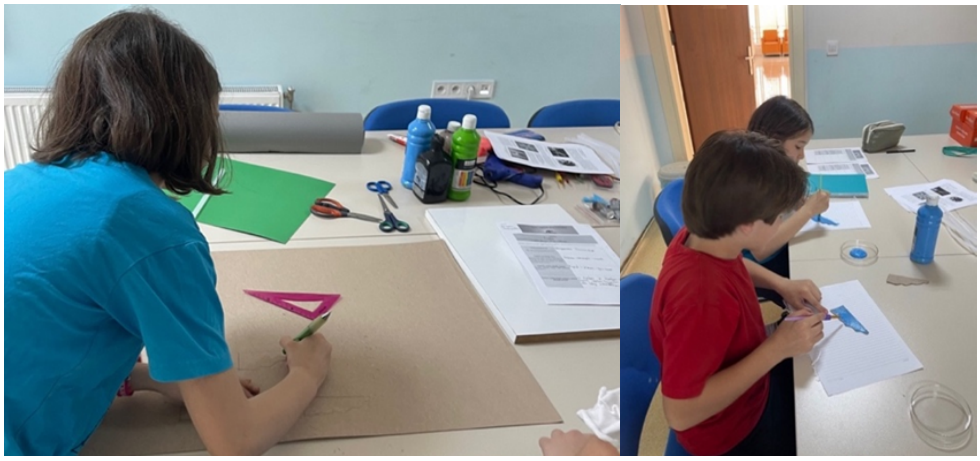
Tasarım Kriterleri:

- Çevreye ve doğaya zarar vermeyecek malzeme kullanımına dikkat etmek.
- Tasarımda Kambur Balinaları güçlü kılan özelliklerden ilham alan en az bir özellik bulundurmak.

Çizelge 3. 4. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Tasarım Kriterleri

İDA (İnsansız Denizaltı Aracı) Tasarımı	Rüzgar Türbini Tasarımı
• İDA tasarımı su direncini azaltacak en az 2 özelliğe sahip olmalı.	• Rüzgar Türbini en az 30 cm yüksekliğinde olmalı.
• İDA tasarımı en az 30 cm genişliğinde ve 5 cm yüksekliğinde olmalı.	• Türbin rüzgarın oluşturduğu hareket ile elektrik üretmeli ve bunu göstermeli.

Kambur balinaların özelliklerini detaylıca araştıran öğrenciler, kambur balinaların yüzgeç yapılarını, avlanma mekanizmalarını, derilerinin yapısını tasarım problemlerine çözüm üretecek şekilde kullanacakları bir prototip tasarlar. Tasarımlarını oluşturma süreçlerindeki her bir adımı çalışma kağıdına not ederler. Geliştirilen tasarımın insanlığın hangi sorununa nasıl çözüm üreteceğini değerlendirip tasarım üzerinde varsa eksiklikler gerekli iyileştirmeleri yapmak adına çalışmalarına devam ederler.



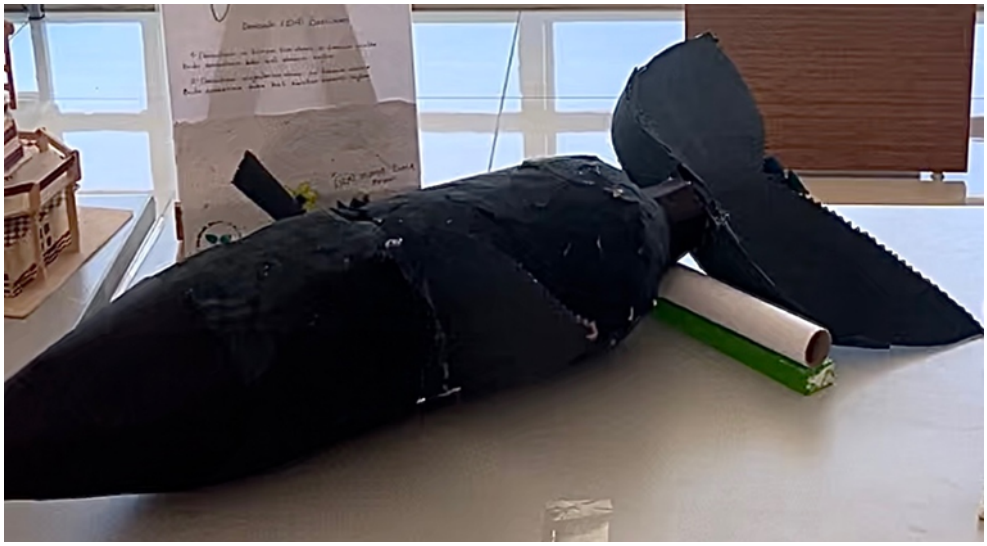
Şekil 3. 8. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri



Şekil 3. 9. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri

- *6. Adım: Değerlendirme (Evaluate)*

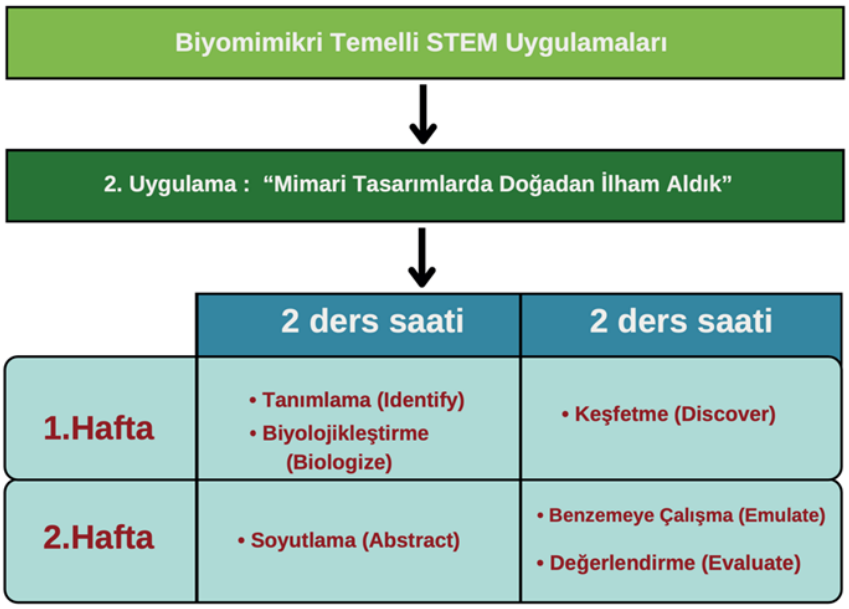
Öğrenciler tasarımın ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığını değerlendirir. Geliştirilen tasarımların sunumu yapılır ve hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından değerlendirilir.



Şekil 3. 10. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler

3.5.3.2. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen ve öğretim uygulamalarında kullanımı uygun görülen "Challenge to Biology" tasarım lensi bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" etkinliğinin uygulamaları 10 öğrenci ile haftada 4 ders saati olacak şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 3. 11. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

- *1. Adım: Tanımlama (Identify)*

Öğrencilere doğadan ilham alıp sonucunda bir tasarım geliştirme süreçleri öncesinde "Biyomimikrinin Mimaride Kullanımı" konulu sunu izletilir (Ek-9). Böylece öğrenciler ekolojik mimarinin doğadan ilham alan yapı örneklerini görüp geliştirecekleri tasarımlarını dayandıracakları prensipler hakkında ön bilgi edinir. Ardından sunu ile ilgili sorular yöneltilir:

- Sunumda verilen örnekler dışında canlılardan ilham alınarak tasarlanmış bir mimari tasarım örneği biliyor musunuz?
- Canlıların hayatta kalmak adına inşa ettikleri yapıları taklit edip , bir tasarım elde etmek insanlığa ne gibi katkılar sağlayabilir?

Öğrencilerin ekolojik mimari prensiplerine uygun bir şekilde tasarlanması gereken mimari bir yapı inşası gerçekleştirmeleri süreci öncesi; ilham alabilecekleri canlıları araştırmaları adına öğrencilere dergi, makale ve internet ortamından araştırma yapabilecekleri uygun materyaller sunulur.

- *2. Adım: Biyolojikleştirme (Biologize)*

Öğrencilere BTHP ve dikkat edilmesi gereken noktalar sunulur. Öğrenciler meslek ve görev seçimlerini yaparlar. Sunulan BTHP kapsamında öğrenciler problem

veya ihtiyaca yönelik geliştirdikleri çözümleri doğadan ilham alacak şekilde yeniden ele alıp bağlamı analiz ederler. İlgili BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) şu şekildedir:

"Afrika'ya bir okul gezisi düzenlendiğini ve sizin de gittiğinizi hayal ediniz. Gerçekleştirilen gezi sırasında sizi Zimbabwe'de bulunan The Eastgate Centre binasına götürdüler. Dünyadan sürdürülebilir ve güzel örneklerden biri olarak sıcak bir iklime sahip Zimbabwe'de yapılan The Eastgate Centre binasının mimarisinde termitlerin hava sıcaklıklarına göre sabit ısısını koruyabilen evlerindeki doğal havalandırma özelliğinden yararlanıldığını rehber tarafından öğrendiniz. Ardından doğada bulunan canlılardan ilham alan mimari tasarımları detaylıca araştırmaya başladınız. Türkiye'ye döndüğünüzde okulunuzun Milli Eğitim ile görüşmekte olduğunu ve okul binanızın yeniden tasarlanacağı ile ilgili görüşmeler yapıldığını duydunuz. Müdür Bey doğadan daha sürdürülebilir tasarımlar elde etmek için faydalanılması gerektiğini ve çevre dostu bir bina tasarlanmasını istediğinden bahsetti. Sizi de mimar ve mühendisler ile çalışacağınız aynı zamanda çevre dostu bir bina tasarlayacağınız bir ekibe dahil etti. Göreviniz doğada bulunan canlılardan ilham alarak , okulunuzun binasını tasarlamak."

- *3. Adım: Keşfetme (Discover)*

STEM ders planlaması kapsamında "Bilgi temelli hayat problemi" sunulur ve öğrencilerin tasarım ihtiyacına yönelik keşif süreçleri başlatılır. Öğrenciler çalışma kağıtlarına problem durumuna yönelik sundukları çözüm önerilerini not eder ve bu çözüm önerileri arasından en uygun çözümü seçer.

- *Adım: Soyutla (Abstract)*

Öğrenciler 3 gruba ayrılır ve incelemeleri sonucu elde ettikleri verileri tasarıma nasıl aktaracaklarına karar verip kullanacakları materyalleri seçer. Ardından keşfedilen ve özellikleri kullanılacak bitkileri güçlü kılan özellikler BTHP kapsamında geliştirilecek ekolojik mimari prensibine dayalı tasarımda kullanılmak üzere analiz edilir. Tasarım planlamaları doğrultusunda prototip çizimi yaparlar ve ürün geliştirme sürecine başlarlar.

- *5. Adım: Benzemeye Çalışma (Emulate)*

Öğrenciler incelemeleri sonucu elde ettikleri verileri tasarımlarına nasıl aktaracaklarına karar verip kullanılacak materyalleri seçtikten sonra çalışma kağıtlarında sunulan tasarım kriterlerini temel alarak tasarım süreçlerine başlarlar.

Tasarım Kriterleri:

- Tabiata zarar vermeyecek malzeme kullanımına dikkat edilmeli.
- Oluşturacağınız yapı "ekolojik mimari" prensiplerine uygun olmalı.

Öğrenciler geliştirilen tasarımın insanlığın hangi sorununa nasıl çözüm üreteceğini değerlendirip tasarım üzerinde varsa eksiklikler gerekli iyileştirmeleri yapmak adına çalışmalarına devam ederler.

- *6. Adım: Değerlendirme (Evaluate)*

Tasarımı oluşturma süreci tamamlandıktan sonra model üzerinde varsa eksikler belirlenerek iyileştirmeler yapılır ve tasarımın ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı öğrenciler tarafından değerlendirilir.



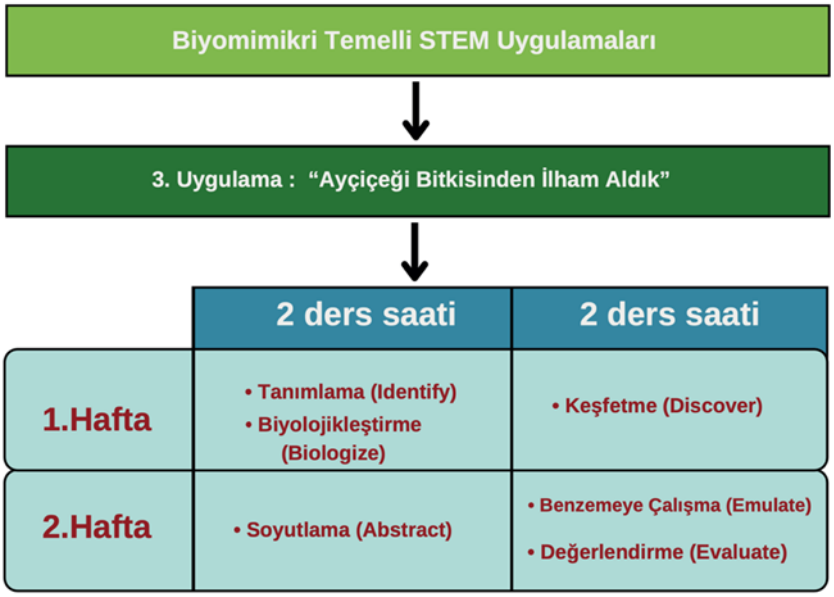
Şekil 3. 12. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimleri



Şekil 3. 13. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler

3.5.3.3. Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen ve öğretim uygulamalarında kullanımı uygun görülen "Challenge to Biology" tasarım lensi bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" etkinliğinin uygulamaları 10 öğrenci ile haftada 4 ders saati olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 14. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

- *1. Adım: Tanımlama (Identify)*

Güneş panelleri ve güneş panellerinden elde edilen enerji üzerine öğrencilerin ön bilgilerini açığa çıkarmak amacıyla Şekil 3.15'teki görseller sunulur ve ilgili sorular yöneltilir.



Şekil 3. 15. Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık Etkinliği Üzerine Sunulan Görseller

- Görsellerde insanların hangi ihtiyacına çözüm üretecek bir tasarım geliştirilmiştir?
- Görsellerdeki tasarımlar nasıl bir tasarım fikri ile ortaya çıkmıştır?
- Görsellerdeki tasarımlar doğaya dost ve sürdürülebilir mi? Neden?
- Görsellerde verilen tasarımlarda ne gibi iyileştirmeler yapılabilir?
- Görsellerde verilen tasarımları güçlü kılan özellikler nelerdir?

Sorular cevaplandıktan sonra öğrenciler güneş panelleri ve güneş panellerinden elde edilen enerji üzerine internet, makale, dergi vb. ortamlarda detaylı araştırmalar gerçekleştirir.

- *2. Adım: Biyolojikleştirme (Biologize)*

Öğrencilere BTHP ve dikkat edilmesi gereken noktalar sunulur. Öğrenciler meslek ve görev seçimlerini yapar. Sunulan BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) kapsamında öğrenciler problem veya ihtiyaca yönelik geliştirdikleri çözümleri doğadan ilham alacak şekilde yeniden ele alıp bağlamı analiz eder. İlgili BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) şu şekildedir:

"Enerji konusundaki ihtiyaçlarımız gün geçtikçe artmakta, şehirlerin büyümesiyle birlikte enerji talebi de yükselmektedir. Birçok şehir, güneş panellerini kullanarak enerji ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde karşılamak adına çeşitli çalışmalar gerçekleştirmektedir. Doğada bulunan canlıların güçlü özelliklerini daha sürdürülebilir tasarımlar elde etmek ve tasarım problemlerine çözüm üretebilmek amacı ile kullanan bilim insanları ayçiçeği bitkisinden ilham alarak, maksimum verim sağlayabilecek güneş panelleri tasarladı. Bir öğrenci topluluğu oluşturup, okulunuzun bahçesine, çevrenizde bulunan parklara bitkileri güçlü kılan özellikleri kullanacağınız ve güneşten maksimum enerji sağlayabilecek bir tasarım geliştiriniz."

- *3. Adım: Keşfetme (Discover)*

STEM ders planlaması kapsamında "Bilgi temelli hayat problemi" sunulur ve öğrencilerin tasarım ihtiyacına yönelik keşif süreçleri başlatılır. Öğrenciler çalışma kağıtlarına problem durumuna yönelik sundukları çözüm önerilerini not eder ve bu çözüm önerileri arasından en uygun çözümü seçer. Öğrenciler incelemeleri ve araştırmaları sonucu elde ettikleri verileri tasarımlarına nasıl aktaracaklarına karar verip kullanılacak materyalleri belirler.

- *4. Adım: Soyutla (Abstract)*

Öğrenciler tasarım problemine çözüm sunabilecek ve doğadan ilham alan örnekler araştırır. Öğrenciler ilham almayı düşündükleri ayçiçeği bitkisine ait özellikler ile ilgili soruların yer aldığı çalışma kağıtlarına notlar alır ve incelemeler sonucu elde edilen veriler doğrultusunda tasarım planlamalarını yapar.

- *5. Adım: Benzemeye Çalışma (Emulate)*

Öğrenciler güneş panellerinin maksimum düzeyde verim elde etmesini sağlamak üzere ayçiçeği bitkisinden ilham almaya karar verir Öğrenciler geliştirilen tasarımın insanlığın hangi sorununa nasıl çözüm üreteceğini değerlendirip tasarım üzerinde varsa eksiklikler gerekli iyileştirmeleri yapmak adına çalışmalarına devam ederler. Çalışma kağıtlarında sunulan tasarım kriterlerini temel alarak tasarım süreçlerine başlarlar.

Tasarım Kriterleri:

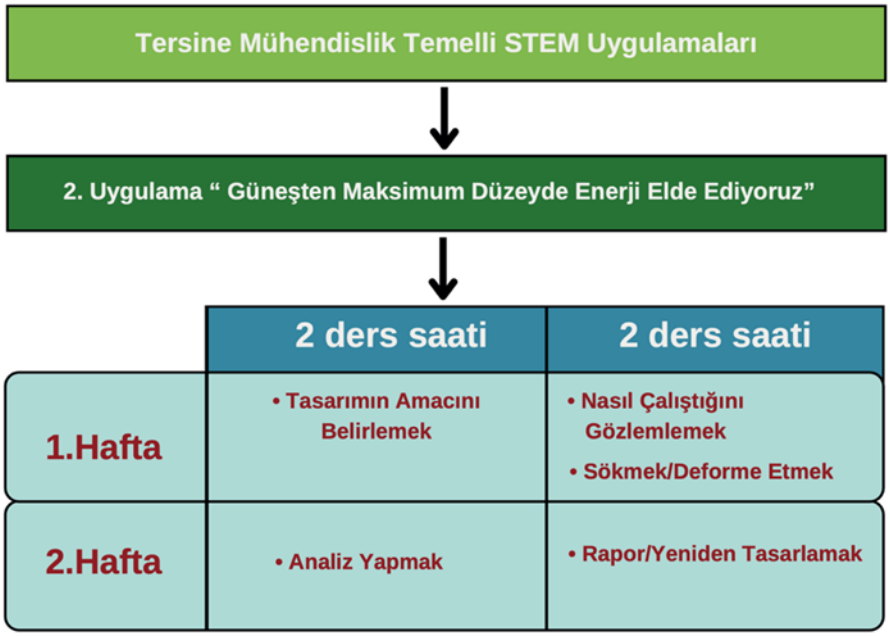
- Çevreye ve doğaya zarar vermeyecek malzeme kullanımına dikkat etmek.
- Gün boyu çalışabilecek bir tasarım oluşturmak.
- Tasarımda bitkileri güçlü kılan özellikleri bulundurmak.

- *6. Adım: Değerlendirme (Evaluate)*

Tasarımı oluşturma süreci tamamlandıktan sonra model üzerinde varsa eksikler belirlenerek iyileştirmeler yapılır. Tasarımın ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı öğrenciler tarafından değerlendirilir.

3.5.3.4. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Thayer (2017) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci basamakları bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" etkinliğinin uygulamaları 11 öğrenci ile haftada 4 ders saati olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 16. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

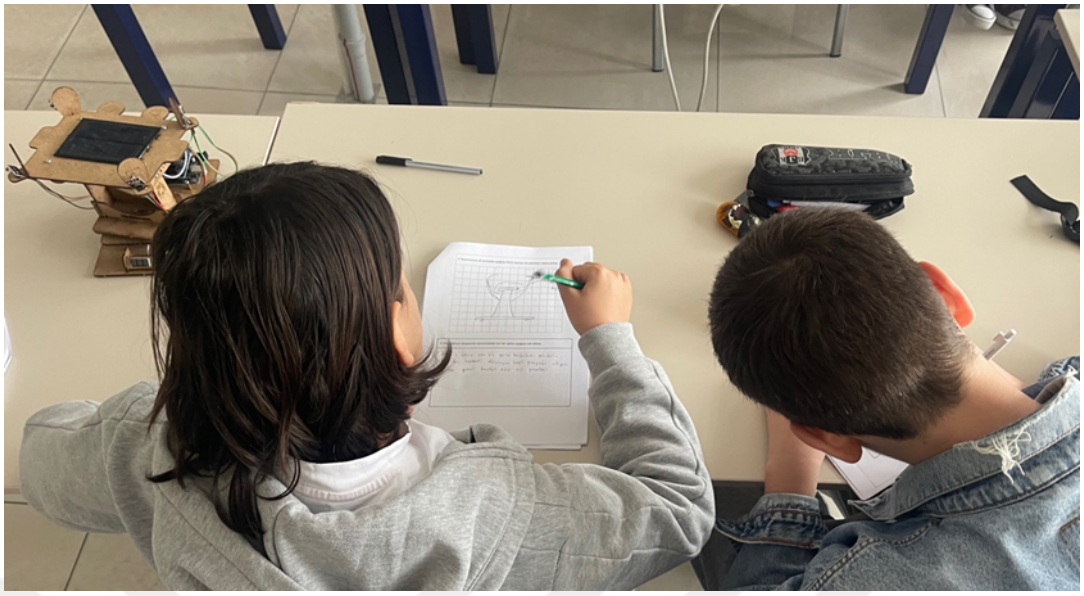
- *1.Adım: "Tasarımın Amacını Belirleme"*

Öğrencilere güneşe yönelim hareketi sayesinde daha verimli elektrik enerjisi sağlayabilen "Güneş Enerjisi Üreten Ağaç" tasarımı görselleri sunulur ve bazı sorular yöneltilir.

- Sizce "Güneş Enerjisi Üreten Ağaç" tasarımlarını daha önceden geliştirilmiş olan güneş panelleri tasarımlarından (güneş paneli tarlaları vb.) güçlü kılan özellikleri neler olabilir?
- "Güneş Enerjisi Üreten Ağaç" tasarımlarının hangi/problem veya ihtiyaca çözüm ürettiğini düşünüyorsunuz?
- "Güneş Enerjisi Üreten Ağaç" tasarımlarını işlevsel kılan özellikleri neler olabilir?

- *2. Adım: "Nasıl Çalıştığını Gözlemleme"*

Ardından öğrencilere güneş takip sistemi modeli sunulur ve öğrenciler modelin nasıl çalıştığını keşfeder. Verilen modelin her bir parçası sökülür ve sökülen parçalar ile model üzerinde incelemeler gerçekleştirilir.



Şekil 3. 17. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Araştırma Deneyimleri

- *3. Adım: "Sökmek/Deforme Etme"*

Öğrenciler verilen modelin nasıl çalıştığını daha iyi anlayabilmek için modelin parçalarını söküp incelemelerine devam eder.

- *4. Adım: "Analiz Yapma"*

Öğrenciler modelin sökülen her bir parçasını analiz edip her bir parçanın işlevini not eder.

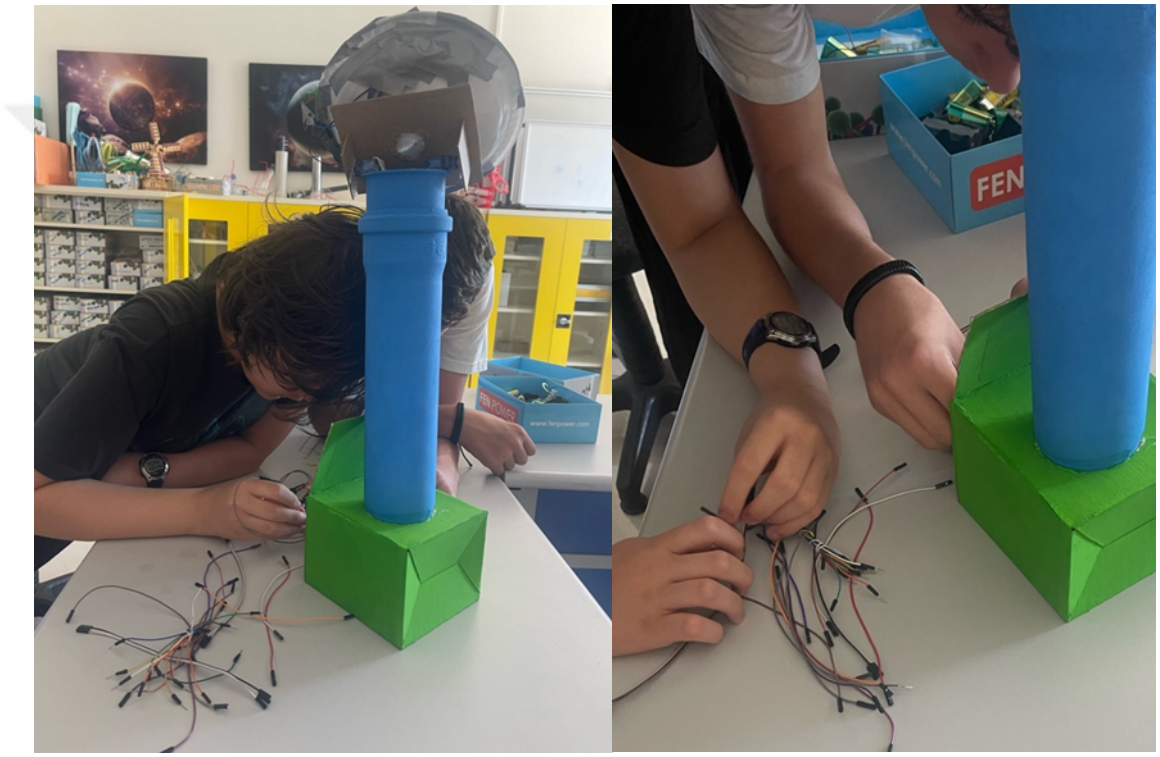
- *5. Adım: "Rapor/Yendien Tasarlamak"*

Öğrencilere BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) ve dikkat edilmesi gereken noktalar sunulur. Öğrenciler meslek ve görev seçimlerini yapar. Öğrenciler her bir parçanın işlevini ve tasarımdakini rolünü analiz ettikten sonra model üzerinde uygun gördükleri gerekli iyileştirmeleri tasarlar. Tasarım üzerinde inovatif fikirler oluşturup tasarımın sahip olduğu özellikleri/işlevleri geliştirirler. Ardından öğretmen öğrencilere ilgili görevi sunar:

"Okulunuzun Bahçesine güneşe yönelme hareketi ile maksimum düzeyde verim sağlayabilen "Güneş Takip Sistemli Tasarımlar" oluşturmanız gerekiyor. Gerekli iyileştirmeleri yapıp nasıl bir tasarım geliştirebileceğinizi düşününüz. Ardından tasarımınızı model/prototip haline getiriniz."

Öğrenciler tarafından tasarıma ait prototip çizilir ve tasarımı gerçekleştirme sürecinin her bir adımı not edilir. Tasarımın problem veya ihtiyaca çözüm üretip üretmediği öğrenci tarafından değerlendirilir. Ardından oluşturulan tasarım/modelin sunumu gerçekleştirilir.

Hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından çalışma kağıtlarında sunulan değerlendirme rubrikleri kapsamında değerlendirilir. Öğrenciler oluşturdukları ürün/modelleri okulda planlanan bir sergide sergiler.



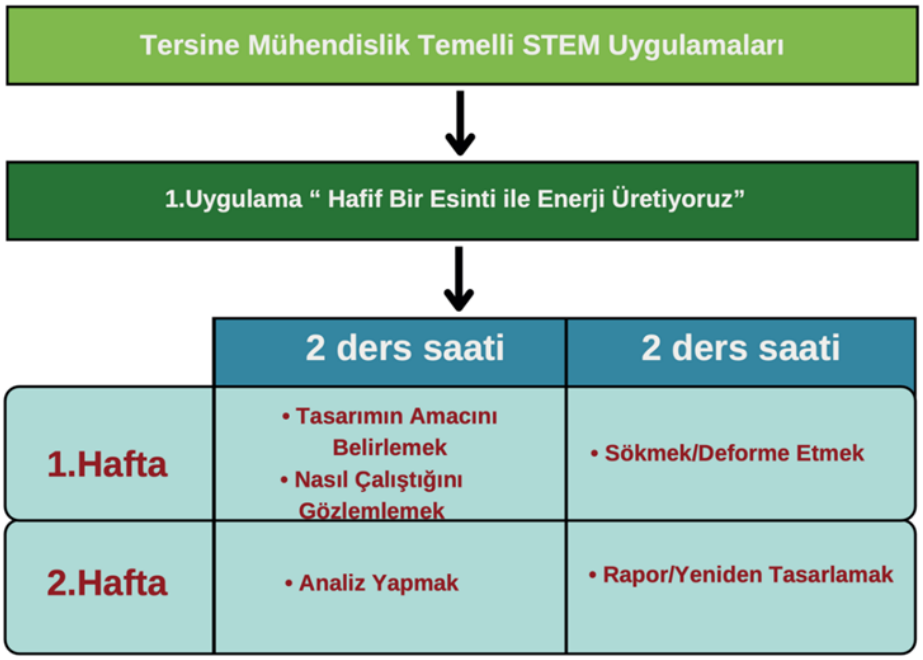
Şekil 3. 18. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Ürün Oluşturma Deneyimler



Şekil 3. 19. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Sürecinde Öğrencilerin Tasarladıkları Ürünler

3.5.3.5. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Thayer (2017) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci basamakları bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" etkinliğinin uygulamaları 10 öğrenci ile haftada 4 ders saati olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 20. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

- *1.Adım: "Tasarımın Amacını Belirlemek"*

Öğrencilere bazı ülkelerde kullanılmakta olan "Rüzgar Ağacı" görselleri sunulur. Elektrik üretebilmek için hafif bir esintinin yeterli olduğu ve bu esinti ile çok daha verimli enerji eldesi sağlayan rüzgar ağaçları ile ilgili video izletilir ve sorular yöneltilir:

- Sizce "Rüzgar Ağacı" tasarımlarını güçlü kılan özellikler neler olabilir?
- "Rüzgar Ağacı" tasarımlarının hangi/problem veya ihtiyaca çözüm ürettiğini düşünüyorsunuz?
- "Rüzgar Ağacı" tasarımlarını işlevsel kılan özellikleri neler olabilir?

- *2. Adım: "Nasıl Çalıştığını Gözlemlemek"*

Öğrencilere öğretmen tarafından çeşitli rüzgar türbini modelleri sunulur. Öğrenciler verilen modelleri inceler. Burada amaç öğrencilerin ufak bir esinti ile daha fazla enerji üretimi sağlayabilen rüzgar ağaçları tasarımının çalışma mekanizmasını keşfetmesini sağlamaktır.

- *3. Adım: "Sökmek/Deforme Etmek"*

Öğrenciler verilen modelin nasıl çalıştığını daha iyi anlayabilmek için modelin parçalarını söküp incelemelerine devam ederler.

- *4. Adım: "Analiz Yapmak"*

Modelin sökülen her bir parçasını analiz eder ve her bir parçanın işlevini not ederler.

- *5. Adım: "Rapor/Yendien Tasarlamak"*

Problem veya ihtiyaç belirlenir. Öğrenciler "Rüzgar Ağaçları" ile ilgili çalışma kağıdında verilen soruları cevaplar. Öğrencilerin istedikleri modeli tasarlayabilmeleri için ilgili malzemeler öğrencilere verilir. Öğrenciler kendi tasarım planlarına göre malzeme ilavesi yapabilir. İlgili BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) sunulur:

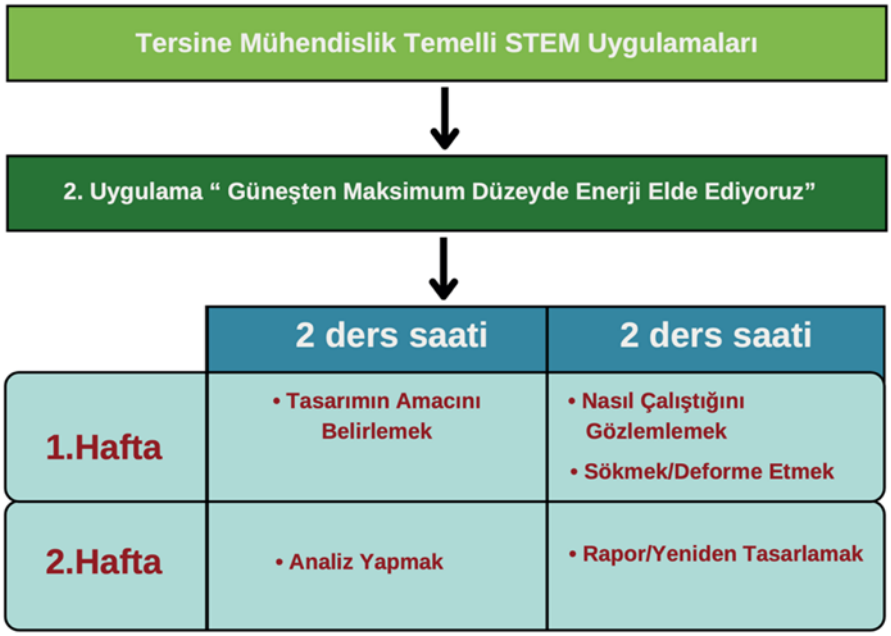
"Enerji konusundaki ihtiyaçlarımız gün geçtikçe artmakta, şehirlerin büyümesiyle birlikte enerji talebi de yükselmektedir. Sürdürülebilir bir gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç da daha belirgin hale gelmektedir. Birçok şehir, güneş enerjisi panellerini kullanarak enerji ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde karşılamak adına çeşitli çalışmalar gerçekleştirmektedir. Okulunuzda bulunan "Enerji Verimliliği" kulübünün başkanı olduğunuzu hayal ediniz. Dönem sonu serginiz için göreviniz size sunulan güneş takip sistemi mekanizmasını inceleyip, tasarım üzerinde gerekli iyileştirmeleri yaparak maksimum verim sağlayacak bir güneş paneli tasarımı oluşturmak. Ekibinizle birlikte okulunuzun bahçesine, çevrenizde bulunan parklara güneşten maksimum enerji sağlayabilecek bir tasarım oluşturunuz."

Öğrenciler her bir parçanın işlevini ve tasarımdakini rolünü analiz ettikten sonra model üzerinde uygun gördükleri gerekli iyileştirmeleri ilgili BTHP kapsamında yaparlar. Tasarım üzerinde inovatif fikirler oluşturup tasarımın sahip olduğu özellikleri/işlevleri geliştirirler. Yapılan iyileştirmelerin ardından tasarıma ait prototip çizilir ve tasarımı gerçekleştirme sürecinin her bir adımı not edilir. Tasarımın problem veya ihtiyaca çözüm üretip üretmediği öğrenci tarafından değerlendirilir. Ardından oluşturulan tasarım/modelin sunumu gerçekleştirilir.

Hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından çalışma kağıtlarında sunulan değerlendirme rubrikleri kapsamında değerlendirilir. Öğrenciler oluşturdukları ürün/modelleri okulda planlanan bir sergide sergiler.

3.5.3.6. Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Örneği "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

Thayer (2017) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci basamakları bağlamında oluşturulan ders planı kapsamında uygulama gerçekleştirilmiştir. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" etkinliğinin uygulamaları 10 öğrenci ile haftada 4 ders saati olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 21. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliği Asıl Uygulama Süreci

- *1.Adım: "Tasarımın Amacını Belirlemek"*
  Öğrencilere aşağıdaki sorular yöneltilir:

- Sıcak yaz aylarının etkisini en aza indirmek için evlerimizde ne gibi önlemler alıyoruz?
- Serinleme etkisi sağlayabilecek tasarımların çalışma mekanizmaları hakkında neler biliyorsunuz?
- Vantilatör, klima gibi tasarımların güçlü ve zayıf yönleri hakkında neler söyleyebilirsiniz?

- *2. Adım: "Nasıl Çalıştığını Gözlemlemek"*

Öğrencilere öğretmen tarafından ev tipi vantilatör modeli sunulur. Öğrenciler verilen modeli inceler. Burada amaç öğrencilerin vantilatör tasarımının çalışma mekanizmasını keşfetmesini sağlamaktır.

- *3. Adım: "Sökmek/Deforme Etmek"*

Öğrenciler verilen modelin nasıl çalıştığını daha iyi anlayabilmek için modelin parçalarını söküp incelemelerine devam ederler.

- *4. Adım: "Analiz Yapmak"*

Modelin sökülen her bir parçasını analiz eder ve her bir parçanın işlevini not ederler.

- *5. Adım: "Rapor/Yendien Tasarlamak"*

İlgili BTHP sunulur:

"Mühendislik öğrencisi Ali, yaz aylarında odasının sıcaklığından şikayetçiydi. Bu durumu çözmek için kendi vantilatörünü tasarlama fikri ile heyecanlanmıştı. İlk adım olarak evlerinde bulunan bir vantilatörün parçalarını söküp vantilatörü detaylıca inceledi. Vantilatörün çalışma prensibini anlamaya çalıştı ve internetten gerekli araştırmalarını yapıp notlar aldı. Ardından tasarım fikrini gerçekleştirmek üzere gereksinimlerini belirledi. Gerekli malzemeler için alışveriş yaptıktan sonra basit, taşınabilir, düşük maliyetli bir prototip vantilatör tasarlama sürecine başladı. Ali düşük maliyetli, basit, taşınabilir bir vantilatör tasarlamak istiyor. Sizler de vantilatörün çalışma mekanizmasını her bir parçasını inceleyerek keşfediniz. Ardından tasarım üzerinde yenilikçi fikirler oluşturup inovatif bir vantilatör tasarımı geliştiriniz.Tasarım fikrinizi model/prototip haline getiriniz."

Verilen senaryo okunduktan sonra problem veya ihtiyaç belirlenir. Belirlenen probleme yönelik olası çözümler geliştirilir. Öğrencilerin istedikleri modeli tasarlayabilmeleri için ilgili malzemeler öğrencilere verilir. Öğrenciler kendi tasarım planlarına göre malzeme ilavesi yapabilir.

Tasarım üzerinde inovatif fikirler oluşturup tasarımın sahip olduğu özellikleri/işlevleri geliştirirler. Ardından ilgili görev BTHP temelinde sunulur:

"Düşük maliyetli, basit, taşınabilir bir vantilatör tasarlayınız. Gerekli iyileştirmeleri

yapıp nasıl bir tasarım geliştirebileceğinizi düşününüz. Ardından tasarımınızı model/prototip haline getiriniz." Öğrenciler tarafından tasarıma ait prototip çizilir ve tasarımı gerçekleştirme sürecinin her bir adımı not edilir. Tasarımın problem veya ihtiyaca çözüm üretip üretmediği öğrenci tarafından değerlendirilir. Ardından oluşturulan tasarım/modelin sunumu gerçekleştirilir.

Hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından çalışma kağıtlarında sunulan değerlendirme rubrikleri kapsamında değerlendirilir. Öğrenciler oluşturdukları ürün/modelleri okulda planlanan bir sergide sergiler.

Asıl uygulama süresince oluşturulan biyomimikri ve tersine mühendislik temelli tüm tasarımlar okulda düzenlenen yıl sonu bilim şenliğinde sergilenmiştir.



Şekil 3. 22. Asıl Uygulama Sürecinde Tasarlanan Ürünlerin Sergisi

3.6. Verilerin Analizi

Bu çalışmada nicel analizler (biyomimikri farkındalık ölçeği, daimi bilim öğrenme motivasyonu ölçeği, çevresel tutum envanteri) "SPSS 22.0 (Statistical Package For Social Science)" bilgisayar programı kullanılarak yapılmış ve bulgular 0.05 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerin normal dağılımını belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Analizlerde normal dağılım gösteren verilere bağımsız gruplar t-testi ve bağımlı gruplar t-testi kullanılmıştır.

Deney ve kontrol grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşme sorularından elde edilen cevapların nitel analizinde içerik analizi kullanılmıştır. Deney ve kontrol grubunda bulunan her bir öğrencinin yarı yapılandırılmış görüşme formuna verdiği cevaplar araştırmacı tarafından incelenerek elde edilen verilere göre kodlar oluşturulmuştur. Üretilen bu kodlardan genel temalara ve kategorilere ulaşılmıştır.

Ses kayıtlarının tamamı transkript edilmiş ve transkripsiyonda "transkriptor" dijital uygulamasından faydalanılmıştır. Yapılan uygulamanın ardından görüşmeler üzerine elde edilen ses kayıtlarının tamamı bu program yardımıyla transkript edilmiştir.

Öğrencilerin oluşturdukları ürünler ve geçirdikleri sürece dair çalışma kağıtlarına aldıkları notlar mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği kapsamında analiz edilmiştir. Değerlendirme rubriği 0, 1, 2 puan içermekte olup ilgili tasarım süreci kapsamında yanıt vermeyen öğrenci 0, kısmen yanıt veren öğrenci 1, tüm detaylarıyla cevap veren öğrenci 2 puan almıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE YORUMLAR

Bu araştırma, 2023-2024 eğitim öğretim yılında Edirne İlinde merkeze bağlı Şehit Nefize Çetin Özsoy Bilim ve Sanat Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Biyomimikri temelli STEM uygulamaları üzerine çalışan (deney grubu) 13 öğrenciden 9 tanesi bireysel yetenekleri farkındalık gruplarında (5.sınıf öğrencisi), 4 tanesi özel yetenekleri geliştirme gruplarında (7.sınıf öğrencisi) yer almaktadır. Tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üzerine çalışan (kontrol grubu) 12 öğrencinin tamamı özel yetenekleri geliştirme gruplarında (7.sınıf öğrencisi) yer almaktadır. Araştırma toplam 25 öğrenci ile yarı deneysel araştırma deseni öntest-sontest eşleştirilmiş kontrol gruplu model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada deney ve kontrol grubuna "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği", "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği" ve "Çevresel Tutum Envanteri" öntest ve sontest olarak uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen nicel verilerin değerlendirilmesi için SPSS (Statistical PackageforSocialScience) programı bağımlı gruplar t-testi, bağımsız gruplar t-testi, Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Sonuçlarda 0,05 anlamlılık düzeyi açısından referans alınmıştır.

Araştırmada öğrencilere araştırmacı tarafından hazırlanan çalışma kağıtları hazırlanıp uygulanmış, uygulama süresince araştırmacı tarafından saha notları tutulmuş ve öğrencilerle gerçekleştirilen uygulama sonrası yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Deney grubuna biyomimikri temelli STEM uygulamaları üzerine hazırlanmış çalışma kağıtları ve yarı yapılandırılmış görüşme formunda bulunan sorular, kontrol grubuna tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üzerine hazırlanmış çalışma kağıtları ve yarı yapılandırılmış görüşme formunda bulunan sorular yöneltilmiştir. Bu süreçte çalışma kağıtlarından ve yarı yapılandırılmış görüşme sorularından elde edilen nitel veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırma sürecinde toplanan nitel ve nicel verilerin analizleri sonucu elde edilen bulgular ve yorumları sunulmuştur.

4.1. Nicel Bulgular

4.1.1. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Biyomimikri Farkındalığına Etkisi

Bu araştırmanın 1. alt problemi olan "*Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve H_01 test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney (biyomimikri temelli STEM uygulamaları ile eğitim alan öğrenciler) ve kontrol grubu (tersine mühendislik temelli STEM uygulama süreci ile eğitim alan öğrenciler) öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntestlerinden elde edilen puanların normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Öntest)	13	.961	13	.777
Kontrol G. (Öntest)	12	.916	12	.256

Grupların 30 kişiden küçük olması nedeniyle Shapiro-Wilk normallik testi yapılmış ve çizelgeye göre deney ve kontrol grubu biyomimikri farkındalığı öntest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım ($p>0.05$) gösterdiği dolayısıyla parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Ardından deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öntest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,50	.582	23	-.076	.570
Kontrol G. (Öntest)	12	3,48	.415			

Bu doğrultuda deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öntestlerinden elde edilen puanların ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (t=-.076, p>0,05). ***$H_0 1$* kabul edilmiştir.**

Bu araştırmanın 2. alt problemi olan "*Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve $H_0 2$ test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi sontest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Sontest)	13	.964	13	.814
Kontrol G. (Sontest)	12	.898	12	.151

Çizelgeye göre deney ve kontrol grubu biyomimikri farkındalığı sontest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği dolayısıyla parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.4' te verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı sontest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Sontest)	13	4.40	.365	23	-2.753	.046
Kontrol G. (Sontest)	12	3.82	.715			

Bu doğrultuda deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontestlerinden elde edilen puanların ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (t=-2.753, p<0,05). ***$H_0$2*** **reddedilmiştir.**

Bu araştırmanın 3. alt problemi olan *"Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *$H_0$3* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farklarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Puan farkı)	13	.882	13	.076

Çizelgeye göre, deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney grubu öğrencilerinin öntest- sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	$\bar{x}$	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,50	0,58	12	-6.909	.000
Deney G. (Sontest)	13	4,44	0,36			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest-sontest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (t=-6,909, p<0,05). Cohen's d etki büyüklüğüne bakıldığında yapılan çalışmanın öğrenciler üzerinde etkisi büyük (d=1,92, d ≥ 0.8) (Kılıç, 2014) ve oluşan bu farkın son test lehine olduğu görülmektedir. ***H_03*** **reddedilmiştir.**

Bu araştırmanın 4. alt problemi olan *"Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalık testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *H_04* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Kontrol G. (Puan farkı)	12	.968	12	.890

Çizelgeye göre, kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puan farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve dolayısıyla parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinin öntest-sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Kontrol grubu öğrencilerinin biyomimikri farkındalığı öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Kontrol G. (Öntest)	12	3,48	0,41	11	-1.814	.097
Kontrol G. (Sontest)	12	3,82	0,71			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest-sontest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (t=-1,814, p>0,05). ***$H_0$4* kabul edilmiştir.**

4.1.2. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonlarına Etkisi

Bu araştırmanın 5. alt problemi olan "*Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?"* çözümlemek ve *$H_0$5* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Öntest)	13	.918	13	.232
Kontrol G. (Öntest)	12	.948	12	.609

Çizelgeye göre, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu öntest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme öntest puanları bağımsız grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,56	0,69	23	-.906	.374
Kontrol G. (Öntest)	12	3,31	0,72			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (t=-0.906, p>0,05). ***$H_0$5* kabul edilmiştir.**

Bu araştırmanın 6. alt problemi olan "*Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?"* çözümlemek ve *$H_0$6* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme sontest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Sontest)	13	.904	13	.153
Kontrol G. (Sontest)	12	.928	12	.356

Çizelgeye göre, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları sontest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları

Grup	N	$\bar{x}$	SS	SD	t	p
Deney G. (Sontest)	13	4,077	0,42	23	-0.419	.002
Kontrol G. (Sontest)	12	4,007	0,41			

Bu doğrultuda öğrencilerin sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (t=-0.419, p<0,05). Cohen's d etki büyüklüğüne bakıldığında yapılan çalışmanın öğrenciler üzerinde etkisi büyük (Kılıç, 2014) ve oluşan bu farkın son test lehine olduğu görülmektedir. ***$H_0$6* reddedilmiştir.**

Bu araştırmanın 7. alt problemi olan *"Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *$H_0$7* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme öntest ve sontest puan farklarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Çizelge 4. 13. Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Puan farkı)	13	.871	13	.054

Çizelgeye göre, deney grubu daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney grubu öğrencilerinin öntest- sontest puan farkları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.14 'te verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Deney grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,56	0,69	12	-4.003	.002
Deney G. (Sontest)	13	4,07	0,42			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest-sontest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (t=-4,003, p<0,05). Cohen's d etki büyüklüğüne bakıldığında yapılan çalışmanın öğrenciler üzerinde etkisi büyük (d=0,89, d ≥ 0.8) (Kılıç, 2014) ve oluşan bu farkın son test lehine olduğu görülmektedir. ***$H_0$7* reddedilmiştir.**

Bu araştırmanın 8. alt problemi olan *"Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonu testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *$H_0$8* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4. 15. Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Kontrol G. (Puan farkı)	12	.971	12	.920

Çizelgeye göre, kontrol grubu daimi bilim öğrenme motivasyonu öntest ve sontest farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinin öntest-sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4. 16. Kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Kontrol G. (Öntest)	12	3,31	0,72	11	-4.082	.002
Kontrol G. (Sontest)	12	4,00	0,41			

Bu doğrultuda öğrencilerin ön test-son test ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (t=-4,082, p<0,05). Cohen's d etki büyüklüğüne bakıldığında yapılan çalışmanın öğrenciler üzerinde etkisi büyük (d=1,18, d ≥ 0.8) (Kılıç, 2014) ve oluşan bu farkın son test lehine olduğu görülmektedir. ***$H_0$8*** **reddedilmiştir.**

4.1.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Çevresel Tutumlarına Etkisi

Bu araştırmanın 9. alt problemi olan *"Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *$H_0$9* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Öntest)	13	.938	13	.431
Kontrol G. (Öntest)	12	.959	12	.764

Çizelgeye göre, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum öntest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öntest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest puanları bağımsız gruplar t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,646	0,23	23	-0.559	0.991
Kontrol G. (Sontest)	12	3,696	0,21			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t=-0,559, p>0,05). ***$H_0 9$*** **kabul edilmiştir.**

Bu araştırmanın 10. alt problemi olan *"Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?"* çözümlemek ve *$H_0 10$* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.19' de verilmiştir.

Çizelge 4. 19. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Sontest)	13	.939	13	.438
Kontrol G.(Sontest)	12	.934	12	.423

Çizelgeye göre deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanlarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımsız gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımsız gruplar t-testi Çizelge 4.20'da verilmiştir.

Çizelge 4. 20. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları sontest puanları bağımsız grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,768	0.333	23	-1.324	0.834
Kontrol G. (Sontest)	12	3,942	0.322			

Bu doğrultuda öğrencilerin son test ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t=-1.324, p>0,05). ***$H_0 10$*** **kabul edilmiştir.**

Bu araştırmanın 11. alt problemi olan *"Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?"* çözümlemek ve *$H_0 11$* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puan farklarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.21' de verilmiştir.

Çizelge 4. 21. Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Puan farkı)	13	.906	13	.163

Çizelgeye göre, deney grubu öğrencilerinin öntest sontest puan farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Deney grubu öğrencilerinin öntest- sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.22 'de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Deney grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Deney G. (Öntest)	13	3,64	0,23	12	-1.391	.190
Deney G. (Sontest)	13	3,76	0,33			

Bu doğrultuda öğrencilerin öntest-sontest ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t=-1,391, p>0,05). ***H_011*** **kabul edilmiştir.**

Bu araştırmanın 12. alt problemi olan *"Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum testi öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır ?"* çözümlemek ve *H_012* test etmek amacıyla yapılan analizler ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum öntest ve sontest puan farklarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk Testi uygulanmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk Testi Çizelge 4.23' de verilmiştir.

Çizelge 4. 23. Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puan farkları Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Grup	N	Shapiro-Wilk		
		Statistic	SD	p
Deney G. (Puan farkı)	12	.981	12	.987

Çizelgeye göre, kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutum öntest ve sontest puan farklarından elde edilen verilerin normal dağılım (p>0.05) gösterdiği ve parametrik analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinin öntest-sontest puan ortalamaları arasındaki anlamlılığı incelemek adına bağımlı gruplar t-testi uygulanmıştır. Yapılan bağımlı gruplar t-testi Çizelge 4.24 'de verilmiştir.

Çizelge 4. 24. Kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları öntest ve sontest puanları bağımlı grup t-testi sonuçları

Grup	N	x̄	SS	SD	t	p
Kontrol G. (Öntest)	12	3,69	0,21	11	-2.440	0.33
Kontrol G. (Sontest)	12	3,94	0,32			

Bu doğrultuda öğrencilerin ön test-son test ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (*t*=-2,440, p>0,05). ***H₀12*** **kabul edilmiştir.**

4.2. Nitel Bulgular

Bu çalışmada deney grubu öğrencileri ile biyomimikri temelli STEM uygulamaları (13 katılımcı), kontrol grubu öğrencileri ile ise (12 katılımcı) tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarının gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerin görüşlerini belirlemek amacıyla "Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarına Yönelik Görüşme Formu" öğrencilere uygulanmıştır. Uygulama süresince deney grubu öğrencilerine araştırmacı tarafından hazırlanan "Biyomimikri temelli STEM uygulamaları çalışma kağıdı", kontrol grubu öğrencilerine ise "Tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları çalışma kağıdı" hazırlanıp uygulanmış ve araştırmacı tarafından süreç boyunca saha notları tutulmuştur. Dolayısıyla nitel veriler

çalışma kağıtları, yarı yapılandırılmış görüşmeler ve saha notları ile toplanmıştır. Bu bölümde, deney grubu öğrencilerinin "Biyomimikri Temelli STEM Uygulamalarına Yönelik Görüşme Formu", kontrol grubu öğrencilerinin ise "Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarına Yönelik Görüşme Forumu"na ilişkin cevaplarından elde edilen bulgular ve deney grubu öğrencilerinin "Biyomimikri temelli STEM uygulamaları çalışma kağıdı" kontrol grubu öğrencilerinin ise "Tersine Mühendislik temelli STEM uygulamaları çalışma kağıdı" na ilişkin cevaplarından elde edilen bulgular sunulmuştur.

4.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular

4.3.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ilk hedef "biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi" dir. Bu kapsamda yer alan ilk soru "Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.25' de verilmiştir.

Çizelge 4. 25. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri kavramı tanımları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi	Doğadan/canlılardan ilham alarak bir tasarım geliştirmek	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9 Ö10	10	%76,92
	Günlük yaşantımızda karşılaştığımız problemleri çözebilmek için doğadan ilham almak	Ö11,Ö12	2	%15,38
	İnsanlık yararına teknolojiler geliştirmek	Ö13	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %76,92'si biyomimikri kavramına dair tanımlarında, biyomimikri kavramını "Doğadan/canlılardan ilham alarak bir tasarım geliştirmek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Biyomimikri doğadaki canlılardan, doğadaki canlıların özelliklerinden esinlenerek yapılan şeylerdir.*" şeklinde ifade ederken,
(Ö9) "*Biyomimikri doğadan ilham alarak tasarımlar yapmaktır diye tanımlayabilirim*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri kavramına dair tanımlarında, biyomimikri kavramını "Günlük yaşantımızda karşılaştığımız problemlerin çözümü üzerine doğadan ilham almak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö11) "*Günlük hayatımızdaki problemleri çözmek veya geliştirmek için doğadan ve hayvanlardan, bitkilerden yani canlılardan ilham alma diyebilirim*." şeklinde ifade ederken,
(Ö12) "*Günlük hayatımızdaki problemleri çözmek için doğadan ilham almak ve bu duruma yönelik çözümler bulmak*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u biyomimikri kavramına dair tanımlarında, biyomimikri kavramını "İnsanlık yararına teknolojiler geliştirmek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö13) "*Biyomimikri, doğadaki varlıklardan, organizmalardan ilham alarak insanlık yararına bir teknoloji geliştirmektir."* şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ilk hedef "biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi" kapsamında yer alan ikinci soru "Biyomimikri temelli tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.26' de verilmiştir.

Çizelge 4. 26. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri kavramına yönelik	Biyomimikri temelli tasarımlar doğa/çevre dostu olmalı	Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12, Ö13	8	%61,53
	Biyomimikri temelli tasarımlar doğadan ilham almalı	Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö12	8	%61,53

farkındalığın belirlenmesi	Biyomimikri temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalı	Ö1,Ö2, Ö4, Ö8, Ö11, Ö12	6	%46,15
	Biyomimikri temelli tasarımlar dayanıklı/işlevsel olmalı	Ö1, Ö6	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %61,53'ü biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Biyomimikri temelli tasarımlar doğa/çevre dostu olmalıdır" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) "*Biyomimikri tasarımları sürdürülebilir olmalı, doğa dostu olmalı, doğaya zarar vermemelidir*." şeklinde ifade ederken,

(Ö8) *"Biyomimikri tasarımları öncelikle doğaya zarar vermemeli ve sürdürülebilir/yenilenebilir olmalıdır."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %61,53'ü biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Biyomimikri temelli tasarımlar doğadan ilham almalı" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) "*Biyomimikri temelli tasarımlarda canlıların özelliği olmalı. Mesela sinek kuşunun sivri gagası gibi sivri burunlu trenler olması, kambur balinaların yüzgeçlerinin tüberküllü yapısı gibi pervane kanatları yapılması*." şeklinde ifade ederken,

(Ö3) "*Biyomimikri tasarımları canlıların güçlü özelliklerini bulundurup bunları yapacağımız şeylerde kullanmamızdır.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %46,15'i biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında, "Biyomimikri temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalıdır" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö11) "*Öncelikle sürdürülebilir olmalıdır ve sürdürülebilir olabilmesi için de yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Ayrıca çevreye az zarar vermeli ve uygun malzemelerden yapılmalı. Zaten biyomimikrideki amaç doğadan ilham alarak uzun süre kullanılabilecek tasarımlar ortaya koymak olduğu için hayvanlardan veya bitkilerin özelliklerinden ilham almak hayatımızı kolaylaştırır.*" şeklinde ifade ederken,

(Ö2) "*Biyomimikri tasarımları ilk önce sürdürülebilir, dayanıklı ve ülke ekonomisine katkı da sağlayabilecek şekilde olmalıdır*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Biyomimikri temelli tasarımlar dayanıklı/işlevsel olmalıdır." şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö6) "*Biyomimikri temelli tasarımlar birinci olarak pek çok yerden faydalanmalı. Ayrıca yapının ya da projenin sağlam olması gerekiyor bence.*" şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ilk hedef "biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi" kapsamında yer alan üçüncü soru "Doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken hangi canlı organizmalardan yararlanabiliriz? Örneklendirerek açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4. 27. Deney grubu öğrencilerinin doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalar

Kategori	**Görüşlere ait kodlar**	**Katılımcı**	**f**	**%**
Biyomimikri kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi	Lotus çiçeğinden ilham alma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12	11	%84,61
	Kambur balinalardan ilham alma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö11, Ö12, Ö13	9	%69,23
	Termitlerden ilham alma	Ö4, Ö5, Ö7	3	%23,07
	Yalıçapkını kuşundan ilham alma	Ö2, Ö10, Ö12	3	%23,07
	Bukalemundan ilham alma	Ö6, Ö7	2	%15,38
	Kaktüslerden ilham alma	Ö7	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %84,61'i doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "lotus çiçeğinden ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) *"Mimari yapılarda lotus çiçeği vardı. Açılıp kapanma özelliğini kullanmıştık."* şeklinde ifade ederken,

(Ö8) "*Örneğin lotus çiçeğinden ilham alabiliriz. Geceleri kapanıp, gündüzleri açılması özelliğinden.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %69,23'ü doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "Kambur balinalardan ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Lotus çiçeği, kambur balina gibi hayvanlardan yararlanabiliriz."* şeklinde ifade ederken,

(Ö11) " *Hayvanlardan ve bitkilerden ilham alabiliriz yani canlılardan. Örneğin mesela biz duvarların kir tutmaması için lotus çiçeklerinin yapraklarının tozu ve kiri üstünde tutmaması özelliğinden yararlanmıştık. Veya hayvandan örnek verecek olursam rüzgar türbininin daha hızlı dönebilmesi için kambur balinalardan ilham almıştık. Bu gibi pek çok canlıdan ilham alınarak yapılabilir.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "termitlerden ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) "*Mimari yapılarda termitlerin yuvalarına delik açmalarını kullanmıştık.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "yalıçapkını kuşundan ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö12) "*Yalıçapkını kuşundan örneğin tren yaparken yararlanabiliriz*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "bukalemundan ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) " *Mesela bukalemun kuyruğu böyle döner. Onun için ona göre mesela kısa ve ince bir binaya uzun bir merdiven sığdırmak istiyorsak bukalemun kuyruğu gibi böyle döndürerek oraya sığdırabiliriz.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken yararlandıkları canlı organizmalara dair örneklerde "kaktüslerden ilham alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö7) "*Kaktüslerin su depolama özelliğiyle su depolama kapları yapabiliriz.*" şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ikinci hedef "biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ilk soru "Biyomimikri temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4. 28. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıkları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Araştırmanın yapılması/planlanması	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13	12	%92,30
	Ürünün oluşturulması	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö11, Ö12, Ö13	10	%76,92
	Prototip çizilmesi	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10	8	%61,53
	Malzemelerin belirlenmesi	Ö1, Ö7, Ö11, Ö12	4	%30,76
	Belgesel izlenmesi	Ö1, Ö8, Ö12	3	%23,07
	Hangi canlıdan ilham alınacağına karar verilmesi	Ö6, Ö10	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %92,30'u biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Araştırmanın yapılması/planlanması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) " *Önce sorular çözmüştük. Sonra tasarımı ve nasıl yapacağımızı planlamıştık. Tasarıma başlamıştık ve elimizden geleni yapmıştık*." şeklinde ifade ederken,

(Ö8) " *İlk olarak yapacağımız projeyle ilgili bir belgesel izledik. Ardından yapacağımız projenin prototipini çizdik ve detaylıca yapacağımız projeyi anlayıp araştırdık. Sonra projeyi yapmaya başladık ve en sonunda projenin değerlendirmesini yaptık*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %76,92'si biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Ürünün oluşturulması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö13) "*Önce araştırma yaptık. Araştırmayı kambur balinalar üzerinden yaptık. Yeterli biçimde bilgi edindikten sonra kağıtlarımızı doldurduk. Ona göre de bir tasarım yaptık. Tasarımdan sonra onu hayata geçirmeye başladık. Hayata geçirirken zorlanmamız oldu. Onları da düzelterek ilerledik.* " şeklinde ifade ederken,

(Ö12) *"Öncelikler belgesel izledik, sonrasında onunla ilgili notlar aldık. Hayvanların özelliklerini de not aldık. Sonrasında malzemeleri ayarladık. Tasarımın prototipini çizdik. Sonrasında malzemeleri ayarlayıp yapmaya başladık ve tasarımı oluşturduk."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %61,53'ü biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Prototip çizilmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) " *Prototip ve çizimler de yaptık. Tasarımımızın özelliklerini gösteren, tasarımımızın ne işe yarayacağını söyleyen prototip yaptık*." şeklinde ifade ederken,

(Ö8) *"İlk olarak yapacağımız projeyle ilgili bir belgesel izledik. Ardından yapacağımız projenin prototipini çizdik ve detaylıca yapacağımız projeyi böyle daha çok anlamaya çalıştık. Sonra projeyi yapmaya başladık."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,07'si biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Malzemelerin belirlenmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö11) "*Öncelikle yapacağımız konuyla ilgili araştırma yaptık. Sonrasında bu araştırmalar için not aldık. Sonrasında arkadaşlarımızla birlikte nasıl yapabileceğimize dair malzemeler ayarladık ve yapım aşamasına geçtik*" şeklinde ifade ederken,
(Ö7) *"Önce konumuzu belirledik. Sonra araştırma yaptık. Sonra bunları not aldık. Sonra bir prototip oluşturduk. Sonra onun prototip çizimini yaptık. Malzemeleri belirledik. Sonra da oluşturduk."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Belgesel izlenmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö2) "*İlk önce bir belgesel izledik. Sonra bilgilendirildik ve araştırmalar yaptık. En sonunda yapacağımız projenin taslağını çizdik, malzemeleri ayarlayıp projeyi yürürlüğe soktuk.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Hangi canlıdan ilham alınacağına karar verilmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö10) " *İlk önce araştırdık. Sonra canlılardan nerelerde faydalanabileceğimizi bulduk. Sonra çizim yaptık, sonra da uyguladık*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ikinci hedef "biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ikinci soru "Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan	Tasarımların doğa dostu olmasını sağlama	Ö2, Ö4, Ö5, Ö11, Ö12	5	%38,46
	Tasarımların daha sürdürülebilir olmasını sağlama	Ö2, Ö8, Ö11, Ö12	4	%30,76

uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Tasarım problemlerine pratik çözümler üretilmesini sağlama	Ö1, Ö3, Ö10, Ö13	4	%30,76
	Tasarımların daha dayanıklı ve işlevsel olmasını sağlama	Ö6, Ö7, Ö9, Ö10	4	%30,76
	Tasarımların daha yenilikçi olmasını sağlama	Ö8	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %38,46'sı tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair örneklerde "Tasarımların doğa dostu olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) "*Doğaya daha az zarar verecek tasarımlar yapabiliriz. Yani doğa ve çevreye daha yatkın tasarımlar yapabiliriz*." şeklinde ifade ederken,

(Ö4) "*Doğaya zararlı değil."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair ifadelerine dair örneklerde "Tasarımların daha sürdürülebilir olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) " *Doğadan çözümler aradığımızda daha yenilenebilir projeler çıkarırız ve bu projeler daha sürdürülebilir ve yenilikçi olur*." şeklinde ifade ederken

(Ö2) " *Tasarım geliştirirken doğadan ilham almak, tasarımın hem doğa dostu olmasını hem de daha sürdürülebilir olmasını sağlıyor*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair "Tasarım problemlerine pratik çözümler üretilmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö10) "*Bence doğada her şeyin bir çözümü var. Bu yüzden hem insanlara bir yandan kolaylık sağlamış olur hem de çok iyi çözümler üretmiş oluruz.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair "Tasarımların daha dayanıklı ve işlevsel olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) "*Yapının daha kullanışlı ve daha güzel görünmesini sağlar. Mesela Pekin Ulusal Stadyumu'nda kuş yuvalarından ilham alınmıştır. Bu yüzden bu stadyuma kuş yuvası adı da verilir.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajlarına dair "Tasarımların daha yenilikçi olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*Doğadan çözümler aradığımızda daha yenilenebilir projeler çıkarırız ve bu projeler de daha sürdürülebilir ve yenilikçi olur*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ikinci hedef "biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan üçüncü soru "Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4. 30. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajlarına dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Geliştirilecek tasarımların maliyetinin yükselmesi	Ö1, Ö2, Ö4, Ö6, Ö7, Ö9, Ö11, Ö12,	8	%61,53
	Her probleme uygun çözümün doğada bulunmaması	Ö5, Ö8, Ö13	3	%23,07
	Dezavantajı yoktur	Ö3, Ö10	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %61,53'ü tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajlarına dair ifadelerine dair örneklerde "Geliştirilecek tasarımların maliyetinin yükselmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Tasarımları geliştirirken Biyomimikriden faydalanarak bir şeyler yapmaya çalışırız ancak bunlar maliyetli olabilir*." şeklinde ifade ederken,

(Ö1) "*Bazı tasarımlarımızda tasarımımızın yapım maliyeti, yapacağımız ekipmanlar, alacağımız ekipmanlar, malzemeler çok maliyetli olabilir. Bu da bir dezavantaj sağlar.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajlarına dair "Her probleme uygun çözümün doğada bulunmaması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "Doğada çözümünü aradığımız şeyler sınırlı olabilir." şeklinde ifade ederken,

(Ö5) "*İstediğimiz şeyi tamamen elde edemeyebiliriz*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'si tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajlarına dair "Dezavantajı yoktur" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö10) "*Bence dezavantajları yoktur*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan üçüncü hedef "biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ilk soru "Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4. 31. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının insanlığa sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	İnsanların hayatını kolaylaştırma	Ö1, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13	9	%69,23
	İnsanların daha çevre/doğa dostu tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö1, Ö2, Ö7, Ö9	4	%30,76
	İnsanların sürdürülebilir tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö1, Ö4, Ö8	3	%23,07
	İnsanların daha yenilikçi tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö8	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %69,23'ü tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "İnsanların hayatını kolaylaştırma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) *"Mesela daha akıllı şeyler, akıllı telefon gibi daha farklı ve daha pratik şeyler yapmamızı sağlar."* şeklinde ifade ederken,

(Ö3) "*İnsanların hayatını kolaylaştırır. Mesela evlerin ısınma sistemleri sayesinde kışın ısı yalıtımı daha iyi olur*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların daha çevre/doğa dostu tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Tasarımlarımız doğa dostu olduğu için insanların daha fazla yaşaması ve daha temiz bir şekilde yaşaması için avantaj oluyor*." şeklinde ifade ederken,

(Ö7) "*Doğayı korur, daha çok enerji tüketir ve insanlık için biyomimikri faydalıdır.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların sürdürülebilir tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*İlk önce daha sürdürülebilir olmasını sağlar. Çevre daha temiz olur. Çünkü biyomimikri doğadan ilham almaktır.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların daha yenilikçi tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*İnsanlar daha yenilikçi projeler kullanmış olur. Doğadan ilham alındığı için daha sürdürülebilir projeler yapılmış olur*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan üçüncü hedef "Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ikinci soru "Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak doğaya ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4. 32. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Tasarımların daha doğa dostu olmasını sağlama	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13	11	%84,61
	Tasarımların daha sürdürülebilir olmasını sağlama	Ö2, Ö8, Ö12	3	%23,07
	Tasarımlarda yenilenebilir enerjinin kullanılmasını sağlama	Ö7, Ö8	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %84,61'i tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların daha doğa dostu olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) "*Dışarıdan baktığımızda ormanlar güzel gözükür örneğin onlardan ilham alarak çevre dostu binalar yapılabilir ve bu sayede doğa korunmuş olur.*" şeklinde ifade ederken,

(Ö1) "*Biyomimikri temelli tasarımlar zaten doğadan ilham aldığı için sürdürülebilir ve doğa dostu şekilde yapılır. Bu nedenle doğa için daha az tehlike arz etmiş oluyor ve bu da bize yarar sağlıyor*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %23,07'si tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın doğaya sağladığı katkılara dair "Tasarımların daha sürdürülebilir olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö12) "*Daha sürdürülebilir ve daha çevre dostu, canlılara da zarar vermeyecek bir tasarım ortaya koyarız*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın doğaya sağladığı katkılara dair "Tasarımların yenilenebilir enerjinin kullanılmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*Tabii ki yenilenebilir ve sürdürülebilir projeler tasarlanmış olur. Örneğin rüzgar türbinini düşünelim. Kanatlarıyla sürtünmeyi azaltıyor kambur balinalardan ilham alma sayesinde. Böylece daha fazla enerji elde etmemizi sağlıyor*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan üçüncü hedef "Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ikinci soru "Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.33' de verilmiştir.

Çizelge 4. 33. Deney grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Çevrenin temiz kalmasını sağlama	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9	8	%61,53
	Çevrenin korunmasını sağlama	Ö10, Ö11, Ö12, Ö13	4	%30,76
	Çevrenin sürdürülebilirliğine katkı sağlama	Ö1, Ö8	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %61,53'ü tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Çevrenin temiz kalmasını sağlama " şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) "*Birçok şey. Mesela hava kirliliği sorunu çözülür. Aynı şekilde su ve toprak kirliliği de. Güzel ve çevre dostu şehirler olur*." şeklinde ifade ederken,

(Ö2) "*Çevreyi ilk olarak temiz tutar. Doğa dostu olarak projelerimizi yürütürsek çevre asla zarar görmez.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın çevreye sağladığı katkılara dair "Çevrenin korunmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö10) "*Çevrede ağaçların kesilmesi ve canlıların öldürülmesi önlenir. Hayvanların ve doğanın tahrip edilmesini önler*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmanın çevreye sağladığı katkılara dair "Çevrenin sürdürülebilirliğine katkı sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*Yine tabii ki sürdürülebilir ve yenilenebilir projeler yapmış oluruz. Daha az hava kirliliği olur çünkü doğadan ilham alıyoruz*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan dördüncü hedef "Biyomimikri temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi" kapsamında yer alan soru "Biyomimikri temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.34' de verilmiştir.

Çizelge 4. 34. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi	Evet, etkisi olacak	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12, Ö13	10	%76,92
	Kararsızım	Ö9, Ö11	2	%15,38
	Hayır, etkisi olmayacak	Ö4	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %76,92'si biyomimikri temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerindeki etkisine dair ifadelerine ait örneklerde "Evet, etkisi olacak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö12) "*Düşünüyorum çünkü biyomimikri ile ilgilenirken pek çok alanla da ilgilendik. Teknolojiden yararlandık, mühendislikten yararlandık, çizim yaptık vs. Bu yüzden ilerideki meslek seçiminde bana daha kolaylık sağlayacağını ve bu alanda çalışma yaptığım için deneyimim olacağını düşünüyorum*." şeklinde ifade ederken;

(Ö1) "*Tabiki de düşünüyorum. Yaptığım çalışmalar sayesinde doğa hakkında çok bilgi sahibi olduk. Bu doğa hakkında almış olduğum bilgiler gelecekte meslek seçimim için etkili olacak diye düşünüyorum."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadelere dair "Kararsızım" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) *"Şimdilik bilmiyorum, meslek seçimimde etkili olabilir de olmayabilir de, şimdilik kararsızım"* şeklinde ifade ederken

(Ö11) "*Çok etkisi olacağını düşünmüyorum ama biyomimikri ile yaptığımız etkinliklerde el becerimin geliştiğini düşünüyorum. Ayrıca pek çok insan karşısına çıkıp konuşma yaptık ve bu benim diksiyonumu da geliştirdi meslek seçimimde yararı olmasa da katıldığım alanlarda veya etkinliklerde bana kolaylık sağlayacağını düşünüyorum."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u biyomimikri temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadelere dair "Hayır, etkisi olmayacak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) *"Düşünmüyorum, çünkü ileride tarih ile ilgilenmek istiyorum."* şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan beşinci hedef "Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular" kapsamında yer alan soru "Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.35' de verilmiştir.

Çizelge 4. 35. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Bir tasarım ortaya koymak	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö12, Ö13	7	%53,84
	Canlılar ile ilgili araştırmalar yapmak	Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö12	6	%46,15
	İş birliği içerisinde çalışmak	Ö2, Ö3, Ö7, Ö8, Ö11,	5	%38,46
	Prototip çizim yapmak	Ö7, Ö13	2	%15,38

	Canlılar ile ilgili belgesel izlemek	Ö1	1	%7,69

Deney grubu öğrencilerinin %53,84'ü biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığı durumlar üzerine ifadelere dair "Bir tasarım ortaya koymak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) " *Tasarlamayı seviyorum ben. Tasarlamak çok eğlenceli. Araştırıp mesela belirli bir özellikleri kullanıp, bitki ve hayvanların özelliklerini uygun yerlerde kullanmayı ve tasarlamayı seviyorum*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %46,15'i biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadelerine ait örneklerde "Canlılar ile ilgili araştırma yapmak*"* şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) *"Özellikle kambur balinaların bilimsel ismi ile ilgili araştırmalar beni çok eğlendirdi.*" şeklinde ifade ederken,

(Ö6) "*Tasarlamak çok eğlenceli, canlıların özelliklerini araştırıp bazı bitkilerin belirli özelliklerini alıp onları uygun yerlere koymayı ve tasarlamayı seviyorum.*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %38,46'sı biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumlar üzerine ifadelere dair "İş birliği içerisinde çalışmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Arkadaşlarımla projeler yaparken, tasarımlar yaparken çok keyif alıyorum. Beraber yapınca eğlenceli olmuş oluyor*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadelerine ait örneklerde "Prototip çizim yapmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö7) "*Örneğin arkadaşlarımla proje yaparken mutlu oluyorum. Sonra araştırmalar bana keyifli geliyor. Prototip çizmek de aynı şekilde*." şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %7,69'u biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadelerine ait örneklerde "Canlılar ile ilgili belgesel izlemek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Biyomimikri gibi tasarımlarımı gerçekleştirirken ilk önce öğretmenlerimle ve arkadaşlarımla izlediğim belgeseller, sonra projeyi yürütürken geçirdiğimiz keyifli anlar benim en keyif aldığım anlardı*." şeklinde ifade etmiştir.

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan beşinci hedef "Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular" kapsamında yer alan ikinci soru "Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.36' da verilmiştir.

Çizelge 4. 36. Deney grubu öğrencilerinin biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olmadığı/keyif almadığı durumlara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Keyif almadığım/zorlandığım durum yok	Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö10	5	%38,46
	Tasarım oluşturma süreci	Ö2, Ö3, Ö8, Ö12	4	%30,76
	Tasarım sürecinin uzun sürmesi	Ö1, Ö11	2	%15,38
	Tasarım üzerine araştırma yapılması	Ö9, Ö13	2	%15,38

Deney grubu öğrencilerinin %38,46'sı biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olmadığı/keyif almadığı durumlara dair ifadelerine ait örneklerde "Keyif almadığım/zorlandığım durum yok*"* şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) "*Keyif almadığım bir durum yok açıkçası"* şeklinde ifade ederken,

(Ö5) "*Zorlandığım durum genelde olmadı, sadece bazen kafam karışabiliyor yani unutabiliyorum ne yapacağımızı"* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %30,76'sı biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken öğrenciler mutlu olmadığı/ keyif almadığı durumlar üzerine "Tasarım oluşturma süreci" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Maketi yaparken bazı şeyleri tek başımıza yapamadım*." şeklinde ifade ederken,

(Ö8) "*Projeyi yaparken arada böyle yapamadığımız, zorlandığımız, aksilik yaşadığımız yerler oldu. O anlarda tabii ki de biraz keyifsizliğimiz oldu ama yine de güzel geçti."* şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken öğrenciler mutlu olmadığı/ keyif almadığı durumlar üzerine "Tasarım sürecinin uzun sürmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Uzun sürmesi diyebilirim*" şeklinde ifade ederken,

(Ö11) "*Bazı tasarımlarımızı yetiştirmek için stres altında olabiliyoruz, bu da bizi biraz rahatsız ediyor ve zorluyor bizi*" şeklinde ifade etmiştir.

Deney grubu öğrencilerinin %15,38'i biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken öğrenciler mutlu olmadığı/ keyif almadığı durumlar üzerine "Tasarım üzerine araştırma yapılması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) "*Böyle mesela bazı sitelerden araştırma yapılmasını istemedim çünkü bu siteleri herkes bulabiliyor orada yanlış bilgiler de var arkadaşlarımı farklı kaynaklardan araştırmalarını söylemekte zorlandım*" şeklinde ifade etmiştir.

4.3.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Nitel Bulgular

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ilk hedef "tersine mühendislik kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi" dir. Bu kapsamda yer alan ilk soru "Tersine mühendislik kavramını nasıl tanımlarsınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4. 37. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik kavramı tanımları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik kavramına yönelik	Bir ürünü parçalarına ayırıp, parçaları daha kullanışlı hale getirerek birleştirmek	Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö12	6	%50
	Bir ürünü iyileştirmek/geliştirmek	Ö1,Ö4, Ö5, Ö9,	4	%33,33
	Bir ürünü daha kullanışlı hale getirmek	Ö5, Ö10	2	%16,66

farkındalığın belirlenmesi	Bir ürünü insanlara fayda sağlayacak şekilde geliştirmek	Ö2, Ö10	2	%16,66
	Bir ürünün ortaya çıkış sürecini kavramaya çalışmak	Ö11	1	%8,33

Kontrol grubu öğrencilerinin %50'si tersine mühendislik kavramına dair tanımlarında, tersine mühendislik kavramını "Bir ürünü parçalarına ayırıp, parçaları daha kullanışlı hale getirerek birleştirmek " şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Bir tane böyle modeli, eşyayı böyle alıyoruz. Parçalarını falan ayırarak tekrar daha kullanışlı hale getirerek birleştiriyoruz.*" şeklinde ifade ederken;

(Ö6) " *Aslında tersine mühendislik parçalarına ayırıp her bir parçanın ne işe yaradığını öğrenmemiz. Sonrasında ise eksiklikleri bulup o eksikler üzerine yönelmemiz diyebiliriz.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik kavramı tanımına dair "Bir ürünü iyileştirmek/geliştirmek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Verilen bir ürünü daha da geliştirmek*" şeklinde ifade ederken,

(Ö9) " *Tersine mühendislik kavramı bir ürünün eksik yanlarında iyileştirmeler yaparak tasarlamak. Yani insan yararını daha çok etkileyecek şekilde.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tersine mühendislik kavramı tanımına dair "Bir ürünü daha kullanışlı hale getirmek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) "*Tersine mühendislik kavramı bir şeyin, bir icadın ya da buluşun daha iyisini ya da daha kullanışlı versiyonunu nasıl yapabileceğimiz alanında çalışmalardır olarak anlatabilirim*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tersine mühendislik kavramını "Bir ürünü insanlara fayda sağlayacak şekilde geliştirmek" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) " Bana göre tersine mühendislik kavramı insanların genel ihtiyaçlarını tamamen yeteri kadar karşılayabilecek bir kavramdır." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü Tersine mühendislik kavramı tanımına dair "Bir ürünün ortaya çıkış sürecini kavramaya çalışmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö11) "*Tersine mühendislik, var olan bir ürünün nasıl tasarlandığını ve üretildiğini anlama sürecidir. Ya da bir başka deyişle bir ürünün son halinden başlayarak nasıl ortaya çıktığını anlamaya çalışmak, sonrasında da yeni özellikler eklemek denilebilir."* şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ilk hedef "tersine mühendislik kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi" dir. Bu kapsamda yer alan ikinci soru "Tersine mühendislik temelli oluşturulan tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4. 38. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamaları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik kavramına yönelik farkındalığın belirlenmesi	Tersine mühendislik temelli tasarımlar ekonomik olmalıdır	Ö1, Ö2, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10	7	%58,33
	Tersine mühendislik temelli tasarımlar çevre dostu olmalıdır	Ö3, Ö6, Ö8, Ö9, Ö12	5	%41,66
	Tersine mühendislik temelli tasarımlar yenilikçi olmalıdır	Ö4, Ö9, Ö11	4	%33,33
	Tersine mühendislik temelli tasarımlar kullanışlı olmalıdır	Ö1, Ö3, Ö5, Ö8	4	%33,33
	Tersine mühendislik temelli tasarımlar dayanıklı olmalıdır	Ö7, Ö8, Ö9	3	%25
	Tersine mühendislik temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalıdır	Ö11	1	%8,33

Kontrol grubu öğrencilerinin %58,33'ü tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar ekonomik olmalıdır" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Daha ekonomik, daha ucuz ve daha kullanılabilir olmalıdır*" şeklinde ifade ederken,

(Ö2) "*Ekonomik ve birçok yerden tasarruf etmeyi sağlayan yapılar olmalıdır*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %41,66'sı tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar çevre dostu olmalıdır" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6)"*Yani ilk önce kesinlikle çevreye zararsız olmalıdır. İnsanların yararına olacak şeyler olması da gerekli bir özelliktir. Aslında yenilikçi özelliklere de sahip olması gerekiyor. Çünkü buradaki asıl amaç bir şeyleri geliştirmek, daha yenilikçi yapmak.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar yenilikçi olmalıdır." şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) "*Daha yenilikçi yani önceden daha özgün fikirlere sahip olmalıdır. Yani öncekilere benzer ama asla aynı olmayan*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar kullanışlı olmalıdır." şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Çevre dostu ve eskisinden daha kullanışlı olmalıdır*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar dayanıklı olmalıdır." şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö7) "*Her insanın ulaşabilmesi için düşük bütçeli olması gerekir. Dayanıklı olmalı çünkü dayanıksız olursa sürekli alınması gerekir bu da düşük bütçeli olmasının bir anlamı kalmaz*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tersine mühendislik temelli tasarımların sahip olduğu özelliklere ilişkin tanımlamalarında "Tersine mühendislik temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalıdır." şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö11) "*Zaten tersine mühendislik mevcut ürünü geliştirmek veya artık şansı kalmamış bir parçayı yeniden üretmek olduğu için aslında zaten direkt sürdürülebilir bir tasarım yapmış oluyoruz."* şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan ikinci hedef "tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ilk soru "Tersine mühendislik temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4. 39. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıkları

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Ürünün parçalarına ayrılıp her bir parçasının araştırılması/incelenmesi	Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12	10	%83,33
	Ürünün oluşturulması	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö11, Ö12	8	%66,66
	Prototip çizilmesi	Ö2, Ö4, Ö5, Ö9, Ö10	5	%41,66
	Malzemelerin belirlenmesi	Ö2, Ö6, Ö7, Ö9, Ö11	5	%41,66
	Çalışma kağıdına notlar alma	Ö1, Ö9, Ö10	3	%25

Kontrol grubu öğrencilerinin %83,33'ü tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Ürünün parçalarına ayrılıp her bir parçasının araştırılması/incelenmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) " *İlk önce her şeyi ayrılabileceğimiz kadar parçalara ayırdık ve hepsini inceledik. Sonrasında ekleyebileceğimiz özellikler hakkında konuşup fikirler arasında elemeler yaptık. Daha sonrasında da gerekli eşyaları temin ederek projemizi maket haline getirmeye başladık*." şeklinde ifade ederken,

(Ö7) "*İlk önce parçalarına ayırdık. Sonra bir araştırma yaptık. Malzemelere karar verdik. Ne tür yenilikler yapacağımıza karar verdik. Ve en sonunda model haline getirdik."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %66,66'sı tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Ürünün oluşturulması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) "*İlk önce araştırdık, nasıl yapabileceğimize falan baktık, konuştuk arkadaşlarımızla, aklımızda bir şey geliştirdik ve ürünü oluşturdu*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %41,66'sı tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Prototip çizilmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö10) "*Tersine mühendislikte şöyle bir şey var. İlk önce araştırma yaparız. Sonra eğer bir grubumuz varsa grup içerisinde bir tartışma yapar ve yapacağımız şeyleri karşılaştırırız. Ve en sonunda yapacağımız şeyi bölümlere ayırarak, her bir görev alarak birbirimizi yaparız. Prototip oluşturmayı kağıt üzerine yaptık ve en son halini çizdik. Bunun yanı sıra prototipi yaparken üç boyutlu olmasına ve dayanıklı olmasına dikkat ettik*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %41,66'sı tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Malzemelerin belirlenmesi" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) "*İlk başta yapacağımız şey üzerinden araştırmalar yaptık ve o yapacağımız şeyin prototipini inceledik. İşte malzemelerini ayırdık, malzemelerine baktık ve çalışma kağıtlarımızı doldurduk. Daha sonra da bütün grup adına dağılımlar yaparak yani malzeme dağılımları falan yaparak yapmaya başladık*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalıklarına dair örneklerde "Çalışma kağıdına notlar alma" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*İlk başta ürünlerin nasıl özellikleri olduğunu araştırdık. Ardından bir liste vardı çalışma kağıdı oraya yazdık. Model haline getirdik."* şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan üçüncü hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular" kapsamında yer alan birinci soru "Tersine mühendislik temelli

uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.40' da verilmiştir.

Çizelge 4. 40. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumlara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Grup içerisinde iletişim halinde olmak	Ö1, Ö2, Ö5, Ö9	4	%33,33
	Bir tasarım ortaya koymak	Ö2, Ö3, Ö6, Ö10	4	%33,33
	İş birliği içerisinde çalışmak	Ö1, Ö2, Ö4	3	%25
	Her bir parçanın sökülüp incelenmesi	Ö8, Ö12	2	%16,66
	Prototip çizim yapmak	Ö7, Ö8	1	%8,33
	Mühendislik temelli uygulamalar yapmak	Ö11	1	%8,33

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "Grup içerisinde iletişim halinde olmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Keyif aldığım durumlar arkadaşlarımla birlikte yapmam. Birlikte onlarla sohbet etmem. Ve onlara danışıp onlardan yardım almam. Aynı şekilde onların da benden yardım alması. O çok keyif aldığım bir durum oldu. Keyif almadığım bir durum da yok."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "Bir tasarım ortaya koymak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Modeli yaparken bayağı keyif aldım*." şeklinde ifade ederken,

(Ö6) "*Yani bakıldığında maket yapmaktan keyif alırım. Bu nedenle maket yapmak eğlenceli geçmişti*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "İş birliği içerisinde çalışmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) "*Sonuçta arkadaşlarımda vakit geçirdim, her türlü eğlendim. Bir şeyler de öğrendik aynı zamanda."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "Grup içerisinde iletişim halinde olmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö12) "*Tersine mühendislikte ben en çok şeyde mutlu oluyorum, bu parçaları incelerken yeni bir şeyler öğreniyoruz ve parçaları başka hangi projelerde kullanabileceğimizi belirliyoruz ve en güzel kısmı bence parçaları sökmek.."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "Prototip çizim yapmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö7) "*Ben daha çok çizimlerde falan, ölçümlerde yardım ettim. Birçok şeyle yardım ettim de daha çok model çıkarmalar, prototip ve ölçümlerde falan yaptım ve bu da benim hoşlandığım şeyler."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğu/keyif aldığı durumları "Mühendislik temelli uygulamalar yapmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö11) "*Yani genellikle motor veya pil yatakları gibi malzemelerle mühendisler gibi işler yapmak. Ben bu işlerde fena değilim."* şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan üçüncü hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular" kapsamında yer alan ikinci soru "Tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.41' de verilmiştir.

Çizelge 4. 41. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumlara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Çalışma kağıdına notlar almak	Ö7, Ö9, Ö10, Ö12	4	%33,33
	Tasarımın planlanması	Ö4, Ö8, Ö11	3	%25
	Zorlandığım/keyif almadığım durum yok	Ö1, Ö2, Ö3	3	%25
	Araştırma yapmak	Ö6	1	%8,33
	Grup içi motivasyonun düşük olması	Ö5	1	%8,33

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumları "Çalışma kağıdına notlar almak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö9) " *Çalışma kağıdını doldururken düzgün cümleler kurmak biraz sıkıcıydı aslında.*" şeklinde ifade ederken,

(Ö10) "*Yazı yazmak ve çalışma kağıdını doldurmak gibi şeylerden hiç hoşlanmam.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumları "Tasarımın planlanması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*Benim zorlandığım kısım genellikle elimizde olan malzemelerle incelediğimiz şeyi yapıp bir ürün yapmayı hayal etmek*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumları "Zorlandığım/keyif almadığım durum yok" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Keyif almadığım durum yoktu*." Şeklinde ifade ederken Ö3 "*Keyif almadığım o kadar da şey yoktu.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumları "Araştırma yapmak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) "*Araştırma yaparken biraz sıkılmıştım.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığı/keyif almadığı durumları "Grup içi motivasyonun düşük olması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) "*Keyif almadığım durumlar bazı kişilerin çok fazla istekli olmamasıydı.*" şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan dördüncü hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan birinci soru "Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız? " şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4. 42. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının insanlığa sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	İnsanların daha kullanışlı/işlevsel tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö9, Ö12	7	%58,33
	İnsanların daha ekonomik tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö1, Ö2, Ö5, Ö7, Ö10	5	%41,66
	İnsanların günlük yaşam problemlerine çözüm üretecek tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö8, Ö11	2	%16,66
	İnsanların daha doğa/çevre dostu tasarımlar elde etmesini sağlama	Ö3	1	%8,33

Kontrol grubu öğrencilerinin %58,33'ü Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların daha kullanışlı/işlevsel tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö5) "*İnsanlara bir şeyi daha hızlı yapabilmek konusunda ya da daha iyi düşünebilmek konusunda yardımcı olabilir veya tasarruf sağlar.*" şeklinde ifade ederken,

(Ö6) "*Mesela çok yer kaplayacak bir şeyi daha minimal yaptığımızda yer tasarrufu açısından bayağı bir tasarruf edebiliriz. Ya da güneş paneli ve enerji üreten aletlerden yardım alarak yapılan projeler insanların enerji ihtiyacını falan karşılayabilir*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %41,66'ü Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların daha ekonomik tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö1) "*Daha ekonomik olduğu için bütçeye katkı sağlar. Hafif olacağı ve çok alan kaplamadığı için zorluk da olmaz*." şeklinde ifade ederken,

(Ö2) "*Şu gibi avantajlar sağlayabilir. Ekonomik açıdan daha tasarruflu olabilir ve aynı zamanda vakit de kazandırabilir insanlığa*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların günlük yaşam problemlerine çözüm üretecek tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö8) "*Zaten insanların problemlerine karşılık olarak bir tasarım yapıyorum ve problemlerini çözmüş oluyorum*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %8,33'ü tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmanın insanlığa sağladığı katkılara dair "İnsanların daha doğa/çevre dostu tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö3) "*Mesela eski modelde çevreye daha fazla zarar verirken yeni yaptığımız daha az zarar veriyor olabilir*." şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan dördüncü hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan ikinci soru "Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak doğaya ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız? " şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.43' de verilmiştir.

Çizelge 4. 43. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine Mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Tasarımların yenilenebilir enerjiyi kullanmasını sağlama	Ö1, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12	8	%66,66
	Tasarımların daha doğa dostu olmasını sağlama	Ö2, Ö4, Ö5, Ö8, Ö6, Ö12	6	%50
	Tasarımların daha kullanışlı/işlevsel olmasını sağlama	Ö9, Ö10	2	%16,66

Kontrol grubu öğrencilerinin %66,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların yenilenebilir enerjiyi kullanmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö7) "*Normal enerjiyi kullanmasak da işte yenilenebilir enerjiyi kullandık, bu da doğada tükenmeyen bir şeyleri kullanmış olduk.*" şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %50'si tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların daha doğa dostu olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö6) "*Az önce dediğim gibi güneş paneli gibi enerji üreten aletler kullanarak doğal faktörlerden enerji üretebiliriz. Bu da doğaya katkı sağlayabilir*." şeklinde ifade ederken,
(Ö5) "*Doğanın daha zengin kalmasını sağlar. Doğal güzellikleri korur. Ayrıca doğada zaman geçirebilecek kişilerin yani sıradaki soylarımızın doğayla daha uygun ve bütün olarak yaşamalarını sağlar*." şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının doğaya sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların daha kullanışlı/işlevsel olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö9) "*Tabiki de tersine mühendislikte eksik parçaları inceleyip yeni eklemeler yapıyoruz. Bu eklemeler de genellikle daha dayanıklı şeyler oluyor*." şeklinde ifade etmiştir.

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan dördüncü hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık" kapsamında yer alan üçüncü soru "Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız? " şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.44' de verilmiştir.

Çizelge 4. 44. Kontrol grubu öğrencilerinin tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine Mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Tasarımların daha kullanışlı/işlevsel olmasını sağlama	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9,	8	%66,66
	Tasarımların daha çevre dostu olmasını sağlama	Ö1, Ö2, Ö3, Ö10, Ö11	5	%41,66
	Tasarımlarda yenilenebilir enerjiyi kullanmayı sağlama	Ö5, Ö12	2	%16,66

Kontrol grubu öğrencilerinin %66,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların daha kullanışlı/ işlevsel olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö5) "*Alan bakımından yarar sağlar, daha kullanışlı ve enerjiyi daha verimli kullanmak gibi katkılar sağlar."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %41,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların daha çevre dostu olmasını sağlama" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,
(Ö2) *"Bütün çevre dediğim gibi hem doğaya zarar vermez hem de insanlığın günlük hayatta kullandığı terimleri yani ekonomik faaliyetler adına daha tasarruflu ve iyi olarak karşımıza çıkarır."* şeklinde ifade ederken,

(Ö1) *"Yine alandan tasarruf sağlar. Hem insanlığa hem de doğaya fosil yakıt kullanımını azaltır. Böylece doğa kirlenmez veya insanlar nefes zorluğu çekmez."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmalarının çevreye sağladığı katkılara dair ifadelerine ait örneklerde "Tasarımların yenilenebilir enerjiyi kullanmasını sağlaması" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik yarı-yapılandırılmış görüşme formunda yer alan beşinci hedef "Tersine mühendislik temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi" kapsamında yer alan soru "Tersine mühendislik temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?" şeklindedir. Soru üzerine verilen cevaba ait kodlar Çizelge 4.45' de verilmiştir.

Çizelge 4. 45. Kontrol grubu öğrencilerinin tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi üzerine ifadeleri

Kategori	Görüşlere ait kodlar	Katılımcı	f	%
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi	Evet, etkisi olacak	Ö2, Ö3, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12	6	%50
	Hayır, etkisi olmayacak	Ö1, Ö6, Ö7, Ö9	4	%33,33
	Kararsızım	Ö4, Ö5,	2	%16,66

Kontrol grubu öğrencilerinin %50'si tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerindeki etkisine dair ifadelerine ait örneklerde "Evet, etkisi olacak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö2) "*Evet düşünüyorum. Çünkü bu sayede bazı sorunlar karşısında daha çabuk fikir bulmayı ve o fikri geliştirirken fikrin üzerinde de bazı eksiklerini tamamlamayı öğrenmiş olduk bu aşamada."* şeklinde ifade ederken,

(Ö8) *"Tabiki de. Çünkü örneğin tersine mühendislik ile birlikte elinizde mesela bir şey olarak yer düşünelim. Bir şeyin üstüne bir şeyler ekliyoruz. O yüzden ben ileride de gerçekten etkili olacağını düşünüyorum."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %33,33'ü tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerindeki etkisine dair

ifadelerine ait örneklerde "Hayır, etkisi olmayacak" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö6) *"Açıkçası pek düşünmüyorum çünkü ileride seçeceğim meslekle pek ilişkilendiremiyorum."* şeklinde ifade ederken,

(Ö9) "*Düşünmüyorum aslında zaten kafamda çünkü belirli meslekler var o yüzden tersine mühendisliğin herhangi bir katkı sağlayacağını pek düşünmüyorum."* şeklinde ifade etmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinin %16,66'sı tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen uygulamaların ileriye yönelik meslek seçimlerindeki etkisine dair ifadelerine ait örneklerde "Kararsızım" şeklinde ifade etmiştir. Öğrencilerden,

(Ö4) "*Olabilir yani güzeldi gayet ama bilemiyorum şimdilik."* şeklinde ifade etmiştir.

4.4. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırma süresince, araştırmacı tarafından hazırlanan ve deney grubuna uygulanan "Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıdı" ve kontrol grubuna uygulanan "Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıdı"ndan elde edilen veriler Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş ve çalışma kağıtlarına ilişkin bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

4.4.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Biyomimikri temelli uygulamalara yönelik geliştirilen çalışma kağıtlarına öğrencilerin verdiği cevaplar mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubrikleri bağlamında değerlendirilmiştir. Çalışma kağıtları uygulama sürecinin başından sonuna öğrencilere eşlik etmiştir. Süreç tanımlanmamış, bir ürün veya çözüm geliştirilmemiş ise öğrenci 0 puan; süreç tanımlanmış, bir ürün veya çözüm geliştirilmiş ise 1 puan; süreç tüm detaylarıyla ve açıkça tanımlanmış, ürün veya çözüm en az 2 veya 3 adet geliştirilmiş ise tam puan (2 puan) almıştır. Rubriğe dair detaylar Ek-6'da sunulmuştur.

4.4.1.1. “Kambur Balinalardan İlham Aldık!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

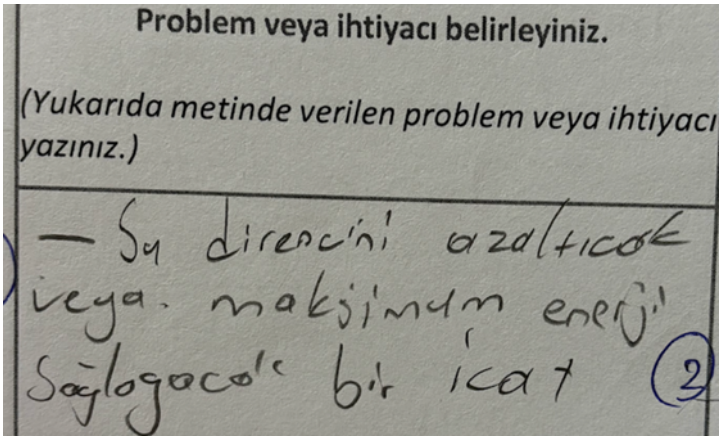
Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından ilki olan “Kambur Balinalardan İlham Aldık” etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur. Rubrikte bulunan her bir değerlendirme kriteri Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen “Biomimicry Design Spiral” bağlamında geliştirilen ders planları kapsamında kategorize edilmiştir. Örneğin rubrikte yer alan “Problem veya ihtiyacın tanımlanması” ve “Problem ihtiyaca yönelik araştırma yapılması” kriterleri Biyomimikri Tasarım Spirali kapsamında “Tanımlama” süreci kapsamında ele alınmıştır.

Çizelge 4. 46. "Kambur Balinalardan İlham Aldık" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Tasarım Süreci	Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Toplam Puan (X/26)
Tanımlama	*Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması*	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
	Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26
Biyolojikleştirme/ Keşfetme	*Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi*	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	22
Öz	*En İyi Çözümlerin Seçilmesi*	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	22
Benzemeye Çalışmak	*Prototip Oluşturulması*	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	24

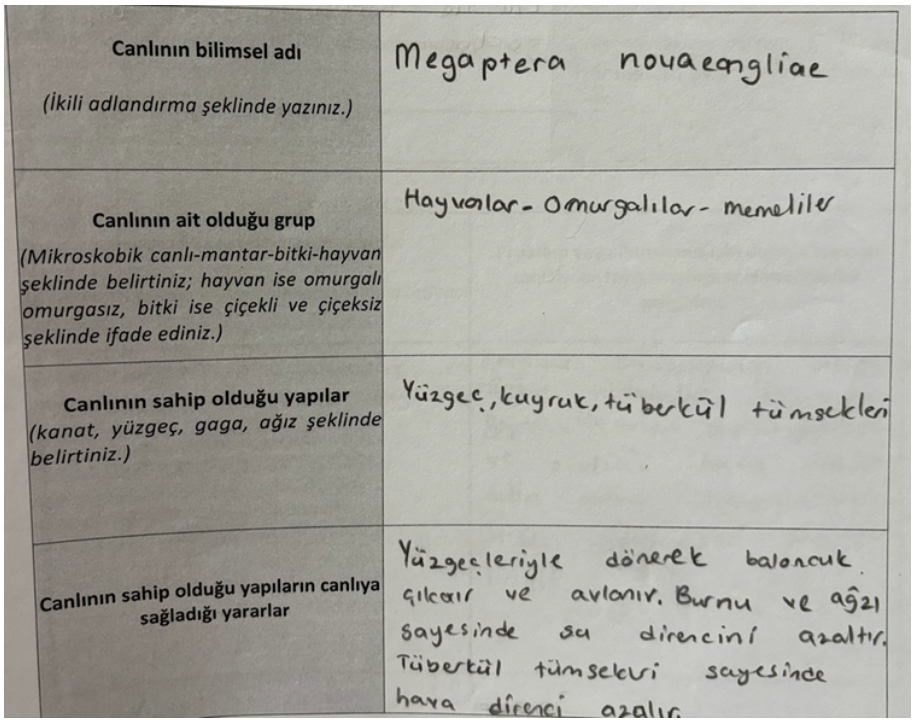
Değerlendirme	*Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi*	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	16
	Çözümlerin Paylaşılması	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	15
	Yeniden Tasarım	1	1	0	1	2	1	1	2	1	0	1	1	1	13
Toplam Puan (X/16)		11	13	10	13	14	14	13	15	13	10	12	13	12	

Çalışmaya katılan 13 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldığı puanlar Çizelge 4.46'da yer almaktadır. Çizelge 4.46 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 15 puan ile en yüksek puanı Ö8'in, en düşük puanı ise 10 puan ile Ö3 ve Ö10'un aldığı görülmektedir. Süreç sonunda tüm öğrenciler tasarım geliştirmiş veya bir prototipi ürün haline getirmiştir. Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 12,53' dür. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanın (26 puan) problemin ve ihtiyacın tanımlanması ve problem veya ihtiyaca yönelik araştırma yapılması kriterinden elde edildiği görülmektedir. Bu durum öğrencilerin dergi, makale, bilgisayar vb. ortamlarda araştırma yapmasına sunulan fırsat ile ilişkilendirilebilir. En düşük toplam puanın yeniden tasarım kriterinden alındığı ve bu durumun süreç sonunda öğrencilerin tasarımlarına dair iyileştirmeler yapmada yetersiz kaldıkları sonucu geliştiği düşünülmektedir. Uygulama sürecinde herhangi bir aksaklığın olmaması ve tüm öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



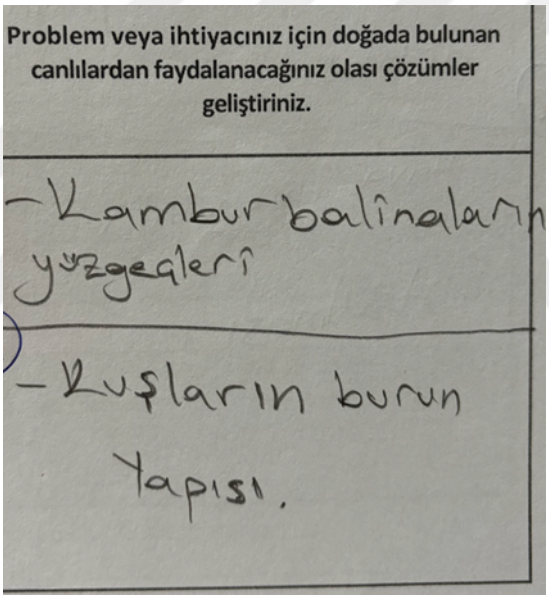
Şekil 4. 1. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.1'de Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö7 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP) kapsamında problemi veya ihtiyacı tüm detaylarıyla tanımlamış ve tam puan almıştır.



Şekil 4. 2. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

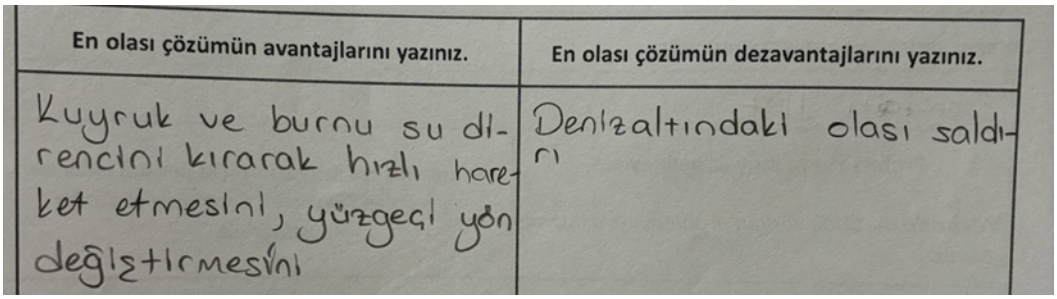
Şekil 4.2'de Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaca yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö6 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla tüm öğrenciler ilgili soru kapsamında tam puan almıştır.



Şekil 4. 3. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö11'in "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

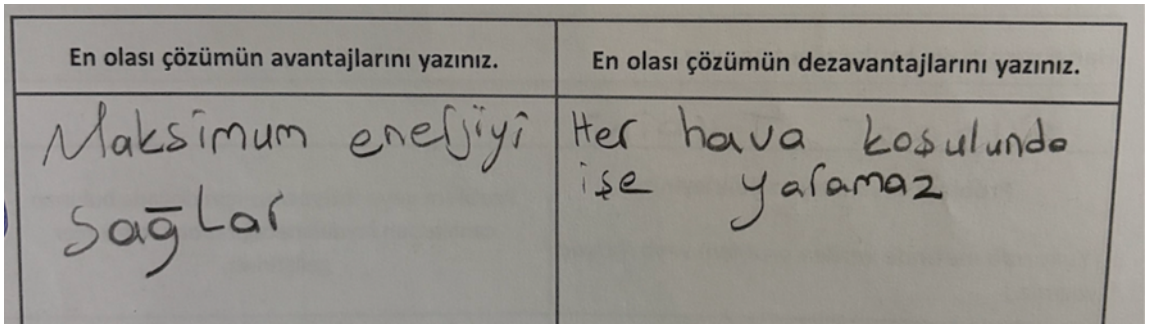
Şekil 4.3.'de Ö11'in "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan az sayıda (1 veya 2) çözüm geliştirilmiş ve Ö11 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci ilgili soru kapsamında

doğada bulunan canlılardan en az 1 veya 2 çözüm geliştirmiş ve dolayısıyla 0 puan alan öğrenci olmamıştır.

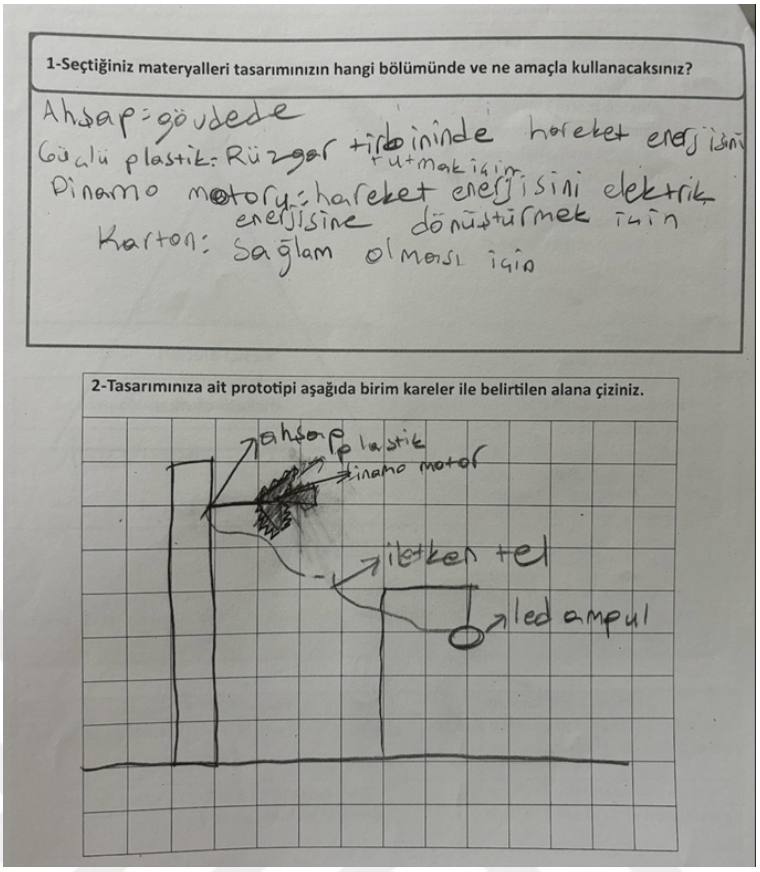


Şekil 4. 4. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.4' de Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları açıkça tanımlanmış ve Ö12 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır. Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajlarını yüzeysel olarak tanımlayan ve 1 puan alan öğrenci Şekil 4.5' deki gibi ifade etmiştir:

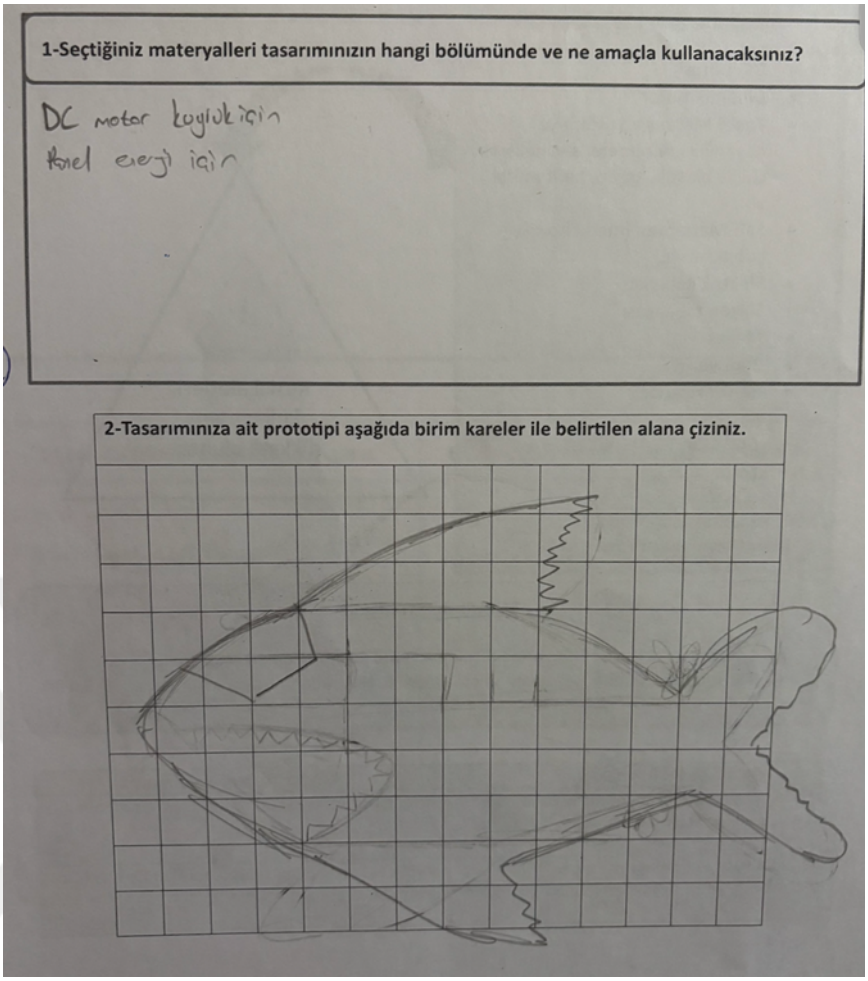


Şekil 4. 5. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö3'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

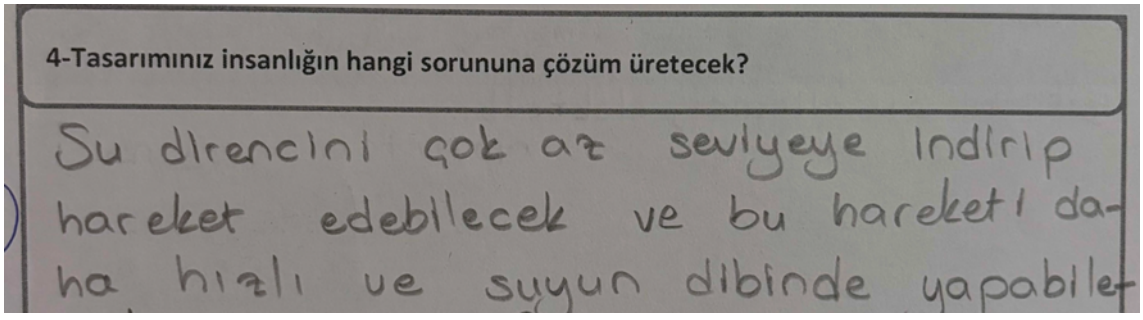


Şekil 4. 6. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö13'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.6'da Ö13'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö13 prototip için ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır. Prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanıp ilgili sorudan 1 puan alan öğrencinin cevabı Şekil 4.7'deki gibidir:



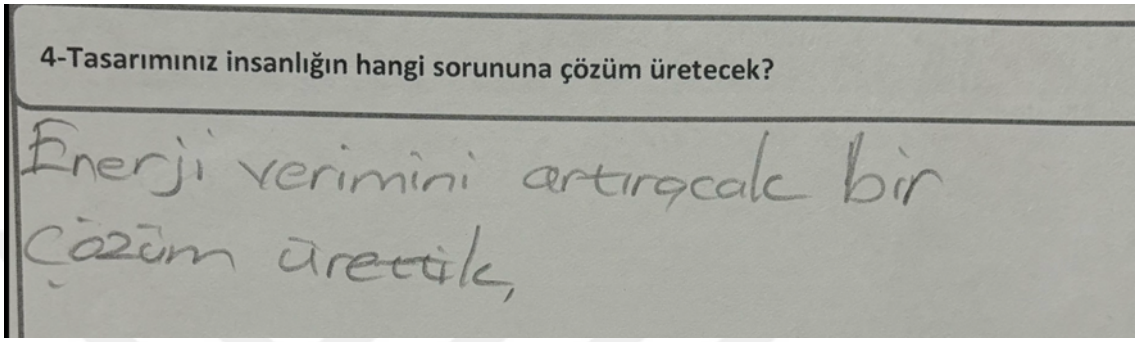
Şekil 4. 7. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö8'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları



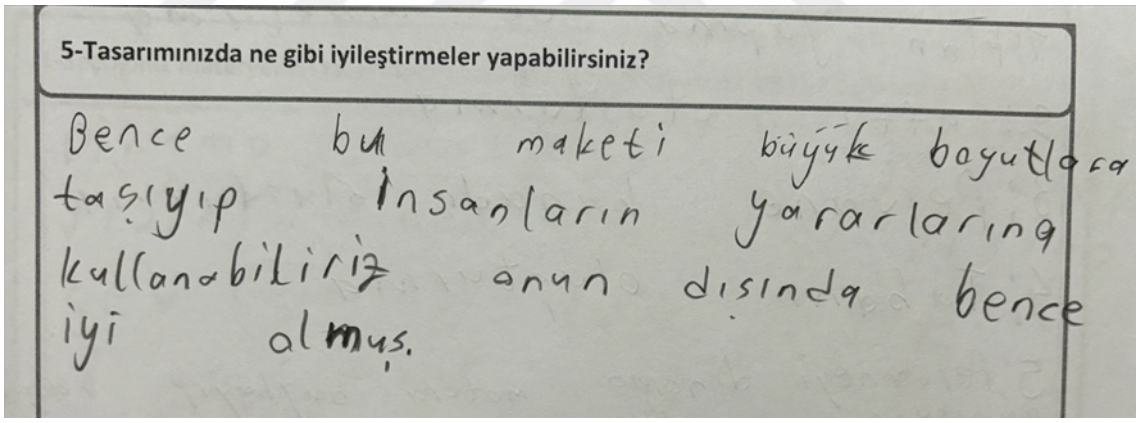
Şekil 4. 8. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö12'nin '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.8'de Ö12'nin "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan

rubrik bağlamında Ö12 tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş ve test sonuçları analiz edilmiştir. Dolayısıyla Ö12 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Bazı öğrenciler tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilip analiz edilmediğinden ilgili öğrenciler sorudan 1 puan almıştır. Ancak tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceğini test etmeyen herhangi bir öğrenciye rastlanmamıştır. İlgili sorudan 1 puan alan öğrencinin yanıtı Şekil 4.9'daki gibidir.



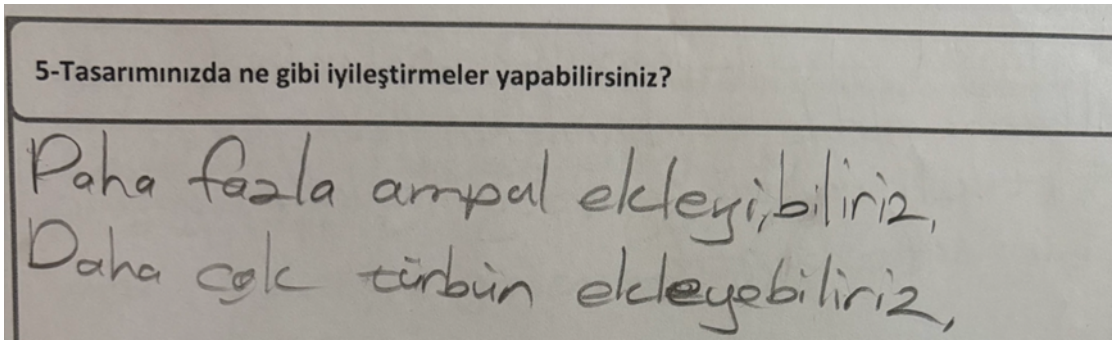
Şekil 4. 9. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları



Şekil 4. 10. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö10'un '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.10'da Ö10'un "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö10 tasarım için gerekli iyileştirmeleri detaylarıyla tanımlamış ve yapmıştır. Dolayısıyla ilgili soru kapsamında tam puan (2 puan) almıştır. Ö3 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmamış ve ilgili sorudan 0 puan almıştır. Tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapan ancak

detaylarıyla tanımlamayıp ilgili sorudan 1 puan alan öğrencilerden (Ö2) nin ifadesi Şekil 4.11'deki belirtilmiştir.



Şekil 4. 11. Kambur balinalardan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

4.4.1.2. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından ikincisi olan "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

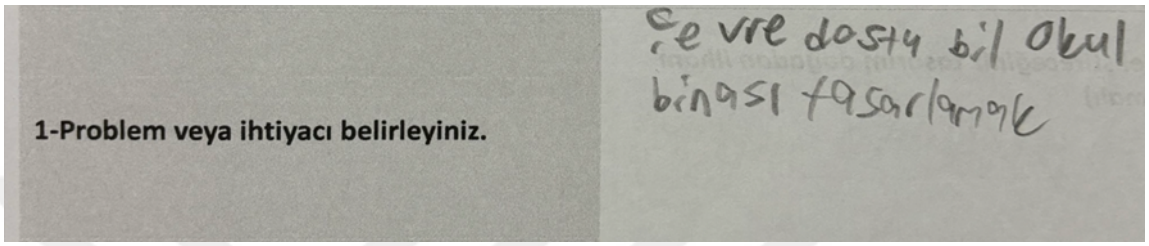
Çizelge 4. 47. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Tasarım Süreci	Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Toplam Puan (X/20)
Tanımlamak	*Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması*	-	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-	2	20
	Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	-	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-	2	20
Biyolojikleştirme/ Keşfetme	*Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi*	-	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-	2	20
Öz	*En İyi Çözümlerin Seçilmesi*	-	2	2	2	2	2	2	1	1	-	2	-	1	17

Benzemeye Çalışmak	*Prototip Oluşturulması*	-	2	2	1	1	1	1	2	2	-	2	-	2	16
Değerlendirme	*Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi*	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	2	12
	Çözümlerin Paylaşılması	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	1	11
	Yeniden Tasarım	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	10
Toplam Puan (X/16)		-	13	13	12	12	12	12	12	12	-	15	-	13	

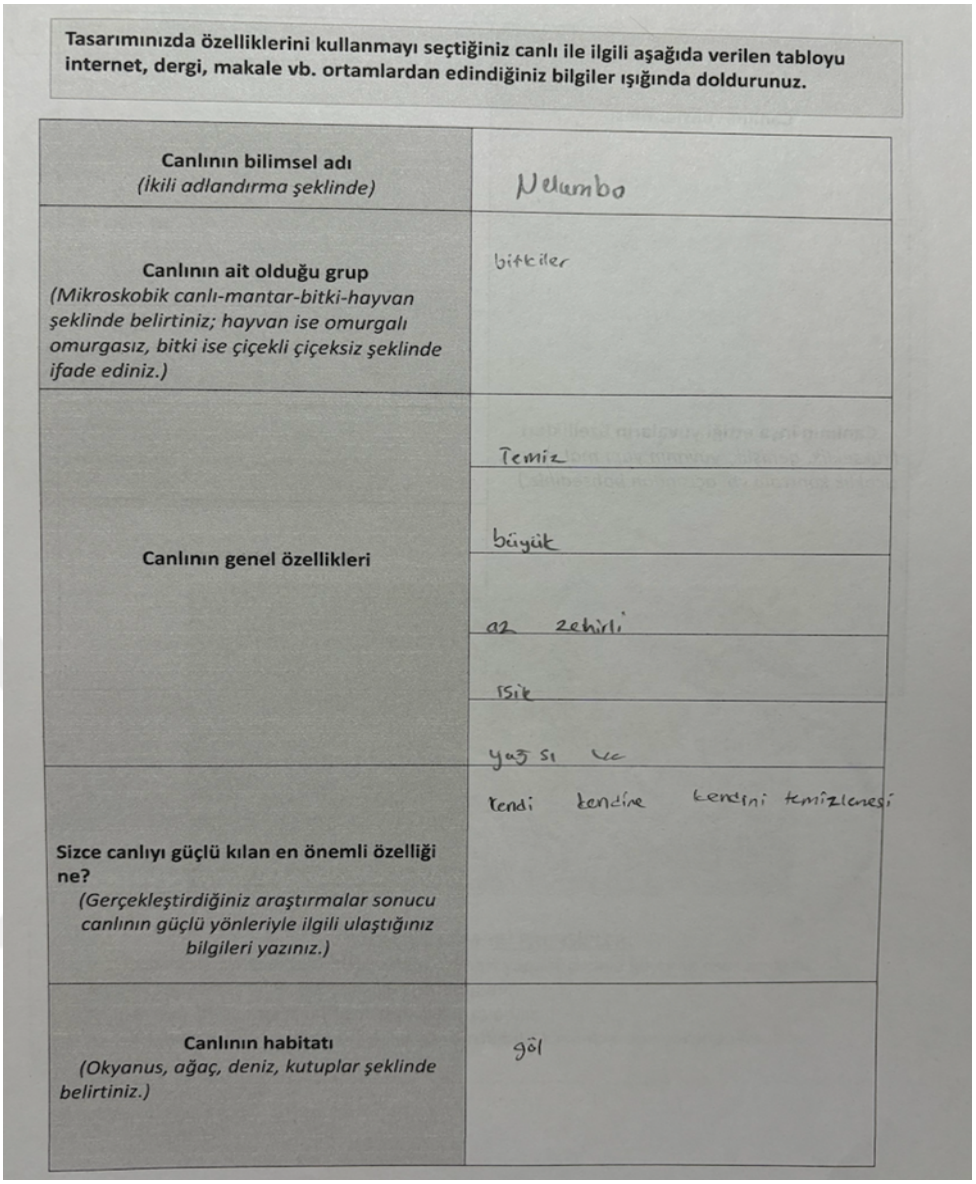
Çalışmada yer alan 13 katılımcıdan 3'ü (Ö1, Ö10, Ö12) "Mimari Tasarımlardan İlham Aldık!" etkinliği uygulama sürecine katılım sağlayamamıştır. 10 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldıkları puanlar Çizelge 4.47'de yer almaktadır. Çizelge 4.47 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 15 puan ile en yüksek puanı Ö11'in, en düşük puanı ise 12 puan ile Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8 ve Ö9'un aldığı görülmektedir. Tasarım geliştirme süreci sonunda tasarım geliştiremeyen veya bir prototipi ürün haline getiremeyen 3 öğrenci olmuştur (Ö1, Ö10, Ö12). Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 12,6'dır. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanın (20 puan) problemin veya ihtiyacın tanımlanması, problem veya ihtiyaca yönelik araştırma yapılması, problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan olası çözümler geliştirilmesi kriterinden yüksek not alması sonucu elde ettiği görülmektedir. Bu kriterlerin her ikisi de temelde problemin anlaşılması ve problem üzerine ilgili araştırmaların yapılabilmesi ile ilişkilidir.

Uygulama sürecinde yaşanan aksaklık 3 öğrencinin çalışmaya dahil olamamasıdır ancak katılan öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır. En düşük toplam puanın yeniden tasarım kriterinden alındığı ve bu durumun süreç sonunda öğrencilerin tasarımlarına dair iyileştirmeler yapmada yetersiz kaldıkları sonucu geliştiği düşünülmektedir. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



Şekil 4. 12. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö4'ün "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.12'de Ö4'ün "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö4 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan BTHP kapsamında problemi veya ihtiyacı tüm detaylarıyla tanımlamış ve tam puan almıştır.



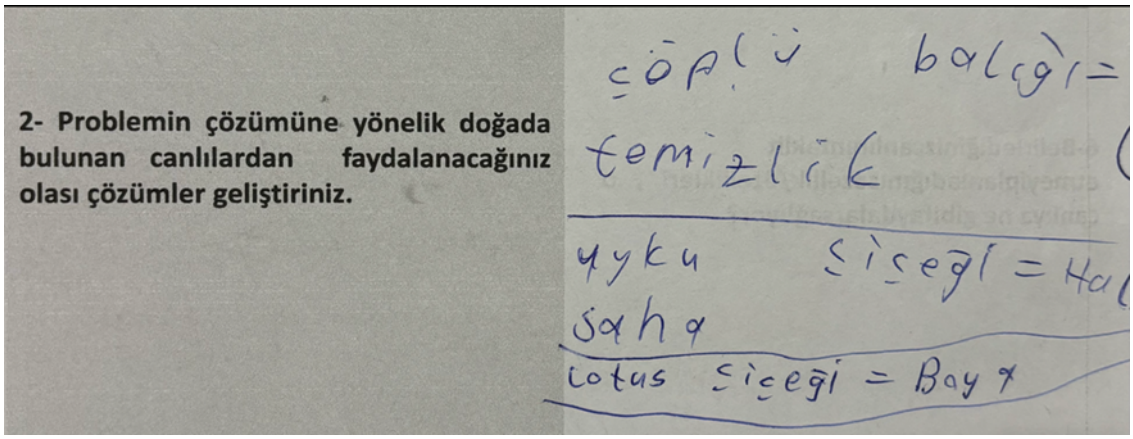
Tasarımınızda özelliklerini kullanmayı seçtiğiniz canlı ile ilgili aşağıda verilen tabloyu internet, dergi, makale vb. ortamlardan edindiğiniz bilgiler ışığında doldurunuz.

Canlının bilimsel adı *(İkili adlandırma şeklinde)*	Nelumbo
Canlının ait olduğu grup *(Mikroskobik canlı-mantar-bitki-hayvan şeklinde belirtiniz; hayvan ise omurgalı omurgasız, bitki ise çiçekli çiçeksiz şeklinde ifade ediniz.)*	bitkiler
Canlının genel özellikleri	Temiz büyük az zehirli ışık yaz sı ve
Sizce canlıyı güçlü kılan en önemli özelliği ne? *(Gerçekleştirdiğiniz araştırmalar sonucu canlının güçlü yönleriyle ilgili ulaştığınız bilgileri yazınız.)*	kendi kendine kendini temizlemesi
Canlının habitatı *(Okyanus, ağaç, deniz, kutuplar şeklinde belirtiniz.)*	göl

Şekil 4. 13. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

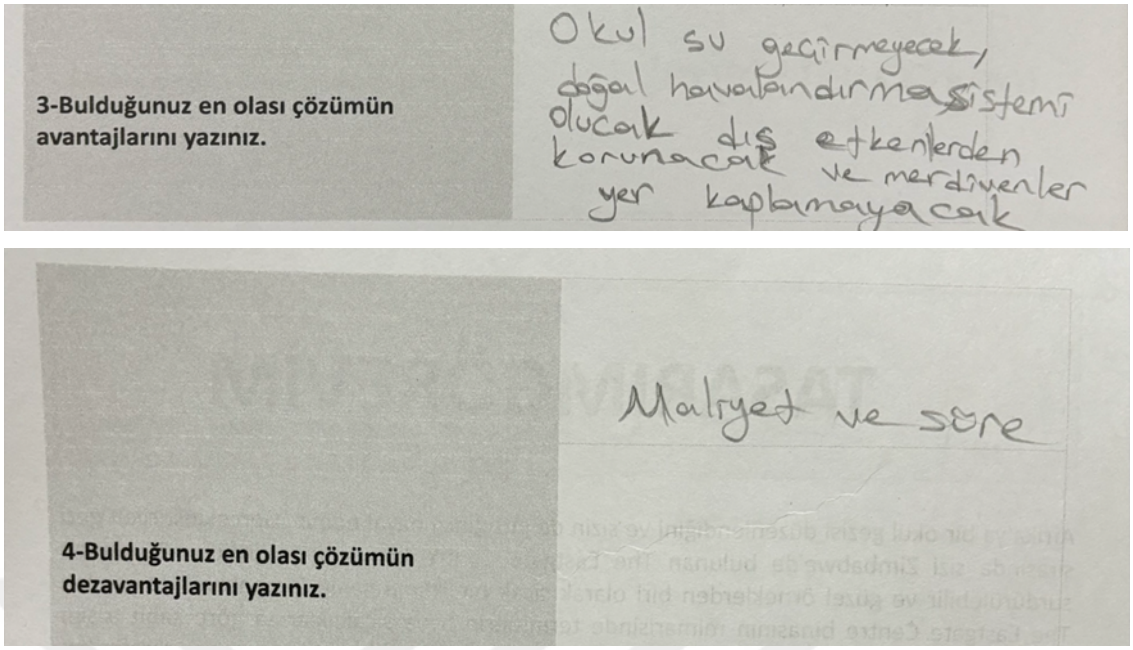
Şekil 4.13' te Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaca yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö6 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş

ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla tüm öğrenciler ilgili soru kapsamında tam puan almıştır.



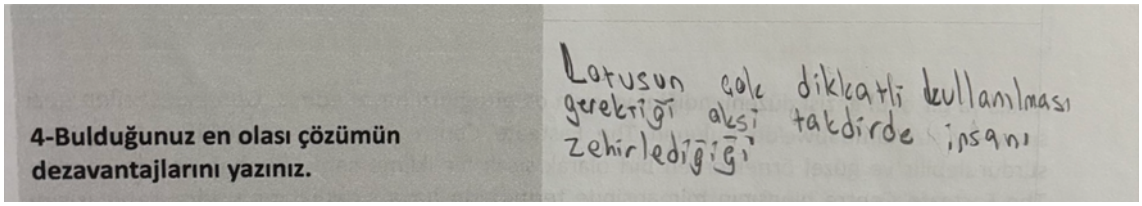
Şekil 4. 14. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.14' te Ö9'un "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan en az 3 çözüm geliştirilmiş ve Ö9 ilgili sorudan 2 tam puan almıştır. Her öğrenci ilgili soru kapsamında doğada bulunan canlılardan en az 1 veya 2 çözüm geliştirmiş ve dolayısıyla 0 puan alan öğrenci olmamıştır.

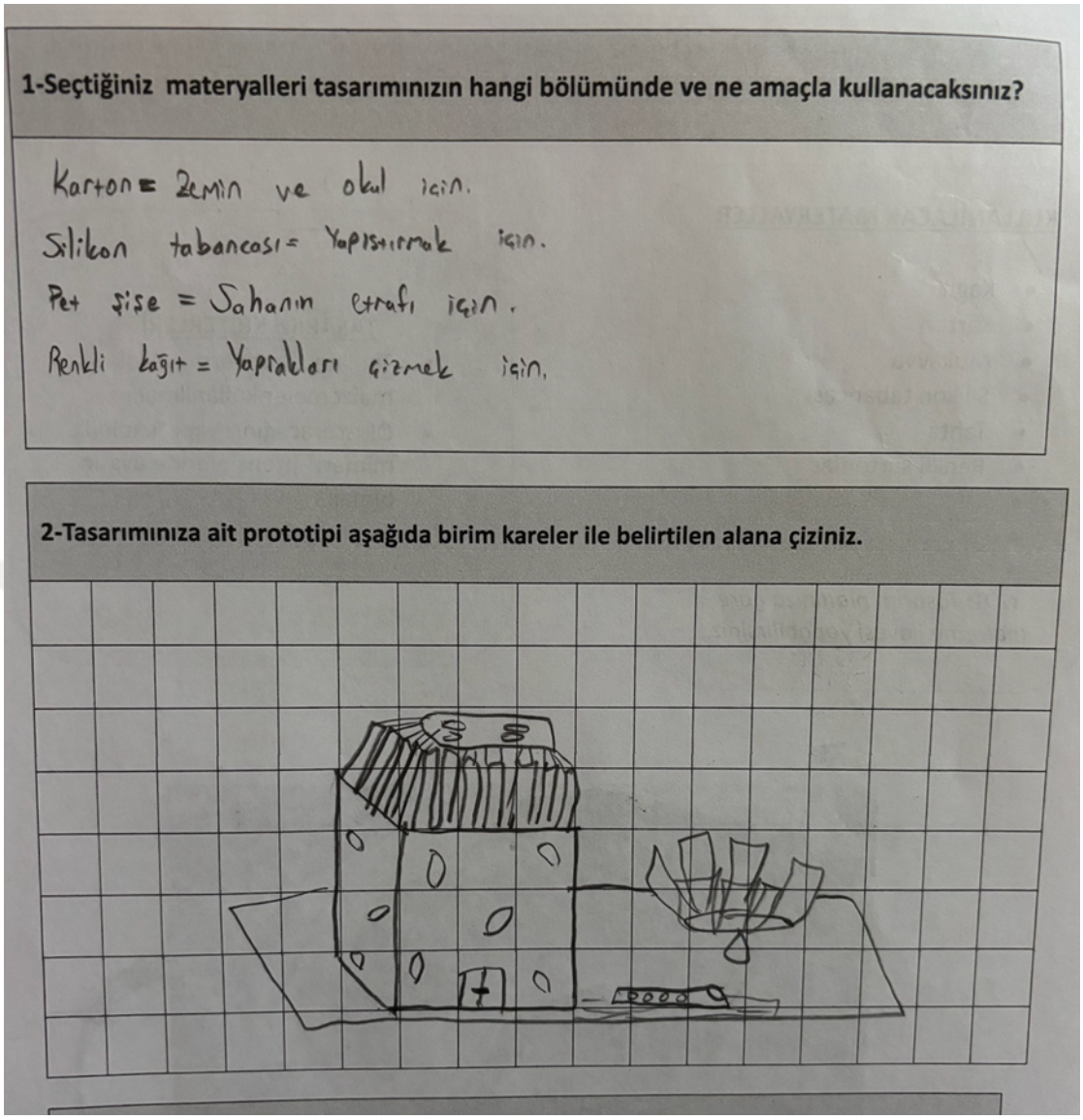


Şekil 4. 15. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö11'in "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.15' de Ö11'in "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları açıkça tanımlanmış ve Ö11 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır. Çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajlarını yüzeysel olarak tanımlayan öğrenci ilgili sorudan 1 puan almış ve öğrencinin cevabı Şekil 4.16'da sunulmuştur.

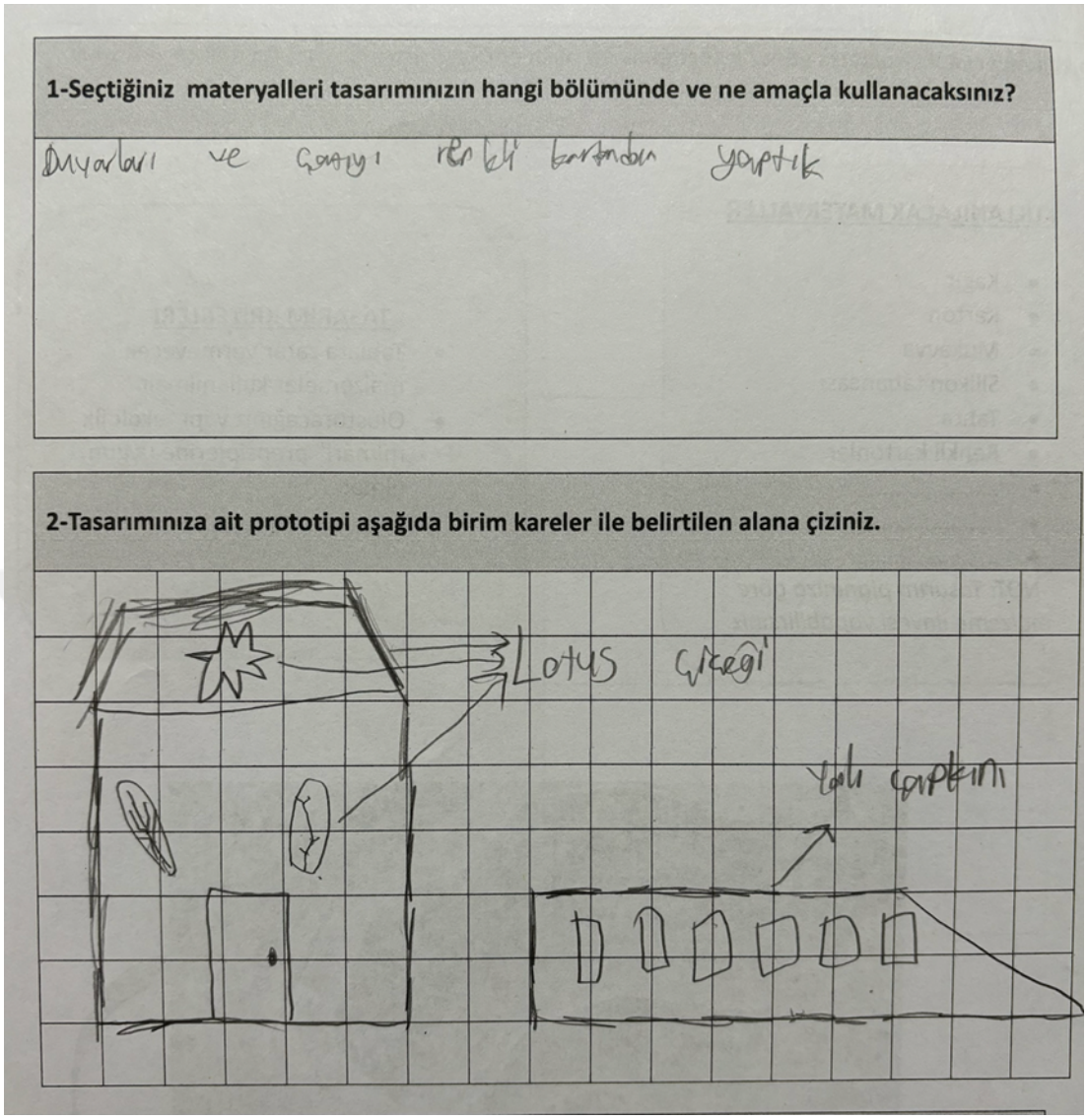


Şekil 4. 16. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö8'in "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

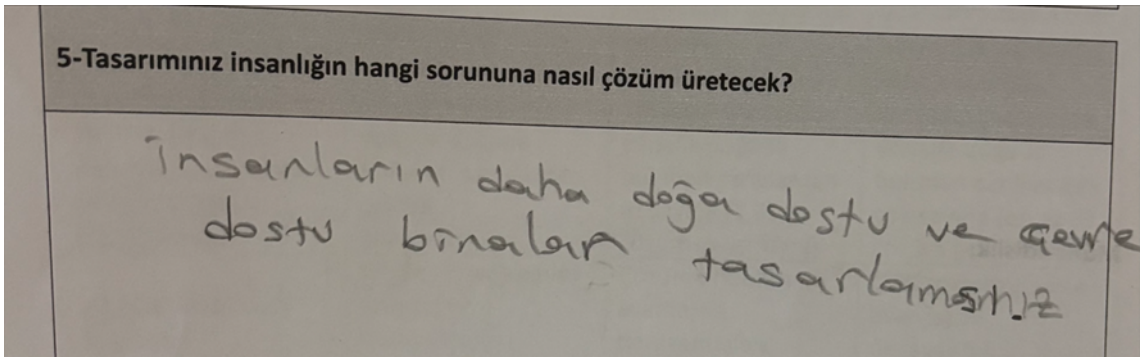


Şekil 4. 17. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.17'de Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö3 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanıp ilgili sorudan 2 tam puan almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır. Ö5 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan 1 puan almıştır. Ö5' in cevabı Şekil 4.18'de sunulmuştur.

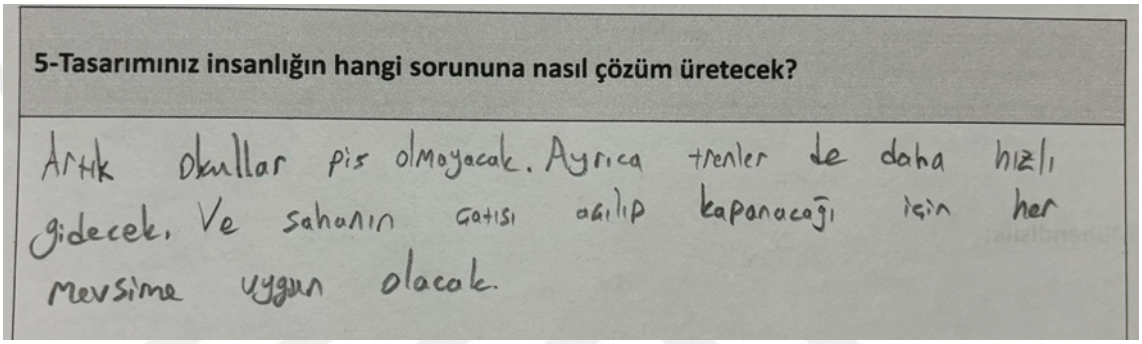


Şekil 4. 18. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö5'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

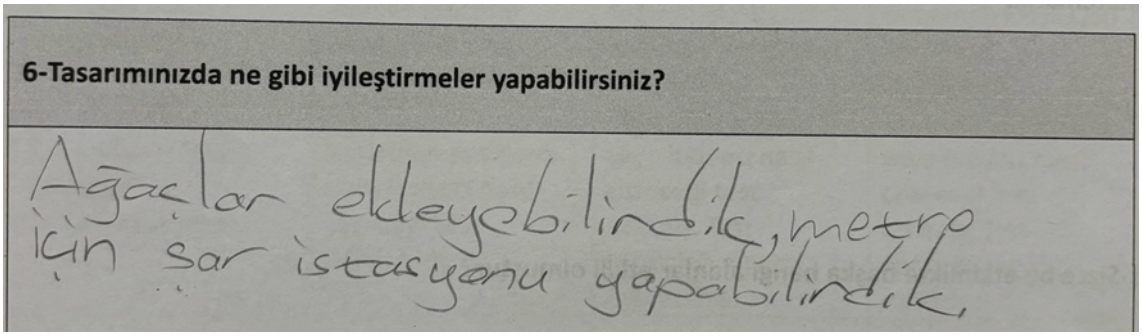


Şekil 4. 19. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö11'in '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.19'da Ö11'in "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö11 tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş ve test sonuçları analiz edilmiştir. Dolayısıyla Ö11 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Bazı öğrenciler tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilip analiz edilmediğinden ilgili öğrenciler sorudan 1 puan almıştır. Ancak tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceğini test etmeyen herhangi bir öğrenciye rastlanmamıştır. İlgili sorudan 1 puan alan öğrencinin yanıtı Şekil 4.20'de sunulmuştur.



Şekil 4. 20. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö3'ün '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları



Şekil 4. 21. Mimari tasarımlarda doğadan ilham aldık etkinliği Ö2'nin '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.21'de Ö2'nin "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö2 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmıştır. Dolayısıyla ilgili soru kapsamında 1 puan almıştır. Tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmayan ve dolayısıyla 0 puan alan öğrenciye rastlanmamıştır.

4.4.1.3. “Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık!” Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

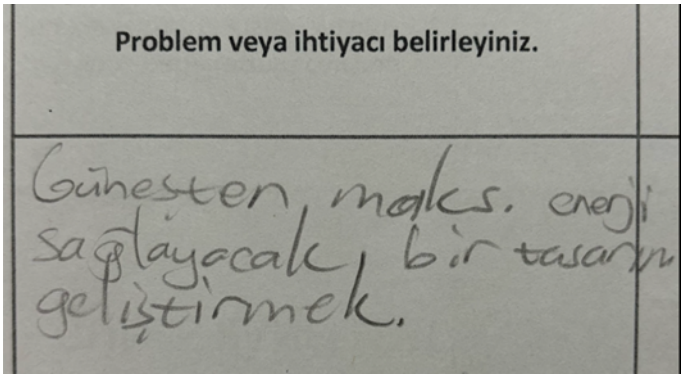
Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından üçüncüsü olan “Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık” etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili Guerra ve Allen (2012)’in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

Çizelge 4. 48. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Tasarım Süreci	Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Toplam Puan (X/18)
Tanımlamak	*Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması*	-	2	2	2	2	2	-	2	2	2	-	-	2	18
	Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	-	2	2	2	2	2	-	2	2	2	-	-	2	18
Biyolojikleştirme/ Keşfetme	*Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi*	-	2	2	2	2	2	-	2	2	2	-	-	2	18
Öz	*En İyi Çözümlerin Seçilmesi*	-	2	2	2	2	2	-	2	2	2	-	-	2	18
Benzemeye Çalışmak	*Prototip Oluşturulması*	-	1	2	1	2	2	-	2	2	2	-	-	2	16

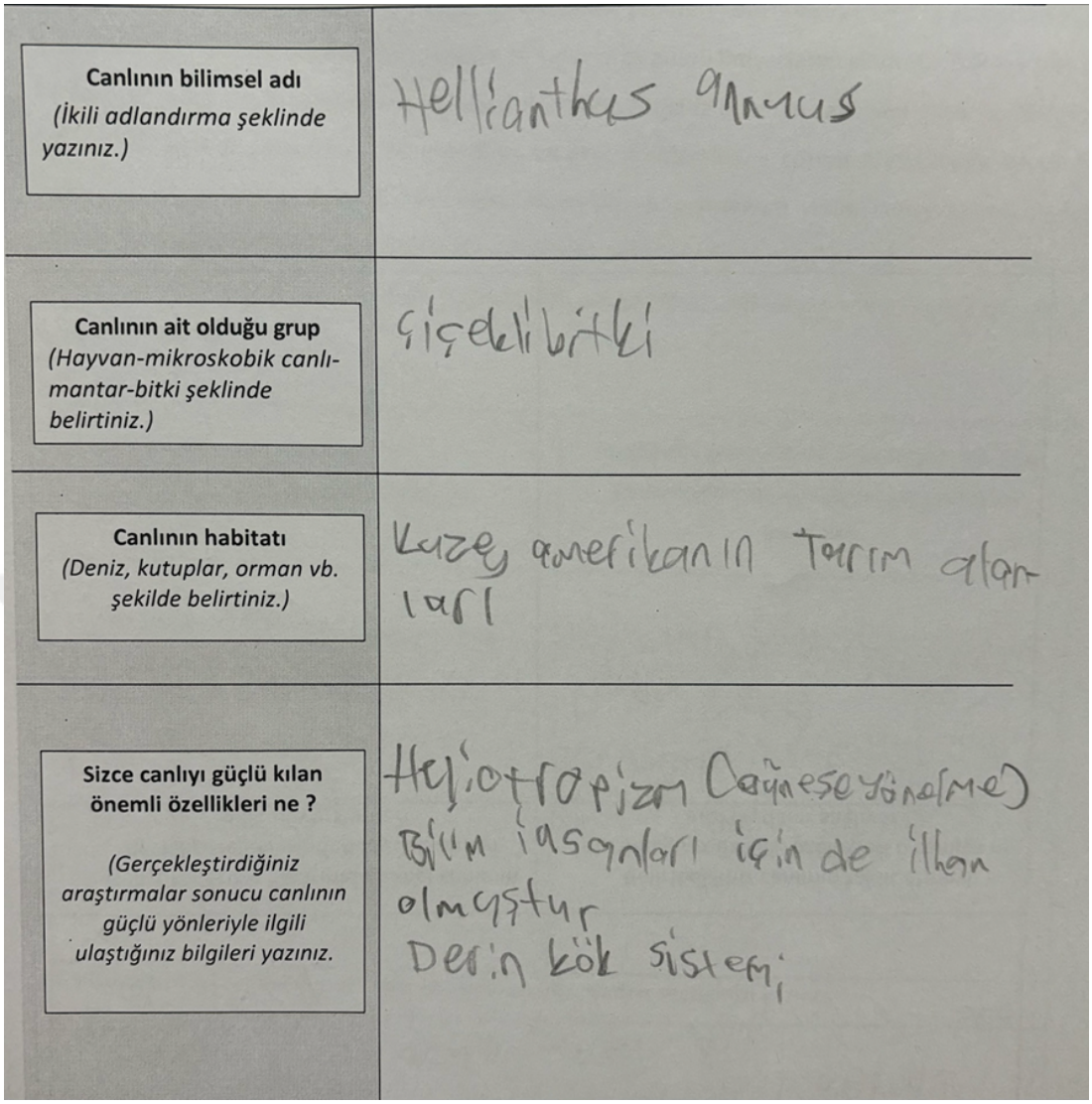
Değerlendirme	*Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi*	-	1	1	1	1	2	-	2	1	2	-	-	1	12
	Çözümlerin Paylaşılması	-	1	1	0	1	1	-	1	1	1	-	-	1	8
	Yeniden Tasarım	-	1	0	1	1	1	-	1	1	1	-	-	2	9
Toplam Puan (X/16)		-	12	12	11	13	14	-	14	13	14	-	-	14	

Çalışmada yer alan 13 katılımcıdan 4'ü (Ö1, Ö7, Ö11, Ö12) "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık!" etkinliği uygulama sürecine katılım sağlayamamıştır. 9 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldıkları puanlar Çizelge 4.48'de yer almaktadır. Çizelge 4.48 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 14 puan ile en yüksek puanı Ö6, Ö8, Ö10, Ö13'ün, en düşük puanı ise 11 puan ile Ö4'ün aldığı görülmektedir. Tasarım geliştirme süreci sonunda tasarım geliştiremeyen veya bir prototipi ürün haline getiremeyen 4 öğrenci olmuştur (Ö1, Ö7, Ö11, Ö12). Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 13' tür. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanın (18 puan) problemin veya ihtiyacın tanımlanması, problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan olası çözümler geliştirilmesi, en iyi çözümlerin seçilmesi kriterinden yüksek not alması sonucu elde ettiği görülmektedir. Bu kriterlerin her üçü de temelde problemin anlaşılması ve problem üzerine ilgili araştırmaların yapılabilmesi ile ilişkilidir. Uygulama sürecinde yaşanan aksaklık 4 öğrencinin çalışmaya dahil olamamasıdır ancak katılan öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır. En düşük toplam puanın yeniden tasarım kriterinden alındığı ve bu durumun süreç sonunda öğrencilerin tasarımlarına dair iyileştirmeler yapmada yetersiz kaldıkları sonucu geliştiği düşünülmektedir. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



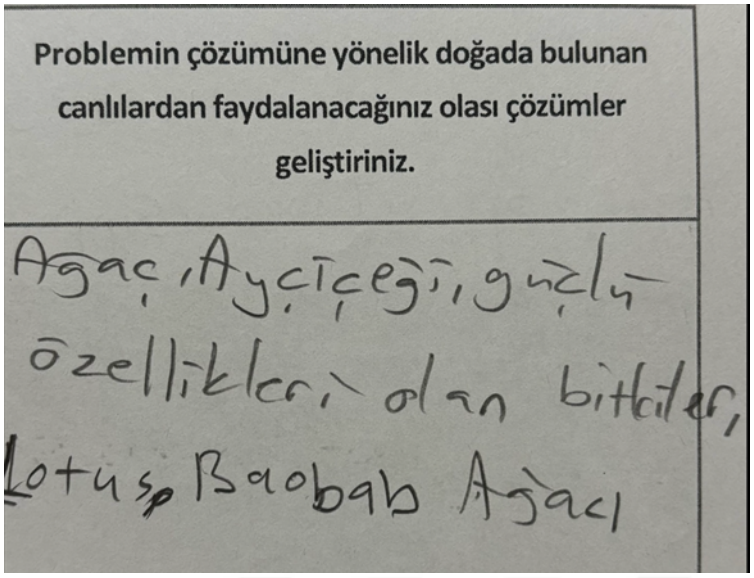
Şekil 4. 22. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö2'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.22'de Ö2'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö2 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan BTHP kapsamında problemi veya ihtiyacı tüm detaylarıyla tanımlamış ve tam puan almıştır.



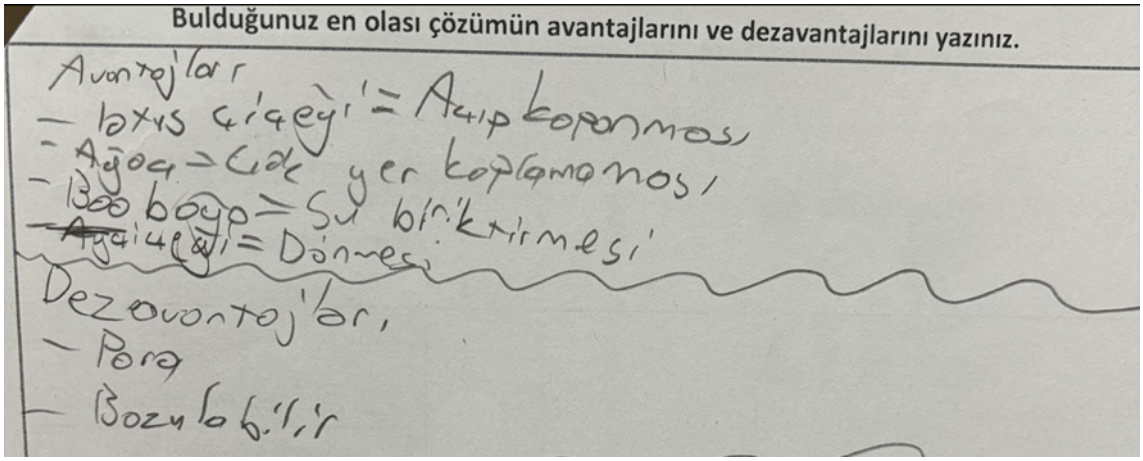
Şekil 4. 23. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.23' de Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaca yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö4 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla tüm öğrenciler ilgili soru kapsamında tam puan almıştır.



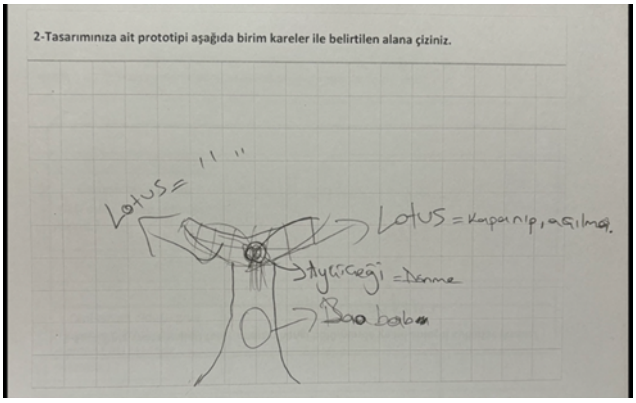
Şekil 4. 24. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.24' de Ö7'nin "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan en az 3 çözüm geliştirilmiş ve Ö7 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci ilgili soru kapsamında doğada bulunan canlılardan en az 1 veya 2 çözüm geliştirmiş ve dolayısıyla 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 25. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö3'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

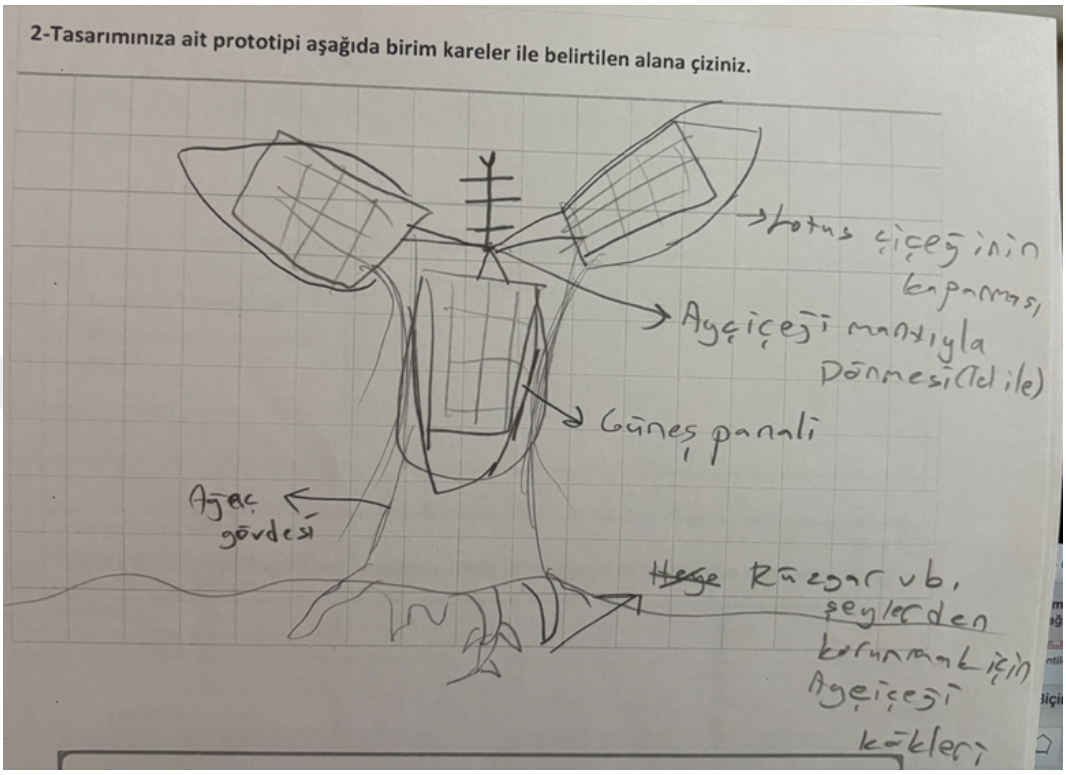
Şekil 4.25' de Ö3'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları açıkça tanımlanmış ve Ö3 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



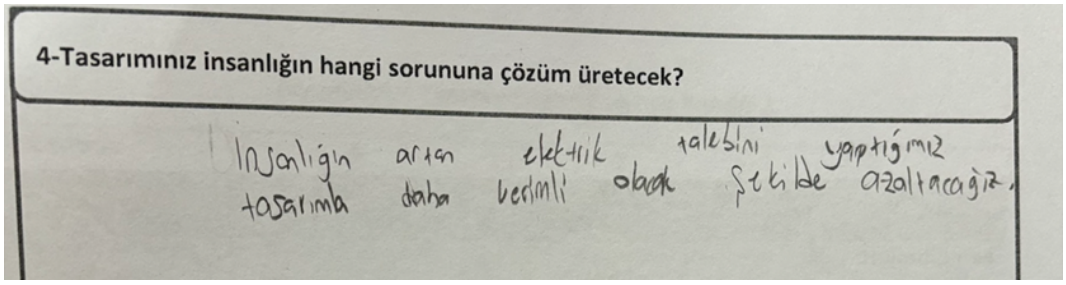
Şekil 4. 26. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö11'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.26'da Ö11'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö11 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların

çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır. Prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanıp ilgili sorudan 2 tam puan alan öğrencinin (Ö7) cevabı Şekil 4.27'de sunulmuştur.



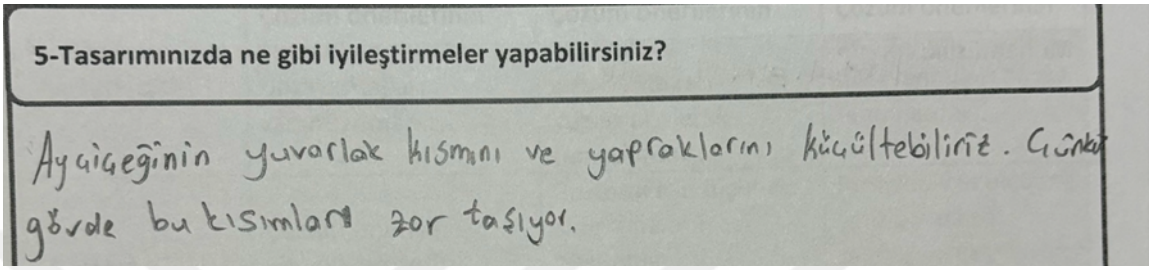
Şekil 4. 27. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö7'nin "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları



Şekil 4. 28. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö10'un '"Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.28'de Ö10'un "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan

rubrik bağlamında Ö10 tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş ve test sonuçları analiz edilmiştir. Dolayısıyla Ö10 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Bazı öğrenciler tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilip analiz edilmediğinden ilgili öğrenciler sorudan 1 puan almıştır. Ancak tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceğini test etmeyen herhangi bir öğrenciye rastlanmamıştır.



Şekil 4. 29. Ayçiçeği bitkisinden ilham aldık etkinliği Ö8'in '"Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.29'da Ö8'in "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Ö8 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmış ancak detaylarıyla tanımlamayıp ilgili sorudan 1 puan almıştır. İlgili soru kapsamında 2 (tam puan) puan alan öğrenci olmamıştır. Ö3 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmamış ve ilgili sorudan 0 puan almıştır.

4.4.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik geliştirilen çalışma kağıtlarına öğrencilerin verdiği cevaplar mühendislik tasarım süreci Guerra ve Allen (2012) tarafından oluşturulan rubrik bağlamında değerlendirilmiştir. Çalışma kağıtları uygulama sürecinin başından sonuna öğrencilere eşlik etmiştir. Süreç tanımlanmamış, bir ürün veya çözüm geliştirilmemiş ise öğrenci 0 puan; süreç tanımlanmış, bir ürün veya çözüm geliştirilmiş ise 1 puan; süreç tüm detaylarıyla ve açıkça tanımlanmış, ürün veya çözüm en az 2 veya 3 adet geliştirilmiş ise tam puan (2 puan) almıştır. Rubriğe dair detaylar Ek-6'da sunulmuştur.

4.4.2.1. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

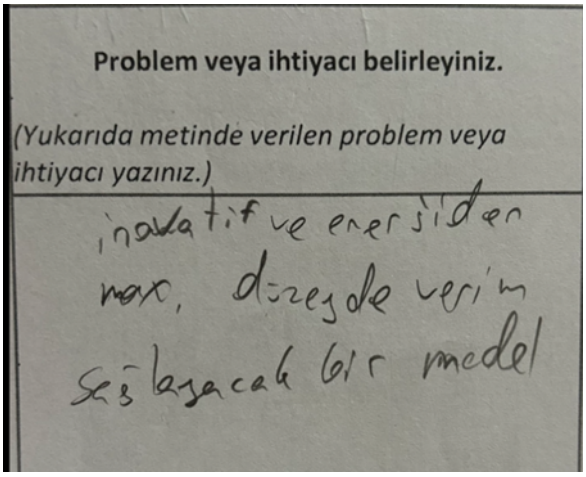
Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından ilki olan "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

Çizelge 4. 49. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Toplam Puan (X/20)
Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması	2	2	-	2	-	2	2	2	2	2	2	2	20
Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	2	1	-	2	-	2	2	1	2	2	2	2	18
Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi	2	2	-	2	-	2	1	2	2	2	2	1	18
En İyi Çözümlerin Seçilmesi	1	2	-	2	-	2	1	2	1	2	1	1	15
Prototip Oluşturulması	0	2	-	1	-	1	2	1	1	2	2	1	13

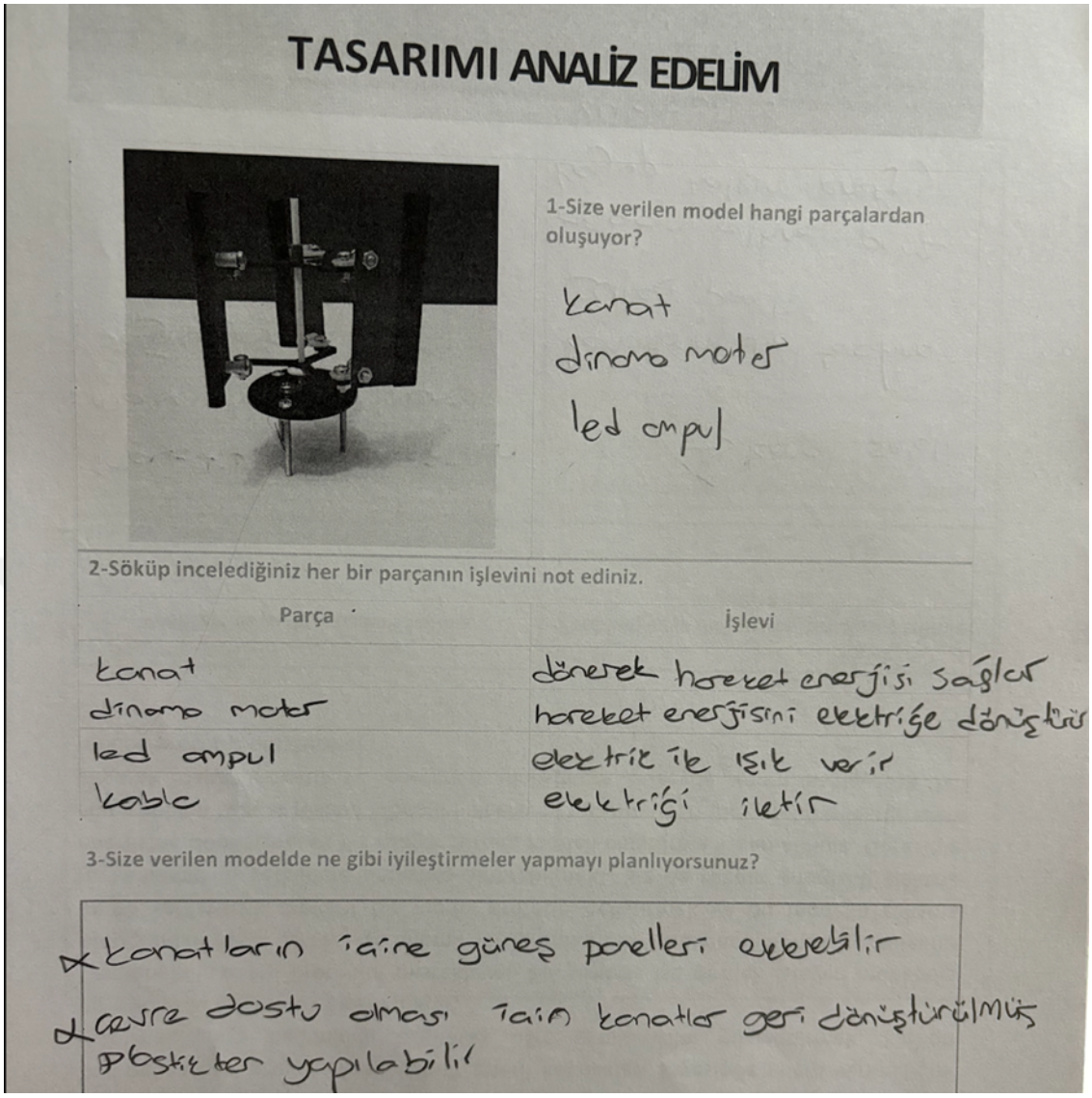
Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi	1	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	10
Çözümlerin Paylaşılması	1	1	-	1	-	2	1	1	1	1	1	1	11
Yeniden Tasarım	0	0	-	1	-	1	1	1	1	1	2	1	9
Toplam Puan (X/16)	9	11	-	12	-	13	11	11	11	13	13	10	

Çalışmada yer alan 12 katılımcıdan 2'si (Ö3, Ö5) "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz!" etkinliği uygulama sürecine katılım sağlayamamıştır. 10 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldıkları puanlar Çizelge 4.49'de yer almaktadır. Çizelge 4.49 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 13 puan ile en yüksek puanı Ö6, Ö10, Ö11'in en düşük puanı ise 9 puan ile Ö1'in aldığı görülmektedir. Tasarım geliştirme süreci sonunda tasarım geliştiremeyen veya bir prototipi ürün haline getiremeyen 2 öğrenci olmuştur (Ö3, Ö5). Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 11,4'tür. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanın (20 puan) problemin veya ihtiyacın tanımlanması kriterinden yüksek not alması sonucu elde ettiği görülmektedir. Bu kriter temelde problemin anlaşılması ve problem üzerine ilgili araştırmaların yapılabilmesi ile ilişkilidir. Uygulama sürecinde yaşanan aksaklık 2 öğrencinin çalışmaya dahil olamamasıdır ancak katılan öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır. En düşük toplam puanın yeniden tasarım kriterinden alındığı ve bu durumun süreç sonunda öğrencilerin tasarımlarına dair iyileştirmeler yapmada yetersiz kaldıkları sonucu geliştiği düşünülmektedir. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



Şekil 4. 30. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö1'in "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.30'da Ö1'in "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö1 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan BTHP kapsamında problemi veya ihtiyacı tüm detaylarıyla tanımlamış ve tam puan almıştır.


TASARIMI ANALİZ EDELİM

1-Size verilen model hangi parçalardan oluşuyor?

kanat
dinamo motor
led ampul

2-Söküp incelediğiniz her bir parçanın işlevini not ediniz.

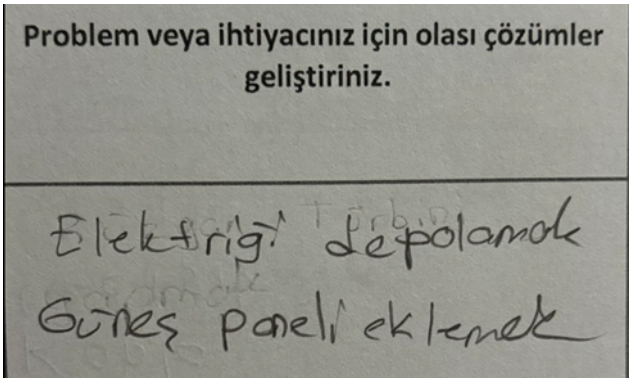
Parça	İşlevi
kanat	dönerek hareket enerjisi sağlar
dinamo motor	hareket enerjisini elektriğe dönüştürür
led ampul	elektrik ile ışık verir
kablo	elektriği iletir

3-Size verilen modelde ne gibi iyileştirmeler yapmayı planlıyorsunuz?

- kanatların üzerine güneş panelleri eklenebilir
- çevre dostu olması için kanatlar geri dönüştürülmüş plastikler yapılabilir

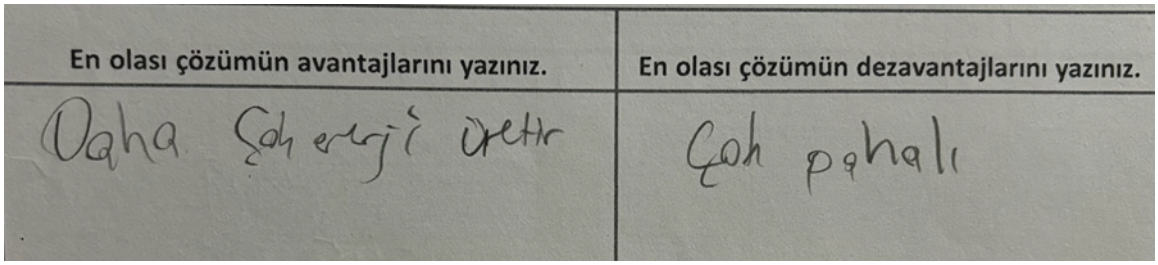
Şekil 4. 31. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.31'de Ö4'ün "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö4 ilgili soru kapsamında tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla ilgili soru kapsamında 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 32. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö7'nin "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

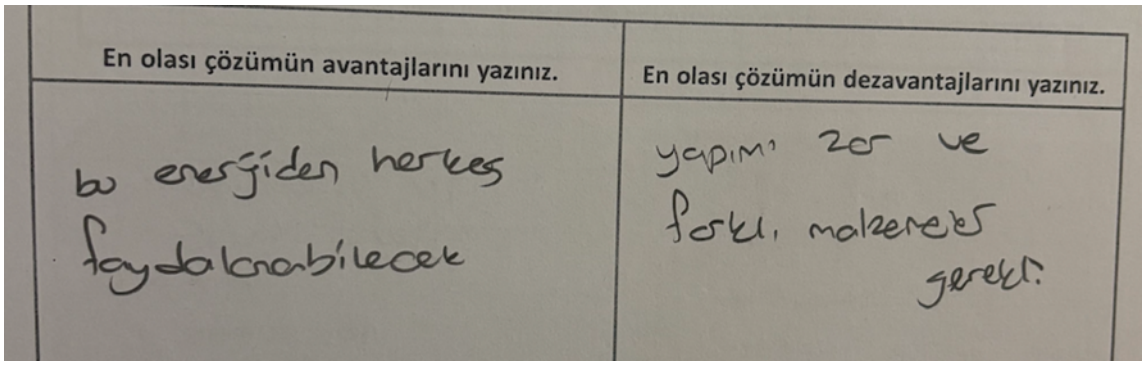
Şekil 4.32'de Ö7'nin "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış ve Ö7 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



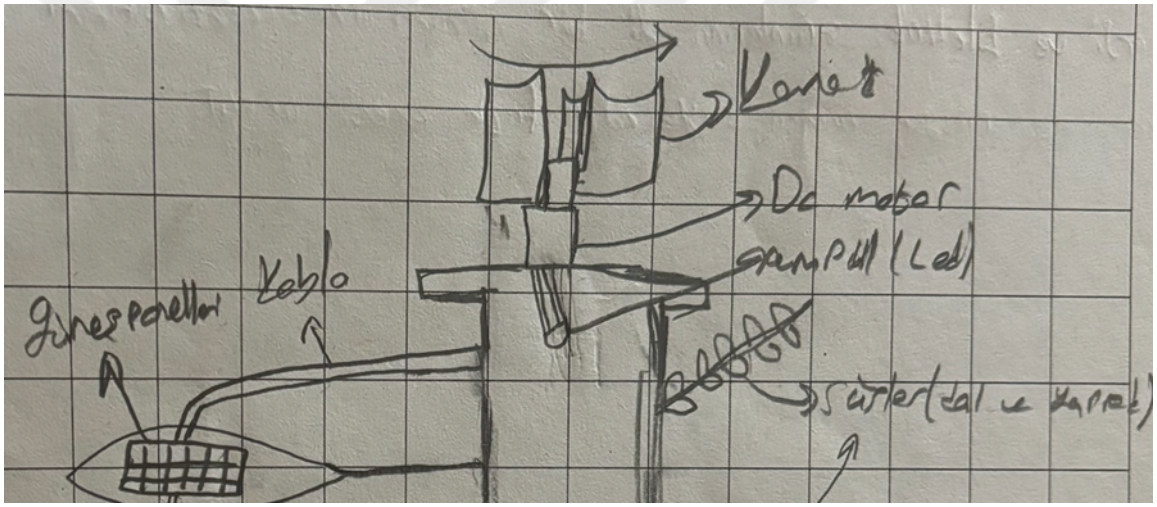
Şekil 4. 33. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.33' de Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış ve Ö12 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır. İlgili soruda çözüm

önerilerinin avantaj ve dezavantajlarını açıkça tanımlayıp tam puan (2 puan) alan Ö4'ün cevabı şekildeki gibidir.

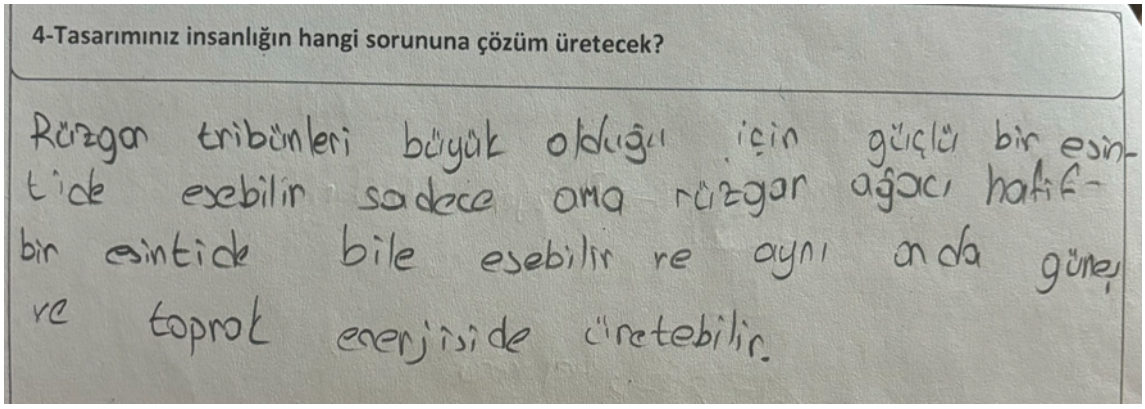


Şekil 4. 34. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö4'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları



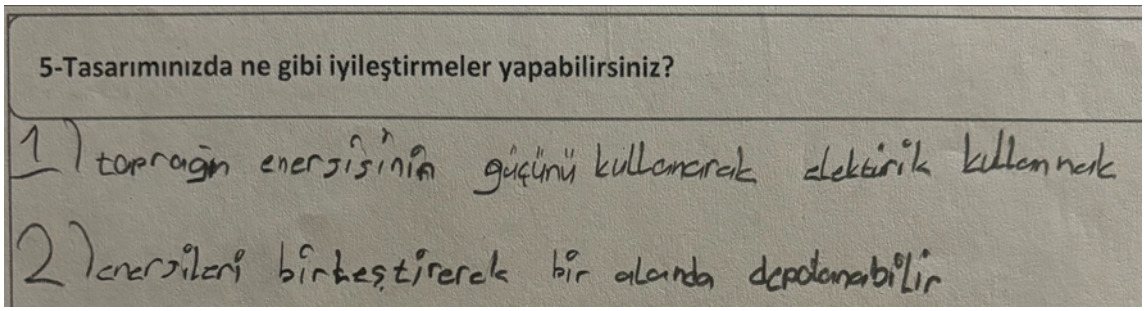
Şekil 4. 35.Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö9'un "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.35' de Ö9'un "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö9 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 36. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö10'un "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.36'da Ö10'un "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö10 tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş ancak analiz edilmemiştir. Dolayısıyla Ö10 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceğini test etmeyen ve sıfır puan alan herhangi bir öğrenciye rastlanmamıştır.



Şekil 4. 37. Hafif bir esinti ile enerji üretiyoruz etkinliği Ö6'nın "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.37'de Ö9'un "Yeniden Tasarım" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö6 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmış ancak detaylarıyla tanımlamayıp ilgili sorudan 1 puan almıştır. Ö1, Ö2 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmamış ve ilgili sorudan 0 puan almıştır.

4.4.2.2. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından ikincisi olan "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

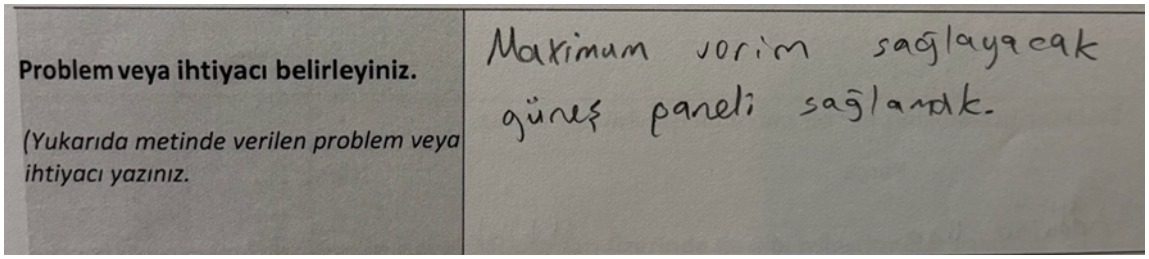
Çizelge 4. 50. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Toplam Puan (X/22)
Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması	2	2	2	-	1	2	2	2	2	2	1	2	20
Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	2	2	2	-	1	2	2	2	2	2	1	2	20
Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi	1	1	1	-	1	2	2	1	2	1	1	2	15
En İyi Çözümlerin Seçilmesi	1	1	1	-	1	2	2	1	2	1	1	2	15
Prototip Oluşturulması	1	2	2	-	2	2	2	2	2	2	2	2	21

Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi	1	1	2	-	1	2	1	2	2	2	1	2	17
Çözümlerin Paylaşılması	1	1	2	-	1	2	1	2	2	2	1	2	17
Yeniden Tasarım	2	1	2	-	1	2	1	2	2	2	1	2	18
Toplam Puan (X/16)	11	11	14	-	9	16	13	14	16	14	9	16	

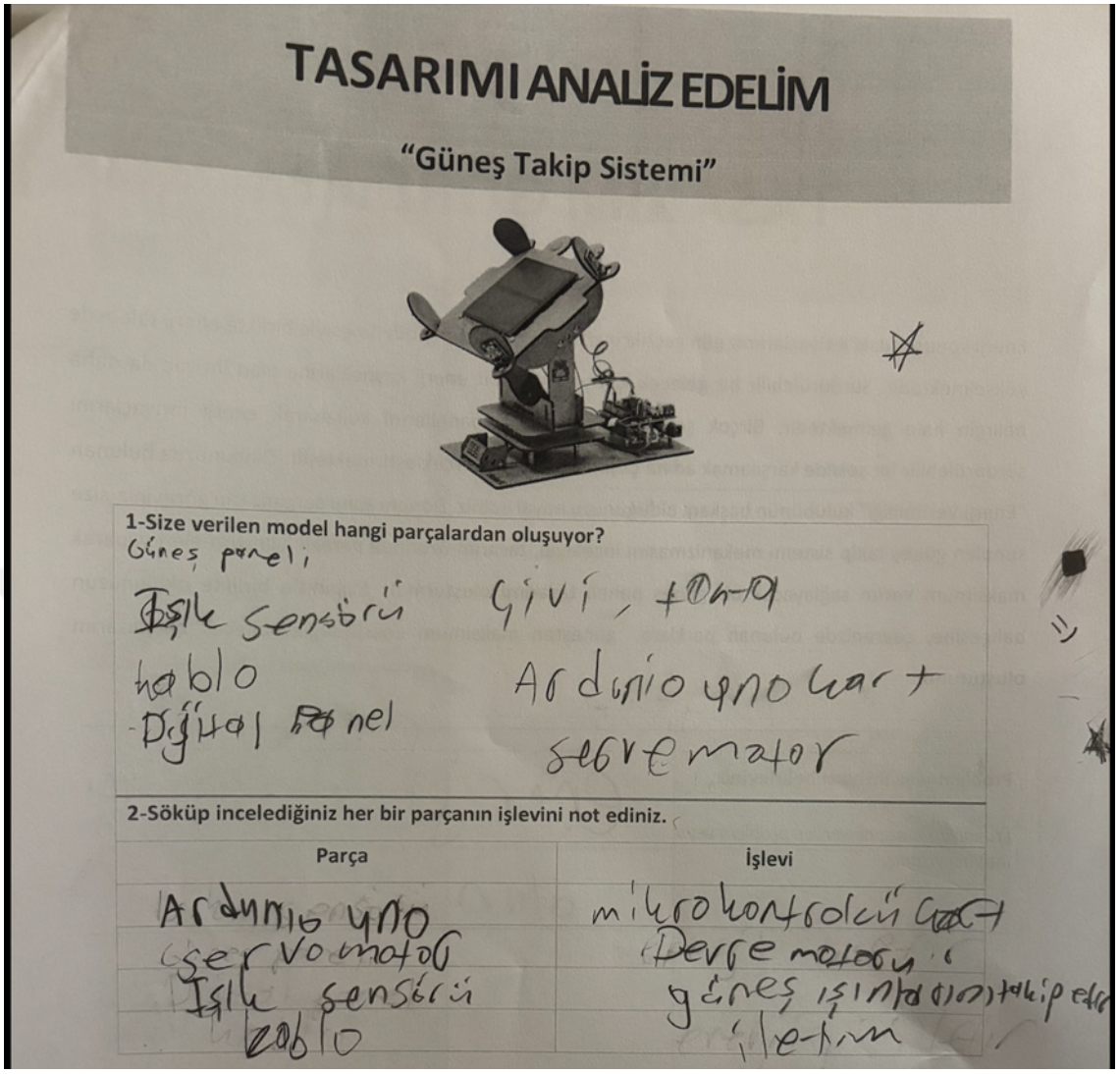
Çalışmada yer alan 12 katılımcıdan 1'i (Ö4) "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz!" etkinliği uygulama sürecine katılım sağlayamamıştır. 11 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldıkları puanlar Çizelge 4.50'de yer almaktadır. Çizelge 4.50 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 16 puan ile en yüksek puanı Ö6, Ö9, Ö12'nin, en düşük puanı ise 9 puan ile Ö5 ve Ö11'in aldığı görülmektedir. Tasarım geliştirme süreci sonunda tasarım geliştiremeyen veya bir prototipi ürün haline getiremeyen 1 öğrenci olmuştur (Ö4). Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 13'tür. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanı (21 puan) prototip oluşturulması kriterinden elde ettiği görülmektedir. Bu kriter temelde problemin doğru tanımlanması ve problem üzerine çözüm önerilerinin detaylandırılıp tasarım fikrinin doğru oluşturulması ile ilişkilidir. Uygulama sürecinde yaşanan aksaklık 1 öğrencinin çalışmaya dahil olamamasıdır ancak katılan öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır.

Öğrencilerin en düşük toplam puanın en iyi çözümlerin seçilmesi ve problem veya ihtiyaca yönelik olası çözümler geliştirilmesi kriterinden aldığı ve bu durumun öğrencilerin problem tanımlama ardından çözüm önerileri konusunda fikirlerinin yetersiz kaldığı ile ilişkilendirilmektedir. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



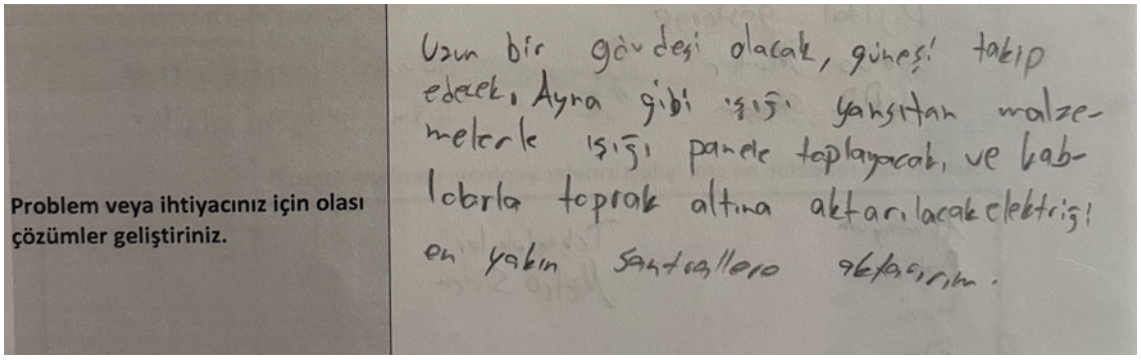
Şekil 4. 38. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö10'un "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.38'de Ö10'un "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö10 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan BTHP kapsamında problemi veya ihtiyacı tanımlamış ve dolayısıyla sıfır puan alan öğrenci olmamıştır.



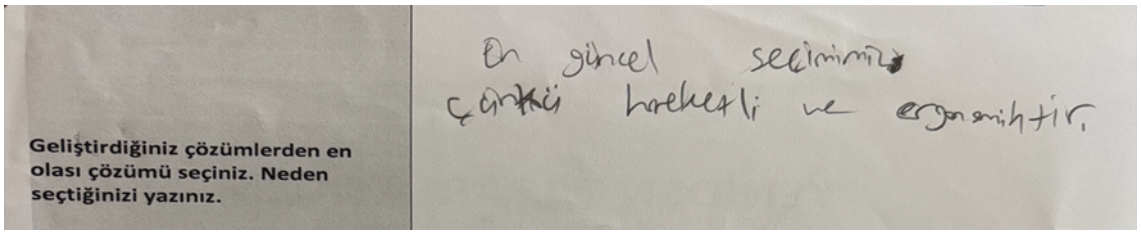
Şekil 4. 39. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.39'da Ö6'nın "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö6 ilgili soru kapsamında tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla ilgili soru kapsamında 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



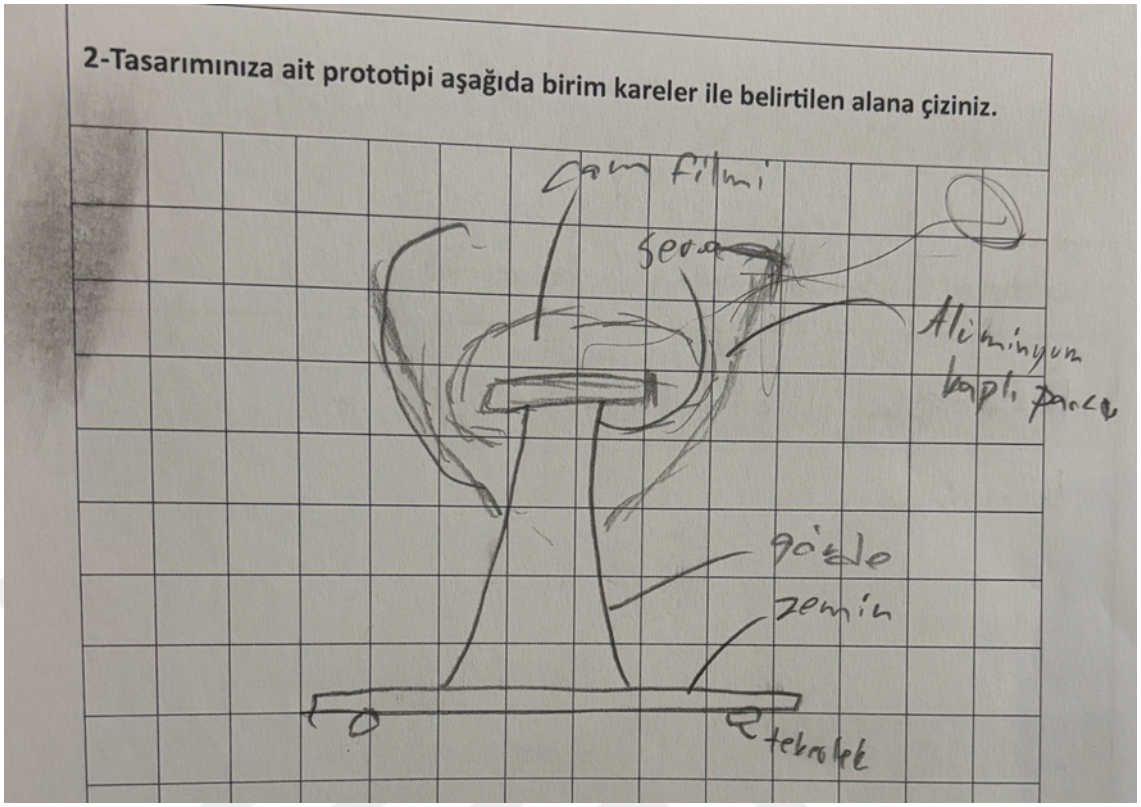
Şekil 4. 40. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.40' da Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları tüm detaylarıyla tanımlanmış ve Ö9 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



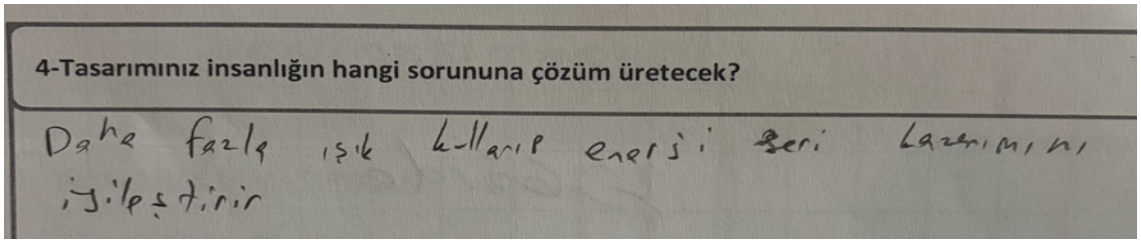
Şekil 4. 41. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.41'de Ö12'nin "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış ve Ö12 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



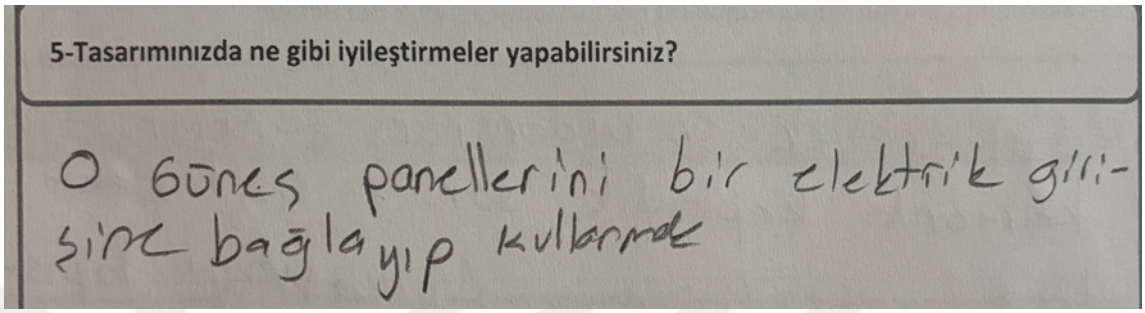
Şekil 4. 42. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.42'de Ö3'ün "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö3 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 43. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö1'in "Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.43’ de Ö1’in “Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi” kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Ö1 tarafından tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceği test edilmiş ancak analiz edilmemiştir. Dolayısıyla Ö1 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Tasarımın problemi veya ihtiyacı nasıl çözeceğini test etmeyen ve sıfır puan alan herhangi bir öğrenciye rastlanmamıştır.



Şekil 4. 44. Güneşten maksimum düzeyde enerji elde ediyoruz etkinliği Ö7’nin “Yeniden Tasarım” kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.44’ de Ö7’nin “Yeniden Tasarım” kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö7 tasarım için gerekli iyileştirmeleri yapmış ancak detaylarıyla tanımlamayıp ilgili sorudan 1 puan almıştır.

4.4.2.3. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Bulgular ve Yorumlar

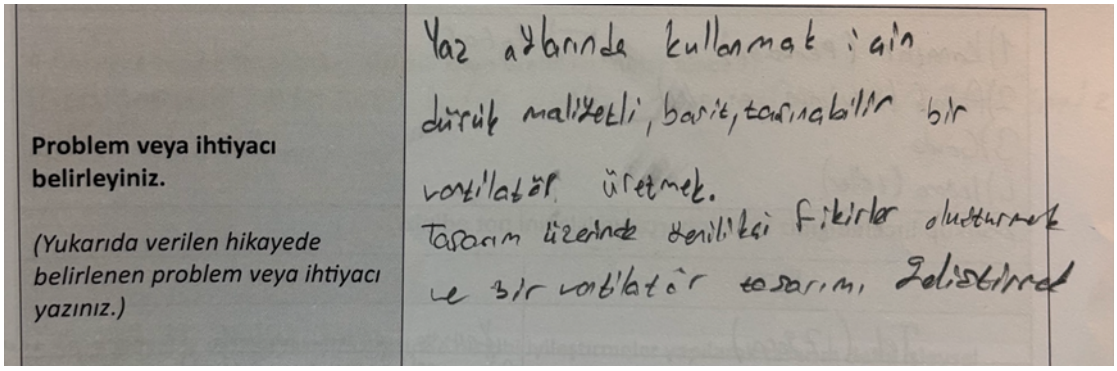
Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından üçüncüsü olan "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile değerlendirilmiş olup bulgular ve yorumlar sunulmuştur.

Çizelge 4. 51. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" etkinliği çalışma kağıdından elde edilen bulgular

Değerlendirme Kriterleri	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Toplam Puan (X/20)
Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması	2	-	2	2	2	-	2	2	2	2	2	2	20
Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması	2	-	1	2	2	-	2	1	2	2	2	2	18
Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi	2	-	2	2	2	-	1	2	2	2	2	1	18
En İyi Çözümlerin Seçilmesi	1	-	2	2	2	-	1	2	1	2	1	1	15
Prototip Oluşturulması	0	-	2	1	1	-	2	1	1	2	2	1	13

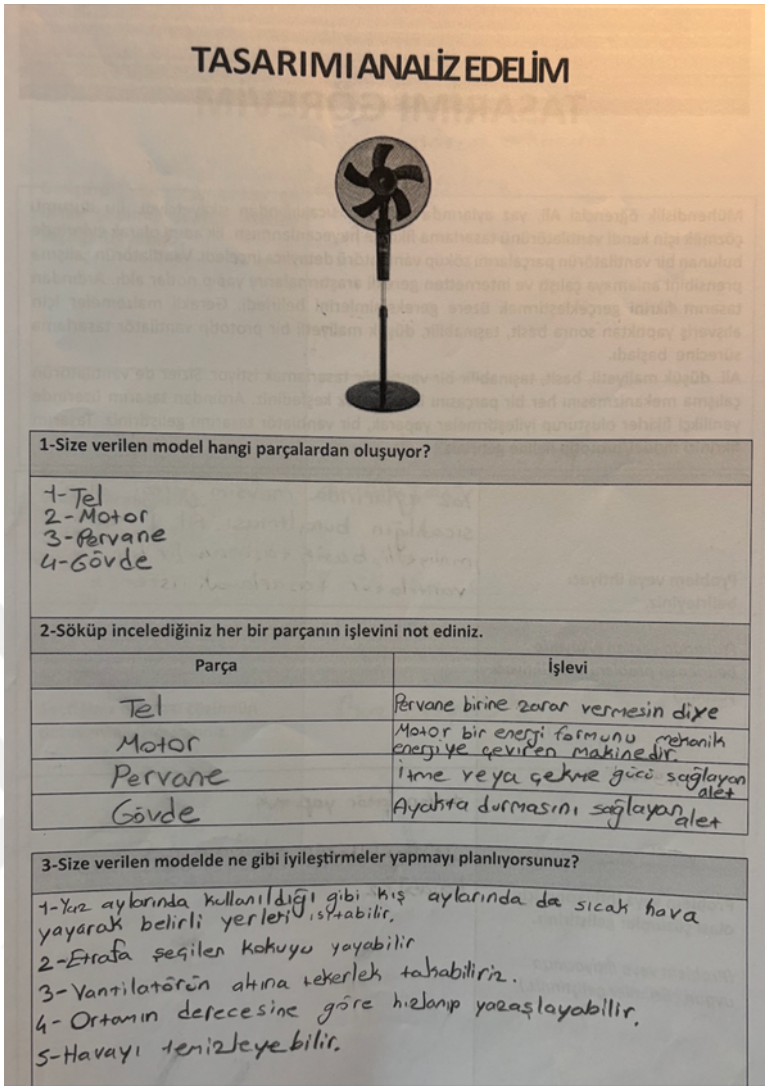
Çözümlerin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi	1	-	1	1	1	-	2	2	1	2	1	1	13
Çözümlerin Paylaşılması	1	-	1	1	2	-	1	1	1	1	1	1	11
Yeniden Tasarım	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	2	12
Toplam Puan (X/16)	10	-	12	12	13	-	12	12	11	14	13	11	

Çalışmada yer alan 12 katılımcıdan 2'si (Ö2, Ö6) "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" etkinliği uygulama sürecine katılım sağlayamamıştır. 10 öğrencinin tasarım geliştirme süreçlerinin Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmeleri sonucu aldıkları puanlar Çizelge 4.51'de yer almaktadır. Çizelge 4.51 incelendiğinde toplam 16 puan üzerinden 14 puan ile en yüksek puanı Ö10'un en düşük puanı ise 10 puan ile Ö1'in aldığı görülmektedir. Tasarım geliştirme süreci sonunda tasarım geliştiremeyen veya bir prototipi ürün haline getiremeyen 2 öğrenci olmuştur (Ö2, Ö6). Tüm öğrencilerin aldıkları puanların aritmetik ortalaması 12'dir. Öğrencilerin değerlendirme kriterlerinden aldıkları puanlar incelendiğinde en yüksek puanı (20 puan) problemin veya ihtiyacın tanımlanması kriterinden elde ettiği görülmektedir. Bu kriter temelde problemin doğru tanımlanması ve problem üzerine çözüm önerilerinin detaylandırılıp tasarım fikrinin doğru oluşturulması ile ilişkilidir. Uygulama sürecinde yaşanan aksaklık 2 öğrencinin çalışmaya dahil olamamasıdır ancak katılan öğrencilerin aktif katılımı puanların genel anlamda yüksek olma durumunu açıklamaktadır. Öğrencilerin en düşük toplam puanı çözümlerin paylaşılması kriterinden aldığı ve bu durumun öğrencilerin çözümleri test etme ve değerlendirme ardından sunum üzerine görev dağılımını yapamama üzerine olduğu ifade edilebilir. Aşağıda farklı öğrencilerin her bir kriter bağlamında çalışma kağıdında yer alan sorulara verdikleri cevaplara dair örnekler yer almaktadır.



Şekil 4. 45. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.45' de Ö7'nin "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyaç açıkça tüm detaylarıyla tanımlanmış ve dolayısıyla Ö7 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Öğrencilerin tamamı sunulan BTHP kapsamında problemi veya ihtiyacı tanımlamış ve dolayısıyla sıfır puan alan öğrenci olmamıştır.



TASARIMI ANALİZ EDELİM

1-Size verilen model hangi parçalardan oluşuyor?

1-Tel
2-Motor
3-Pervane
4-Gövde

2-Söküp incelediğiniz her bir parçanın işlevini not ediniz.

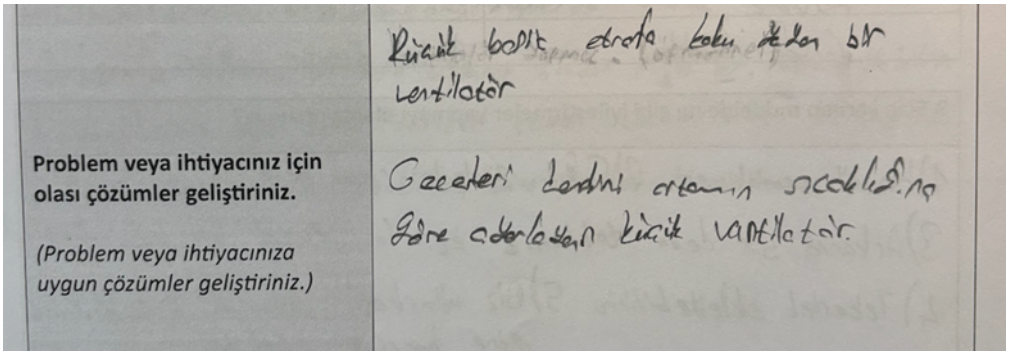
Parça	İşlevi
Tel	Pervane birine zarar vermesin diye
Motor	Motor bir enerji formunu mekanik enerjiye çeviren makinedir.
Pervane	İtme veya çekme gücü sağlayan alet
Gövde	Ayakta durmasını sağlayan alet

3-Size verilen modelde ne gibi iyileştirmeler yapmayı planlıyorsunuz?

1-Yaz aylarında kullanıldığı gibi kış aylarında da sıcak hava yayarak belirli yerleri ısıtabilir.
2-Etrafa seçilen kokuyu yayabilir
3-Vantilatörün altına tekerlek takabiliriz.
4-Ortamın derecesine göre hızlanıp yavaşlayabilir.
5-Havayı temizleyebilir.

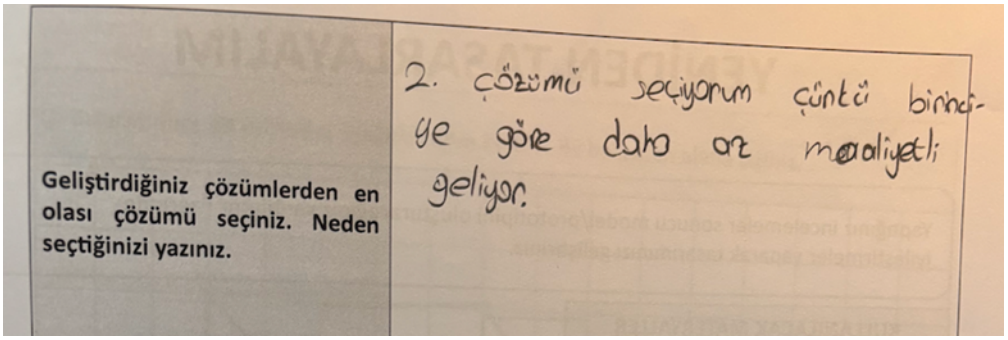
Şekil 4. 46. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.46'da Ö9'un "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında problem veya ihtiyacın çözümüne yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapılmış ve dolayısıyla Ö9 ilgili soru kapsamında tam puan (2 puan) almıştır. Araştırmacı tarafından sürece yönelik dergi, makale ve ilgili internet ortamı tüm öğrencilere sunulmuş ve tüm öğrencilere ilgili soruya yönelik en az 2 farklı kaynaktan araştırma yapma fırsatı sağlanmıştır. Dolayısıyla ilgili soru kapsamında çalışmaya katılan 8 öğrenci tam puan (2 puan) almıştır.



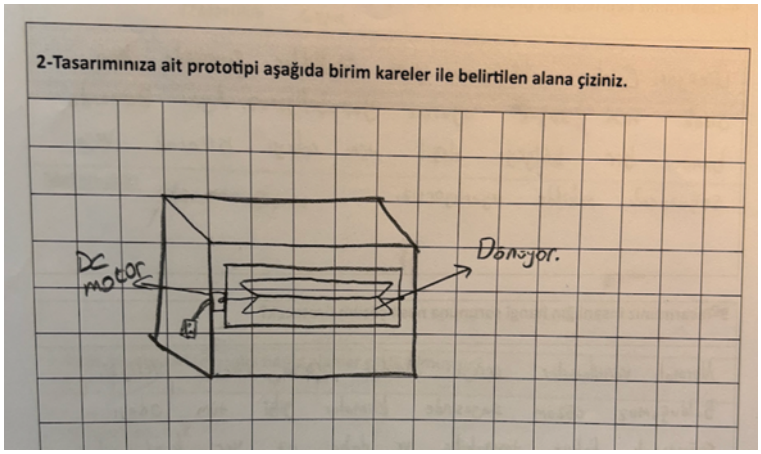
Şekil 4. 47. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö1'in "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.47'de Ö1'in "Problem veya İhtiyaca Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları tüm detaylarıyla tanımlanmış ve Ö1 ilgili sorudan tam puan (2 puan) almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 48. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö4'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.48'de Ö4'ün "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında çözüm önerilerinin avantaj ve dezavantajları yüzeysel olarak tanımlanmış ve Ö4 ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci tarafından çözüm önerileri avantaj ve dezavantajları yüzeysel veya açıkça tanımlandığından 0 puan alan öğrenci olmamıştır.



Şekil 4. 49. Daha işlevsel bir vantilatör tasarımı etkinliği Ö8'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan notları

Şekil 4.49'da Ö8'in "Prototip Oluşturulması" kriteri bağlamında çalışma kağıdında yer alan cevabı verilmiştir. Guerra ve Allen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmada çalışma kağıtlarını değerlendirmede kullanılan rubrik bağlamında Ö8 prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan malzeme kullanmış ve dolayısıyla ilgili sorudan 1 puan almıştır. Her öğrenci prototip için ölçüt ve sınırlamaların çoğunluğunu karşılayan veya ölçüt ve sınırlamaların tamamını karşılayan malzeme kullandığı için 0 puan alan öğrenci olmamıştır.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırmanın dördüncü bölümünde sunulan bulgu ve yorumlara dayanan genel sonuçlar açıklanmış ve tartışma yürütülmüştür. Ayrıca çalışmanın sonuçlarından elde edilen çıkarımlardan yola çıkılarak öneriler sunulmuştur. Araştırmanın verileri deney ve kontrol grubu olmak üzere toplam 25 öğrenciden toplanmıştır. Çalışmada toplam 16 alt problem mevcut olup alt problemlerden 12 tanesine çalışmadan elde edilen nicel verilerle, 4 tanesine ise nitel verilerle cevap aranmıştır. Deney grubu öğrencileri ile "Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları" gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği", "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği", "Çevre Bilinci Ölçeği" ne ilişkin sonuçların elde edilmesinde kullanılmıştır. Kontrol grubu öğrencileri ile ise "Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları" gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği", "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği", "Çevre Bilinci Ölçeği" ne ilişkin sonuçların elde edilmesinde kullanılmıştır. Süreç sonunda öğrencilerin biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları sürecine yönelik görüşlerine dair yarı yapılandırılmış görüşmelerinden ve çalışma kağıtlarından elde edilen verilerine dair sonuçlara yer verilmiştir.

5.1. Nicel Bulgulara İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Nicel bulgular "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği", "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği" ve "Çevre Bilinci Ölçeği" ile toplanmış olup elde edilen bulgulara dair sonuç ve tartışma ilgili bölümde sunulmuştur.

5.1.1. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Biyomimikri Farkındalığına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Araştırmada, biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştiren 13 öğrenciden oluşan deney grubu ile tersine mühendislik temelli STEM sürecini gerçekleştiren ve 12 öğrenciden oluşan kontrol grubunun biyomimikri farkındalık ölçeği öntest ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu durum araştırmaya katılan öğrencilerin biyomimikri deneyimi açısından benzer özellikte olduğunu ifade etmektedir. Ancak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık elde edilmiştir. Bununla birlikte deney grubu öğrencilerinin grup içi biyomimikri farkındalıkları karşılaştırıldığında ön testten son teste doğru anlamlı bir artış olduğu, kontrol grubu öğrencilerinin grup içi biyomimikri farkındalıkları karşılaştırıldığında ise anlamlı bir artış olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla biyomimikri temelli gerçekleştirilen STEM uygulama sürecinin öğrencilerin biyomimikri farkındalıklarına anlamlı bir katkı sağladığı ancak tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecinin öğrencilerin biyomimikri farkındalığına anlamlı bir katkı sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecinde biyomimikri farkındalığı üzerine anlamlı bir fark olmaması, öğrencilerin gerçekleştirdikleri uygulamalarda doğadan ilham almak veya doğayı taklit etmek yerine tersine mühendisliğin daha işlevsel, ekonomik ve yenilikçi bir tasarım geliştirme prensibine (Thayer, 2017) dayanmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Öğrenciler tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecinde oluşturdukları tasarım ve ürünler üzerine doğaya zarar vermeyen, işlevsel ve daha ekonomik bir ürün elde etmişlerdir. Ancak doğayı taklit etme veya doğadan ilham alma üzerine bir kriter bağlamında sınırlandırılmayıp bu kapsamda bir ürün açığa çıkarmamışlardır. Dolayısıyla biyomimikrinin doğadan ilham alma prensibine (Benyus, 2002) dayalı kazanımlar veya biyomimikri farkındalığı üzerine anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Biyomimikri temelli STEM uygulama süreci sonunda öğrencilerin biyomimikri farkındalıklarında anlamlı bir artış olması ise süreç boyunca öğrencilerin tasarımlarında doğayla uyumlu, doğadaki canlılardan ilham alarak bir tasarım problemine çözüm üretme gibi basamakları takip etmesinden ve canlıların doğasına yönelik detaylı araştırmalar yapmasından kaynaklanıyor olabilir. Biyomimikri temelli uygulamaların doğadan öğrenmeyi temel

alan ve doğanın ürünlerin sürdürülebilirliğini doğayla uyumlu olarak nasıl geliştirdiği (Baumeister, 2014) prensibine dayalı çalışmalar, öğrencilerin biyomimikri farkındalığının sontest lehine olmasını açıklar niteliktedir.

Alanyazın incelendiğinde Aydın ve Kaptan (2023)'ın çalışması ortaokul öğrencilerinin biyomimikri bağlamında yürütülen fen bilimleri dersinde motivasyonlarının arttığını ve yaratıcılıklarının geliştiğini, Türe (2023)' nin çalışması lise öğrencileri ile biyomimikri ve tersine mühendislik temelli yürütülen çalışmaların öğrencilerin tasarım geliştirme süreçlerine katkı sağladığını, Çoban ve Coştu (2023)' nun çalışması biyomimikri temelli yürütülen fen bilimleri dersinde ilköğretim öğrencilerinin doğadan ilham alan tasarımlar geliştirebildiğini, Canbazoğlu vd., (2021)'nin çalışması ortaokul öğrencilerinin biyomimikri temelli uygulamalar ile fen bilimlerine yönelik kavramları keşfetmelerine olanak sağladığını göstermektedir. Ancak ulusal alanyazında biyomimikri veya tersine mühendislik temelli uygulamaların üstün yetenekli öğrenciler ile çalışıldığı ve biyomimikri farkındalığına dair etkisinin incelendiği bir örnek bulunamamıştır.

Uluslararası alanyazında ise Kim (2019), gerçekleştirdiği çalışmada teknolojiyi temel alan biyomimikri temelli uygulamaların üstün yetenekli öğrencilerin teknolojik problemleri çözüme kavuşturmada etkili bir yol olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu örnek üstün yetenekli öğrencilerin biyomimikri temelli uygulamalar ile pek çok tasarım problemine çözüm sunabilecek çalışmalar yapabileceğini ifade etmektedir. Moore ve Tank (2014) çalışmasında STEM entegrasyonuna dayanan uygulamaların çeşitliliğinin biyomimikri temelinde çalışmalar ile arttırılabileceğini, Liu vd. (2023) STEM uygulamalarına entegre yürütülecek tersine mühendislik temelli çalışmaların öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirdiğini, Taşçı ve Şahin (2020) tersine mühendislik temelli uygulamaların derslerde kullanımının yapılandırmacı yaklaşımın kullanımından daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Dolayısıyla STEM entegrasyonunda biyomimikri ve tersine mühendislik temelli uygulamalar ile öğrencilerin pek çok becerisinin olumlu yönde etkileneceği ön görülmektedir.

Alanyazında biyomimikrinin eğitim-öğretim ortamlarına entegre edildiği çalışmalar sınırlı olup özellikle biyomimikriye dair farkındalık, tutum vb. bileşenlerin incelenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte gerçekleştirilen uygulamaya dair elde edilen

veriler incelendiğinde öğretmenlerin derslerine entegre bir şekilde biyomimikri yaklaşımına dayalı etkinlikler tasarlamasının, öğrenciye pozitif yönde katkı sağlayacağı söylenebilir.

5.1.2. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonlarına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Araştırmada, biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştiren 13 öğrenciden oluşan deney grubu ile tersine mühendislik temelli STEM sürecini gerçekleştiren ve 12 öğrenciden oluşan kontrol grubunun daimi bilim öğrenme motivasyonu ölçeği öntest puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ancak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonları sontest puan ortalamaları arasında kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Bununla birlikte deney ve kontrol grubu öğrencilerinin grup içi daimi bilim öğrenme motivasyonları karşılaştırıldığında ön testten son teste doğru anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum biyomimikri ve tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen STEM uygulama sürecinin öğrencilerin daimi bilim öğrenme motivasyonlarına anlamlı bir şekilde katkı sağladığı şeklinde açıklanabilir. Biyomimikri temelli gerçekleştirilen süreçte öğrencilerin doğa ve canlıların doğası üzerine detaylı araştırmalar yapması ve doğadan ilham alan tasarımlar geliştirmesi daimi bilim öğrenme motivasyonları kapsamında yer alan bilim, doğa, hayvanlar ya da çevre temalı maddelere yönelik deneyimlerini ve uygulamalarını arttırmıştır. Tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen STEM uygulamaları kapsamında ürün açığa çıkarma sürecinde yer alan tasarım kriterlerinin doğaya uyumlu ve sürdürülebilir tasarımlar geliştirme prensibine dayanması da kontrol grubu öğrencilerinin daimi bilim öğrenme motivasyonlarında elde edilen anlamlı sonucu açıklamaktadır.

Fen bilimleri eğitimi araştırmalarının öğrenmede bilişsel boyutlardan ziyade motivasyon, ilgi vb. üzerine de odaklanması gerektiği (Fortus Vedder-Weiss ve, 2011) ve eğitim-öğretim sürecini gerçekleştiren öğretmenlerin, öğrenci motivasyonunun öğrenme üzerindeki etkisine sıklıkla vurgu yaptığı bilinen bir gerçektir. Öğrencilerin okul dışı ortamlarda bilim öğrenmeye istekli olup boş zamanlarında deneyler yapması veya bilim, doğa, hayvanlar üzerine araştırmalar gerçekleştirmesi daimi bilim öğrenme

motivasyonlarını ifade eder (Erdoğan vd., 2015). Pascarella vd. (1981) gerçekleştirdiği çalışmada öğretmen merkezli uygulamaların gerçekleştirildiği sınıflarda ve öğrencilerin sınıf düzeyinin artması ile birlikte daimi bilim öğrenme motivasyonunun düştüğü sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda daimi bilim öğrenme motivasyonunun artırılmasında, öğretmen merkezli uygulamalardan ziyade öğrencilerin aktif katılımını esas alan ve disiplinlerarası yaklaşımlar içeren öğrenme ortamlarının önemi giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Bu bağlamda biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarının, öğrencilerin bilimsel öğrenmeye yönelik kalıcı motivasyonları üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmüştür. Söz konusu süreçlerin öğrenci merkezli yapısı, öğrencilerin sürece etkin katılımını teşvik etmekte ve okul dışı ortamlarda gerçekleştirilen gözlem faaliyetleri aracılığıyla öğrencilerin canlılara yönelik merak ve keşfetme isteğini artırmaktadır. Özellikle STEM eğitimi çerçevesinde ele alındığında, biyomimikri ve tersine mühendislik temelli uygulamaların, öğrencilere problem çözme ve yaratıcılık becerileri kazandırmanın yanı sıra bilimsel öğrenme süreçlerini daha anlamlı kıldığı belirlenmiştir. Bu yaklaşımlar, öğrencilerin doğadaki canlıları gözlemleyerek bilimsel ilkeleri keşfetmelerine ve mühendislik çözümleri üretmelerine olanak tanımakta; böylece bilimsel düşünme süreçleriyle gerçek dünya problemleri arasında köprü kurmaktadır (Bar-Cohen, 2011; Vincent vd., 2006). Sonuç olarak, gerçekleştirilen biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarının öğrenci merkezli doğası ve disiplinlerarası yaklaşımı, öğrencilerin bilimsel meraklarını canlı tutarak öğrenme motivasyonlarını anlamlı bir şekilde artırdığı şeklinde yorumlanabilir. Elde edilen sonuçlar bu tür yenilikçi yaklaşımların eğitim süreçlerine entegrasyonunun, öğrencilerin bilimsel farkındalık ve problem çözme becerilerine yönelik önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır.

5.1.3. Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrencilerin Çevresel Tutumlarına Etkisine İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Araştırmada, biyomimikri temelli STEM uygulama sürecini gerçekleştiren 13 öğrenciden oluşan deney grubu ile tersine mühendislik temelli STEM sürecini gerçekleştiren ve 12 öğrenciden oluşan kontrol grubunun çevre bilinci ölçeği öntest ve sontest puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu durum öğrencilerin çevreyi ilgilendiren farklı konulardaki görüşlerinin ve deneyimlerinin benzer

olduğu şeklinde açıklanabilir. Bununla birlikte deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çevresel tutumları karşılaştırıldığında öntestten sonteste doğru anlamlı bir artış olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum öğrencilerin çevreye yönelik derinleşmiş tutumlarının gerçekleştirilen uygulamalar ile değişmediği aynı zamanda deney ve kontrol gruplarının uygulama öncesi benzer çevresel tutumlara sahip olup çevresel tutumlarının uygulama süreci boyunca önemli ölçüde farklılaşmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Özdemir (2023) gerçekleştirdiği çalışmada, Çevre Temelli STEM eğitiminin üstün yetenekli öğrencilerin çevreye yönelik tutumlarına etkisini incelemiş ve STEM eğitiminin öğrencilerin çevreye yönelik farkındalıklarını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Demir (2021) çalışmasında, STEM etkinliklerinin 7. Sınıf öğrencilerinin çevresel tutumlarına etkisini araştırmış ve yapılan STEM temelli çalışmanın öğrencilerin çevresel tutumlarına pozitif yönde etki ettiğini belirtmiştir. Bulut (2024) çalışmasında, çevre eğitimi temelli STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin çevre sorunlarına yönelik tutumlarına etkisini incelemiş ve çalışma sonunda öğrencilerin çevresel tutumlarında olumlu yönde anlamlı farklılık elde etmiştir. Karasu (2024) çalışmasında, biyomimikriye dayanan tasarım temelli bir uygulama gerçekleştirmiş ve öğrencilerin sürdürülebilir çevreye yönelik tutumlarında olumlu yönde anlamlı farklılıklar elde etmiştir. Sunulan çalışmalar üzerine biyomimikri ve tersine mühendislik temelli uygulamalarda çevreye yönelik tutum üzerine yapılan çalışmaların alanyazın incelemeleri ardından hala sınırlı sayıda olduğu ifade edilebilir. Öğrenciler gerçekleştirecekleri biyomimikri ve tersine mühendislik temelli uygulamalar ile doğa dostu, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilen tasarımlar oluşturmakla birlikte ekolojik okuryazarlık ve disiplinlerarası çalışma becerisi gibi pek çok 21.yüzyıl becerisini de kazanacaklardır (Sumrall vd., 2018). Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli uygulamaların öğrencilerin doğayla iç içe olmasına olumlu katkı sağlayacağı, çevreye yönelik yaratıcı çözümler geliştirme potansiyelini arttıracağı, çevresel farkındalıkları ve sürdürülebilirlik bilincinde rol oynayacağı düşünülmektedir.

5.2. Nitel Bulgulara İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

5.2.1. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Biyomimikri temelli STEM ve tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecinin ardından kontrol grubu öğrencilerine tersine mühendislik temelli STEM yarı yapılandırılmış görüşme formu, deney grubu öğrencilerine ise biyomimikri temelli STEM yarı yapılandırılmış görüşme formunda bulunan sorular yöneltilmiştir. Deney grubu öğrencilerine yöneltilen "*Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?*" sorusu kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar "Doğadan/canlılardan ilham alarak bir tasarım geliştirmek", "Günlük yaşantımızda karşılaştığımız problemleri çözebilmek için doğadan ilham almak", "İnsanlık yararına teknolojiler geliştirmek" şeklindedir. Elde edilen kodların biyomimikrinin doğasına ve anlayışına uygun olduğu ifade edilebilir. Biyomimikrinin doğadan ilham alarak bir tasarım geliştirmek (Benyus, 2002) tanımının öğrenciler tarafından anlaşıldığı görülmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin çalışma kağıtlarında sunulan Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP) kapsamında sunulan probleme yönelik doğadan ilham alarak çözüm üretme üzerine çalışmaları 2. kodun "Günlük yaşantımızda karşılaştığımız problemleri çözebilmek için doğadan ilham almak" şeklinde olmasını açıklar niteliktedir. Geliştirilen ürünler ve tasarımlara, günümüz çağının bir gerekliliği olarak hayatımızda yer edinmiş teknolojinin entegre edilmesi de "İnsanlık yararına teknolojiler geliştirmek" kodunu açıklar niteliktedir.

Öğrencilere yöneltilen "*Biyomimikri temelli tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusu kapsamında dört kod elde edilmiştir. Bunlar "Biyomimikri temelli tasarımlar doğa/çevre dostu olmalı", "Biyomimikri temelli tasarımlar doğadan ilham almalı", "Biyomimikri temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalı", "Biyomimikri temelli tasarımlar dayanıklı/işlevsel olmalı" şeklindedir. Bu durum öğrencilerin, sunulan çalışma kağıdında ürün oluşturma veya tasarım geliştirme süreçleri öncesinde tasarım kriterleri bağlamında hareket ettiklerini göstermektedir. Biyomimikri tasarımlarının, insanların sorunlarına sürdürülebilir çözümler arayan bir inovasyon yaklaşımı olarak tanımlanması (Biomimicry Institute, 2017) ve öğrencilerin bu tasarımların özelliklerine dair verdikleri cevaplar, onların doğayı bir çözüm odağı olarak gördüklerini ortaya koymaktadır.

"*Doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken hangi canlı organizmalardan yararlanabiliriz? Örneklendirerek açıklar mısınız?*" sorusuna yönelik altı kod elde edilmiştir. Bunlar; "Lotus çiçeğinden ilham alma", "Kambur balinalardan ilham alma", "Termitlerden ilham alma", "Yalıçapkını kuşundan ilham alma", "Bukalemundan ilham alma" ve "Kaktüslerden ilham alma" şeklindedir. Öğrenciler geliştirdikleri tasarımlarda, ilgili tasarım problemini çözmeye yönelik doğada bulunan canlılara dair detaylı araştırmalar gerçekleştirmişler ve ilgili canlının en az bir özelliğini taklit etmişlerdir. Dolayısıyla elde edilen veriler, öğrencilerin doğadaki canlıları yalnızca gözlemlemekle kalmayıp, bu canlıların özelliklerini analiz ettiklerini ve ilgili özellikleri tasarım süreçlerinde bilinçli bir şekilde uyguladıklarını göstermektedir.

"*Biyomimikri temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Araştırmanın yapılması/planlanması", "Ürünün oluşturulması", "Prototip çizilmesi", "Malzemelerin belirlenmesi", "Belgesel izlenmesi" şeklindedir. İlgili kodlar, öğrencilerin biyomimikri temelli tasarımlar geliştirirken STEM yaklaşımına entegre çalışmalar yaptıklarını göstermektedir. Öğrencilerin gerçekleştirdikleri adımlar, STEM yaklaşımının temel bileşenleriyle örtüşmekte ve problem çözme süreçlerinde bilimsel yöntem basamaklarını temel aldıklarını ortaya koymaktadır.

"*Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin cevapları doğrultusunda beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Tasarımların doğa dostu olmasını sağlama", "Tasarımların daha sürdürülebilir olmasını sağlama", "Tasarım problemlerine pratik çözümler üretilmesini sağlama", "Tasarımların daha dayanıklı ve işlevsel olmasını sağlama", "Tasarımların daha yenilikçi olmasını sağlama" şeklindedir. Elde edilen kodlar Benyus (2002) tarafından ifade edilen biyomimikri prensiplerini ifade eder niteliktedir. Biyomimikri kapsamında dokuz temel prensip ifade eden Benyus, ifade edilen özelliklerin tasarımların bir bütün olmasında önem arz ettiğini de ayrıca belirtmektedir (Mathews, 2011). Dolayısıyla öğrencilerin gerçekleştirilen biyomimikri temelli STEM uygulama süreci ardından tasarım geliştirme sürecinde doğadan ilham almanın avantajlarına dair ifadelerinin biyomimikri prensipleri ile örtüştüğünü söylemek mümkündür.

"*Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Geliştirilecek tasarımların maliyetinin yükselmesi", "Her probleme uygun çözümün doğada bulunmaması", "Dezavantajı yoktur" şeklindedir. Biyomimikri tasarım problemlerine çözüm sunmada etkili bir yoldur. Ancak öğrenciler her probleme yönelik çözümün doğada bulunmayacağını ifade etmişlerdir. Başka bir deyişle, öğrenciler biyomimikri temelli tasarımların çoğunlukla ileri teknoloji gerektirmesi nedeniyle maliyetlerin artacağını ifade etmişlerdir.

"*Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında dört kod elde edilmiştir. Bunlar; "İnsanların hayatını kolaylaştırma", "İnsanların daha çevre/doğa dostu tasarımlar elde etmesini sağlama", "İnsanların sürdürülebilir tasarımlar elde etmesini sağlama", "İnsanların daha yenilikçi tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklindedir. Tasarımcılar, tasarım sorunlarına çözüm üretebilmek amacıyla kullanışlı ve işlevsel yöntemlere ihtiyaç duymakta (Biomimicry Institute, 2017) ve bu durum doğa ile uyumlu tasarımlar geliştirme gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Öğrencilerin, biyomimikri temelli gerçekleştirilecek tasarımlar ile daha çevre/ doğa dostu ve sürdürülebilir tasarımlar elde edileceği düşüncesi biyomimikrinin doğası ile örtüşmektedir. Aynı zamanda verilen cevaplar biyomimikrinin doğayı taklit etmekten ziyade sürdürülebilir, çevre dostu ve yenilikçi tasarımlar geliştirmeye imkan sunarak insan hayatını kolaylaştırmak adına fırsatlar sunduğunu da göstermektedir.

"*Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Çevrenin temiz kalmasını sağlama", "Çevrenin korunmasını sağlama", "Çevrenin sürdürülebilirliğine katkı sağlama" şeklindedir. Biyomimikri yaklaşımının günümüz sorunlarını doğanın nasıl ele aldığını ve çevremiz adına nasıl çözümler sunduğunu incelemesi, çevre dostu tasarımlar geliştirme konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır (Radwan ve Osama, 2016). Öğrencilerin gerçekleştirdikleri süreç ardından ilgili soru kapsamında verdikleri cevaplar biyomimikri yaklaşımıyla gerçekleştirilen tasarımların çevresel sürdürülebilirlik adına sunduğu potansiyeli vurgulamaktadır.

"*Biyomimikri temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Evet, etkisi olacak", "Kararsızım", "Hayır, etkisi olmayacak" şeklindedir. Öğrencilerin gerçekleştirdiği çalışmaların STEM ile entegre ilerlemesi ve STEM sürecinin bilimsel araştırma basamaklarını temel alan yapısı dolayısıyla mühendislik, fen vb. alanlara ilgisi olan öğrenciler, biyomimikri temelli uygulamaların meslek seçimlerine olumlu etkisi olacağını ifade etmiştir. Bununla birlikte bazı öğrenciler biyomimikri temelli çalışmaların ilgi çekici olduğunu belirtseler de ilgili alana yönelik bir kariyer hedefi belirleyip belirmediklerine dair net karar verememiş ve ilgili soruyu "Kararsızım" şeklinde ifade etmişlerdir. Gerçekleştirilen çalışmaların meslek seçimlerinde etkisi olmayacağını düşünen öğrencilerinin ise ilgi alanlarının biyomimikri ve STEM disiplinlerinden farklı olduğu ifade edilebilir.

"*Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Bir tasarım ortaya koymak", "Canlılar ile ilgili araştırmalar yapmak", "İş birliği içerisinde çalışmak", "Prototip çizim yapmak", "Canlılar ile ilgili belgesel izlemek" şeklindedir. Öğrencilerin, aktif rol oynadığı ve iş birliği içerisinde gerçekleştirdiği uygulama süreci sonunda bir ürün elde etmesi ve ayrıca "canlılar ile ilgili araştırma yapmak" gibi etkinlikler ile doğadan ilham alarak bilgi edinmeleri doğayı derinlemesine anlamaya çalıştıklarını ve bundan keyif aldıklarını ortaya koymaktadır.

"*Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında dört kod elde edilmiştir. Bunlar; "Keyif almadığım/zorlandığım durum yok", "Tasarım oluşturma süreci", "Tasarım sürecinin uzun sürmesi", "Tasarım üzerine araştırma yapılması" şeklindedir. Görev dağılımının grup içi uygulama sürecinde doğru yapılmaması ve ürün oluştururken prototip üzerinde ilave veya çıkartmalar yapılması tasarım sürecinin uzaması ve ardından öğrencilerin bu durumdan keyif almamasına neden olmuştur.

5.2.2. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Yarı-Yapılandırılmış Görüşme Formundan Elde Edilen Verilere İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Biyomimikri temelli STEM ve tersine mühendislik temelli STEM uygulama sürecinin ardından kontrol grubu öğrencilerine tersine mühendislik temelli STEM yarı yapılandırılmış görüşme formunda bulunan sorular yöneltilmiştir. Kontrol grubu öğrencilerine yöneltilen "*Tersine mühendislik kavramını nasıl tanımlarsınız?*" sorusuna yönelik beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Bir ürünü parçalarına ayırıp, parçaları daha kullanışlı hale getirerek birleştirmek", "Bir ürünü iyileştirmek/geliştirmek", "Bir ürünü daha kullanışlı hale getirmek", "Bir ürünü insanlara fayda sağlayacak şekilde geliştirmek", "Bir ürünün ortaya çıkış sürecini kavramaya çalışmak" şeklindedir. Tersine mühendislik sürecinde bir ürün sökülür, her bir parça incelenir ve ürün daha iyi performans sunması için yeniden tasarlanır ve öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına hitap etmede faydalı bir süreçtir (Wood vd., 2001). Öğrencilerin gerçekleştirilen uygulama sonrası tersine mühendislik kavramının tanımına yönelik verdiği yanıtlar incelendiğinde kavramın temel yapısını ve sürecini destekleyici yorumlar yaptıkları görülmektedir.

"*Tersine mühendislik temelli oluşturulan tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında altı kod elde edilmiştir. Bunlar; "Tersine mühendislik temelli tasarımlar ekonomik olmalıdır", "Tersine mühendislik temelli tasarımlar çevre dostu olmalıdır", "Tersine mühendislik temelli tasarımlar yenilikçi olmalıdır", "Tersine mühendislik temelli tasarımlar kullanışlı olmalıdır", "Tersine mühendislik temelli tasarımlar dayanıklı olmalıdır", "Tersine mühendislik temelli tasarımlar sürdürülebilir olmalıdır" şeklindedir. Tersine mühendislik sürecinin bir tasarım probleminde kullanılma nedenleri; eski ürünler üzerine revizeler yapmak, tasarımlarda iyileştirmeler sağlamak, tasarımların geliştirilmesi ve eksiklerinin giderilmesi şeklinde sıralanabilir (Thayer, 2017). Öğrencilerin de geliştirdiği tasarımları bu kapsamda yapılandırdığı görülmektedir. Bununla birlikte tersine mühendisliğin öğrencilerin bir bileşenin nasıl çalıştığını gözlemlemeleri ve her bileşeni analiz edip disiplinlerarası bağlantıya uygun bir ortam sağlaması (Lur vd., 2022) elde edilen tasarımların daha ekonomik, dayanıklı olmasını sağlamıştır. Öğrencilerin verdiği cevaplar da bu durumu kanıtlar niteliktedir.

"*Tersine mühendislik temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Ürünün parçalarına ayrılıp her bir parçasının araştırılması/incelenmesi", "Ürünün oluşturulması", "Prototip çizilmesi", "Malzemelerin belirlenmesi", "Çalışma kağıdına notlar alma" şeklindedir. Mühendislik tasarım sürecinin kaynak, zaman, bütçe gibi kriterler bağlamında bir probleme çözüm üretmeyi amaçladığı ve bu sürecin öğrencilerin çalışmalarının değerlendirilmesi adına faydalı birtakım modeller içerdiği bilinmektedir (Cejka ve Rogers, 2005). Bu modellerin basamakları büyük ölçüde aynıdır ve süreç problem/ihtiyacın tanımlanmasıyla başlamakta ve tasarımın planlanması, prototip oluşturma ve test ederek iyileştirmeler yapıp geliştirme ile devam etmektedir. Dolayısıyla öğrenciler tersine mühendislik bağlamında gerçekleştirdikleri süreçte mühendislik tasarım süreci kapsamında ilerlemiş ve buna ek olarak tersine mühendislik sürecinin gerektirdiği söküp parçalara ayırma, her bir parçanın incelenmesi gibi çalışmalar da yapmışlardır. Öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında elde edilen kodların mühendislik tasarım süreci modellerine ve tersine mühendislik temeline dayanan sürece uygun olduğu görülmektedir.

"*Tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında altı kod elde edilmiştir. Bunlar; "Grup içerisinde iletişim halinde olmak", "Bir tasarım ortaya koymak", "İş birliği içerisinde çalışmak", "Her bir parçanın sökülüp incelenmesi", "Prototip çizim yapmak", "Mühendislik temelli uygulamalar yapmak" şeklindedir. Kodlar incelendiğinde öğrencilerin, iş birliği içerisinde ve grup içerisinde iletişim halinde çalışmalarının tasarım geliştirme süreçlerinde keyif aldıkları noktalara dair öne çıktığı görülmektedir. Bir ürün açığa çıkarmanın yanı sıra belirtilen hususlar ile sosyal becerilerinin de desteklendiği görülmektedir. Ayrıca tasarım ortaya koyma ve tasarıma dair prototip oluşturmadan keyif almaları kendi fikirlerini somut bir ürüne dönüştürerek öğrencilere motivasyon kaynağı olmuştur şeklinde yorumlanabilir. Parçaların söküp incelenmesi ve mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirmekten keyif almaları ise tersine mühendislik temelli sürecin yapısına uygun hareket ettiklerini ve mühendisliğe dair de bakış açıları kazandıklarını göstermektedir.

"*Tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında beş kod elde edilmiştir. Bunlar; "Çalışma kağıdına notlar almak", "Tasarımın planlanması", "Zorlandığım/keyif almadığım durum yok", "Araştırma yapmak", "Grup içi motivasyonun düşük olması" şeklindedir. Kodlar incelendiğinde, öğrencilerin bilgi toplama süreci ve elde edilen bilgilere dair notlar alma aşamalarında zorlandıkları görülmektedir. Bu durum öğrencilerin dokümantasyon sürecinde bilgiye ulaşmak adına veya bilgileri organize etmede güçlük yaşadıkları şeklinde yorumlanabilir. Buna ek olarak, tasarımın planlanmasında doğru kararları alırken zorluklar yaşadıklarını ve bunun sonucu olarak grup içi motivasyonun düştüğünü ifade etmek mümkündür.

"*Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?* " sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında dört kod elde edilmiştir. Bunlar; "İnsanların daha kullanışlı/işlevsel tasarımlar elde etmesini sağlama", "İnsanların daha ekonomik tasarımlar elde etmesini sağlama", "İnsanların günlük yaşam problemlerine çözüm üretecek tasarımlar elde etmesini sağlama", "İnsanların daha doğa/çevre dostu tasarımlar elde etmesini sağlama" şeklindedir. Tersine mühendislik temelli gerçekleştirilen süreçte yapılan uygulamaların pek çoğunda doğaya zarar vermeyecek ürünler kullanmak, maliyeti düşük bir ürün tasarlamak gibi kriterler mevcuttur. Verilen cevaplar öğrencilerin tasarım kriterleri bağlamında uygun çalışmalar gerçekleştirip tersine mühendislik yaklaşımına uygun hareket ettiklerini göstermektedir.

"*Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak doğaya ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?* " sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Tasarımların yenilenebilir enerjiyi kullanmasını sağlama", "Tasarımların daha doğa dostu olmasını sağlama", "Tasarımların daha kullanışlı/işlevsel olmasını sağlama" şeklindedir. Tasarım kriterleri bağlamında doğa dostu ve ekonomik bir ürün tasarlama amacıyla, sunulan tasarım problemine çözüm arayan öğrenciler tasarımlarında sıklıkla yenilenebilir enerjiden faydalanmıştır. Yenilenebilir enerjiyi tasarımlarında kullanarak daha doğa dostu, işlevsel ve ekonomik ürünler elde etmişlerdir. Dolayısıyla enerji verimliliğini arttıran çözümler geliştirerek, yenilikçi yaklaşımları tasarımlarına entegre etmişlerdir.

"*Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?* " sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Tasarımların daha kullanışlı/işlevsel olmasını sağlama", "Tasarımların daha çevre dostu olmasını sağlama", "Tasarımlarda yenilenebilir enerjiyi kullanmayı sağlama" şeklindedir. Kodlar incelendiğinde, öğrencilerin tersine mühendislik süreci kapsamında mevcut ürünleri analiz ederek daha işlevsel tasarımlar oluşturmayı hedeflediklerini ve çevresel sürdürülebilirliği ön planda tuttuklarını söylemek mümkündür. Ayrıca tasarımlarında yenilenebilir enerjiden faydalanıp bu kapsamda verdikleri cevaplar, öğrencilerin enerji tüketimine yönelik alışkanlıklarını da dönüştürmeye yönelik bilinç geliştirdiklerini göstermektedir. Genel olarak öğrenciler gerçekleştirdikleri tersine mühendislik temelli uygulamalar sayesinde mevcut tasarımları geliştirmeyi ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamanın önemini kavramışlardır.

"*Tersine mühendislik temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?*" sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği cevaplar kapsamında üç kod elde edilmiştir. Bunlar; "Evet, etkisi olacak", "Hayır, etkisi olmayacak", "Kararsızım" şeklindedir. Gerçekleştirilen sürecin ileriye yönelik meslek seçimlerine etkisi olacağını düşünen öğrencilerin mühendislik alanlarına yönelik ilgilerinin pekiştiği, diğer yandan etkisi olmayacağını düşünen öğrencilerin ise uygulamaları ilgi çekici bulsalar bile meslek seçimlerine dair mühendislik süreci dışında farklı bir alana yönelim kararı aldıkları şeklinde ifade edilebilir. Bununla birlikte kararsız olduğunu belirten öğrencilerin ise mesleki yönelimleri konusunda keşif sürecinde oldukları söylenebilir.

5.2.3. Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Araştırma süresince, araştırmacı tarafından hazırlanan ve deney grubuna uygulanan "Biyomimikri Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıdı" Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile çalışma değerlendirilmiş ve çalışma kağıtlarına ilişkin bulgular ve yorumlar elde edilmiştir. Bulgulara dair sonuçlar ve tartışma sunulmuştur.

5.2.3.1. "Kambur Balinalardan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından ilki olan "Kambur Balinalardan İlham Aldık" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Rubrikte bulunan her bir değerlendirme kriteri Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen "Biomimicry Design Spiral" bağlamında geliştirilen ders planları kapsamında kategorize edilmiştir. Çalışmaya 13 öğrenci katılım sağlamış ve her bir öğrencinin tasarım geliştirme süreçleri "Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği" ne göre değerlendirilmiştir. 16 puan üzerinden en yüksek puanı 15 puan ile Ö8, en düşük puanı ise 10 puan ile Ö10 ve Ö3 almıştır. Alınan puanların aritmetik ortalaması 12,53'tür. Öğrenciler genel anlamda yüksek puan almış olup çalışma kağıtlarına ilgili kriterler bağlamında anlamlı yanıtlar vermişlerdir. En yüksek puan "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" ve "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması" kriterlerinden alınmıştır. Çalışma kağıtlarında sunulan BTHP (Bilgi temelli hayat problemi) nin açık ve anlaşılır olması öğrencilerin problemi doğru şekilde ifade etmelerinde etken olmuştur. En düşük puan "Yeniden Tasarım" kriterinden alınmış olup, bu durum öğrencilerin çözüm sürecinde farklı alternatifler geliştirme ve mevcut tasarımlarını iyileştirme üzerine daha fazla desteğe ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Öğrencilerin ilgili kriter bağlamında daha yenilikçi ve inovatif çözümler üretebilmeleri adına rehberlik sağlanması veya farklı örneklerin incelenip sunulması adına öğrencilerin teşvik edilmesi faydalı olabilir.

5.2.3.2. "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından ikincisi olan "Mimari Tasarımlarda Doğadan İlham Aldık" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Rubrikte bulunan her bir değerlendirme kriteri Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen "Biomimicry Design Spiral" bağlamında geliştirilen ders planları kapsamında kategorize edilmiştir. Çalışmaya 10 öğrenci katılım sağlamış ve her bir öğrencinin tasarım

geliştirme süreçleri Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmiştir. 16 puan üzerinden en yüksek puanı 15 puan ile Ö11, en düşük puanı ise 12 puan ile Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9 almıştır. Alınan puanların aritmetik ortalaması 12,6'dır. Öğrenciler genel anlamda yüksek puan almış olup çalışma kağıtlarına ilgili kriterler bağlamında anlamlı yanıtlar vermişlerdir. 20 puan üzerinden tam puan alınan kriterler "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması", "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması", "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi" şeklindedir. Öğrenciler ilgili kriterler bağlamında açık ve anlaşılır bir şekilde problemi tanımlayıp problemin çözümüne yönelik doğada bulunan canlılardan olası çözümler geliştirmişlerdir. Problemi doğru tanımlamaları, ihtiyaçları net olarak ortaya koymaları ve ardından doğadan çözümler geliştirmeleri süreci sağlam bir temele oturtup ardından anlamlı bir tasarım ortaya koymalarını sağlamıştır. Bununla birlikte "Yeniden Tasarım" sürecinden hiçbir öğrenci tam puan alamamış ve toplam 20 puan üzerinden 10 puan elde edilmiştir. Öğrencilere yeniden tasarım kriteri bağlamında kendi tasarımlarını iyileştirmeleri adına rehberlik edilmesi gerektiği ifade edilebilir.

5.2.3.3. "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Biyomimikri temelli STEM uygulamalarından ikincisi olan "Ayçiçeği Bitkisinden İlham Aldık" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Rubrikte bulunan her bir değerlendirme kriteri Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen "Biomimicry Design Spiral" bağlamında geliştirilen ders planları kapsamında kategorize edilmiştir. Çalışmaya 9 öğrenci katılım sağlamış ve her bir öğrencinin tasarım geliştirme süreçleri Biyomimikri Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği'ne göre değerlendirilmiştir. 16 puan üzerinden 14 puan ile en yüksek puanı Ö6, Ö8, Ö10 ve Ö13 almıştır. En düşük puanı ise 12 puan ile Ö2, Ö3 almıştır. 18 puan üzerinden 18 tam puan "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması", "Problem veya İhtiyaca Yönelik Araştırma Yapılması", "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Doğada Bulunan Canlılardan Olası Çözümler Geliştirilmesi", "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" kriterlerinden alınmıştır. Bu durum, öğrencilerin problemi doğru analiz

ettiklerini, problem üzerine sistematik araştırmalar yaptıklarını ve biyomimikri ilkeleri kapsamında doğadan ilham alıp yaratıcı çözümler geliştirerek geliştirilen çözümlerin avantaj ve dezavantajlarını doğru tanımladıklarını göstermektedir. En düşük puan, 18 puan üzerinden 9 puan ile "Yeniden Tasarım" kriterinden alınmıştır.

5.2.4. Tersine Mühendislik Temelli Uygulamalara Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Araştırma süresince, araştırmacı tarafından hazırlanan ve kontrol grubuna uygulanan "Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamaları Çalışma Kağıdı" Guerra ve Allen (2012)'in çalışmasında tanımlayıp mühendislik tasarım sürecine ilişkin adımları ifade ettiği tablosu bağlamında oluşturulan rubrik ile çalışma değerlendirilmiş ve çalışma kağıtlarına ilişkin bulgular ve yorumlar elde edilmiştir. Bulgulara dair sonuçlar ve tartışma sunulmuştur.

5.2.4.1. "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından ilki olan "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik geliştirilen çalışma kağıtlarına öğrencilerin verdiği cevaplar mühendislik tasarım süreci Guerra ve Allen (2012) tarafından oluşturulan rubrik bağlamında değerlendirilmiştir. 12 öğrenciden oluşan kontrol grubu öğrencilerinin 10'u çalışmaya katılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerden 16 puan üzerinden en yüksek puanı 13 puan ile Ö6, Ö10 ve Ö11 almıştır. 20 tam puan ile en yüksek puan "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" kriterinden alınmıştır. En düşük puan ise 9 puan ile "Yeniden Tasarım" kriterinden alınmıştır. Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı olan problemi tanımlama basamağını kavradıkları ifade edilebilir. Bununla birlikte tasarım üzerinde iyileştirmeler yapmaya yönelik kriterde daha fazla rehberliğe ihtiyaç duydukları düşünülmektedir.

5.2.4.2. "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz!" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından ikincisi olan "Güneşten Maksimum Düzeyde Enerji Elde Ediyoruz" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik geliştirilen çalışma kağıtlarına öğrencilerin verdiği cevaplar mühendislik tasarım süreci Guerra ve Allen (2012) tarafından oluşturulan rubrik bağlamında değerlendirilmiştir. 12 öğrenciden oluşan kontrol grubu öğrencilerinin 11'i çalışmaya katılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerden 16 puan üzerinden en yüksek puanı 16 tam puan ile Ö6, Ö9 ve Ö12 almıştır. 20 tam puan ile en yüksek puan "Prototip Oluşturulması" kriterinden alınmıştır. Öğrencilerin ilgili kriterden yüksek puan alması probleme yönelik geliştirecek tasarımlarında yaratıcı ve işlevsel çözümler ileri sürdüklerini göstermektedir. Aynı zamanda bu durum öğrencilerin teorik bilgilerini somutlaştırma ve pratikte başarıya dönüştürme açısından başarılı oldukları şeklinde yorumlanabilir. En düşük puan "En İyi Çözümlerin Seçilmesi" ve "Problem veya İhtiyacın Çözümüne Yönelik Olası Çözümler Geliştirilmesi" kriterlerinden alınmıştır. Öğrenciler problem veya ihtiyacı doğru tanımlamış ancak geliştirecekleri tasarımlarında yeterli sayıda çözüm geliştirememiş ve çözümlerin avantaj ve dezavantajlarını detaylı bir şekilde tanımlamamışlardır. Bu durum, öğrencilerin ilgili uygulama bağlamında daha fazla rehberliğe ihtiyaç duyduğunu ve probleme yönelik çözüm ararken genellikle ilk buldukları çözüme odaklanıp farklı bakış açıları geliştirme açısından derinleşemedikleri şeklinde yorumlanabilir.

5.2.4.3. "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" Etkinliğine Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği Puanlarına İlişkin Sonuçlar ve Tartışma

Tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından üçüncüsü olan "Daha İşlevsel Bir Vantilatör Tasarımı" etkinliği bağlamında öğrencilere uygulanan çalışma kağıdı ilgili rubrik kapsamında değerlendirilmiş olup sonuçlar ve tartışma sunulmuştur. Tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik geliştirilen çalışma kağıtlarına öğrencilerin verdiği cevaplar mühendislik tasarım süreci Guerra ve Allen (2012) tarafından oluşturulan rubrik bağlamında değerlendirilmiştir. 12 öğrenciden oluşan

kontrol grubu öğrencilerinin 10'u çalışmaya katılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerden 16 puan üzerinden en yüksek puanı 14 puan ile Ö10 almıştır. 20 tam puan ile en yüksek puan "Problemin veya İhtiyacın Tanımlanması" en düşük puan ise "Çözümlerin Paylaşılması" kriterinden alınmıştır. Öğrencilerin ilgili kriterden yüksek puan alması problemin belirlenmesine yönelik güçlü performans sergilediklerini, çözümlerin paylaşılması kriterinden düşük puan almaları ise öğrencilerin geliştirdikleri tasarımı ve gerçekleştirdikleri süreci ifade etme ve başkalarıyla paylaşma konusunda zorlandıklarını ortaya koymaktadır. Grup içi etkileşimin güçlendirilmesi veya farklı yöntemlerin kullanılması öğrencilerin fikirlerini daha anlaşılır ve rahat sunmalarına katkı sağlayabilir.

5.3. Öneriler

- Biyomimikri temelli uygulamaların öğrencilerin biyomimikri farkındalığını arttırdığı ve öğrencilerin süreç üzerine yapılan görüşmelerde sürece dair değerlendirmelerinin olumlu olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, biyomimikri temelli uygulamaların öğrenciler üzerindeki çeşitli bilişsel, duyuşsal ve davranışsal bileşenlere etkisinin incelenmesi,

- Fen bilimleri dersinde uygulanabilecek biyomimikri veya tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarını içeren farklı ders planlarının hazırlanması ve üstün yetenekli öğrenciler hariç normal okullarda eğitim diğer kademelerdeki öğrencilere de uygulanması,

- Robotik kodlama, web 2.0 araçları, arduino gibi dijital teknolojilerin entegre edildiği biyomimikri veya tersine mühendislik temelli STEM ders tasarımlarının planlanması,

- Biyomimikri temelli STEM uygulamalarının okul dışı öğrenme ortamları ile entegre edildiği ve öğrencilerin doğada gözlem yapma imkanı elde ettiği uygulamaların tasarlanması,

- Biyomimikri veya tersine mühendislik temelli STEM uygulamaları üzerine ders planlarının, çalışma kağıtlarının tasarlandığı ve öğretmenlerin derslerde kullanabileceği kılavuz niteliğinde içeriğin oluşturulması,

- Biyomimikri veya tersine mühendislik temelli uygulamalara yönelik öğretmen eğitimlerinin tasarlanması ve etkilerinin araştırılması,
- Okullarda biyomimikri temelli uygulamaların gerçekleştirilebileceği atölyelerin kurulması,
- Biyomimikri temelli uygulamaların yer aldığı STEM çalışmalarının yapılıp sergilerin düzenlenmesi,
- Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli çalışmalar ile pek çok ulusal ve uluslararası yarışmalara inovatif tasarımlar geliştirilerek katılım sağlanması,
- TÜBİTAK ve TEKNOFEST gibi organizasyonlara biyomimikri odaklı alt temaların eklenmesi,
- Uluslararası sürdürülebilirlik ve teknoloji temalı yarışmalarda biyomimikri ve tersine mühendislik kavramlarının bir çözüm yaklaşımı olarak yer alması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Adams, R. S., et al. (2010). Exploring student differences in formulating cross-disciplinary sustainability problems. *International Journal of Engineering Education, 26*(2), 234-338.

Aikenhead, G. (2007). Humanistic perspectives in the science curriculum. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 881–910). Routledge.

Aikenhead, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the the European Science Education Research Association (ESERA) Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands

Akdağ, E., & Köksal, M. S. (2022). Investigating the relationship of gifted students' perceptions regarding science learning environment and motivation for science learning with their intellectual risk taking and science achievement. *Science Education International*, *33*(1), 5-17. https://doi.org/10.33828/sei.v33.i1.1

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu*. İstanbul: Scala Basım.

Al-Mahdi, O., Yaakub, A. B., & Abouzeid, A. (2021). Gifted education: Perspectives and practices of school principals in Bahrain. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, *10*(2), 576-587. https://doi.org/10.11591/ijere.v10i2.21178

Arısoy, P. (2022). Erken yaşlarda sürdürülebilir yaşam farkındalığı oluşturmak için STEM eğitim uygulamaları. İçinde *2. Uluslararası STEM Öğretmenler Konferansı Tam Metin Bildirileri* (ss. 18-25). Pusula.

Asunda, P. (2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education, 23*(2), 44-61.

Ataman, A. (2000) "Aileler ve Öğretmenler Üstün Zekâlı Çocuklara Nasıl Yardımcı Olabilir?". Özel Eğitimde Aile Eğitimi Sempozyumu. Ankara: Milli Eğitim Basımevi: 13–14 Nisan, s.252–263.

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

Aydın, B., & Kaptan, F. (2023). Views of middle school students on the effectiveness of science courses conducted with biomimicry. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 12*(3), 1353-1374. https://doi.org/10.15869/itobiad.1246491

Aydın, Firdevs, *An İnvestigation of Elementary Gifted Student Modeling Competencies Through Engineering-Based Model Eliciting Activities*, (Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü), Ankara, 2022, s. 8-13.

Bader, F., Halabi, M., Mohsen, H., & Youssef, M. (2021). Use of Biomimicry Design Approach in Constructing Sustainable Resilient Structures (Case Study: Port of Beirut). *BAU Journal-Creative Sustainable Development*, *2*(2), 4-8 https://doi.org/10.54742/baucsd.1038223

Badraslioglu, D. (2016). "Reverse engineering" in introductory physics education. *The Physics Teacher, 54*(5), 314. https://doi.org/10.1119/1.4947166

Ball, P. (2001). Life's lessons in design. *Nature, 409*(6818), 413-416. https://doi.org/10.1038/35053198

Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics: Reality, challenges, and outlook. In J. Bar-Cohen (Ed.), *Biomimetics: Biologically inspired technologies* (pp. 1-28). Taylor & Francis Group.

Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics: Reality, challenges, and outlook. In J. Bar-Cohen (Ed.), *Biomimetics: Biologically inspired technologies* (pp. 1-29). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

Baumeister, D. (2013). *Biomimicry resource handbook: A seed bank of best practices*. Biomimicry 3.8. Missoula Montana, ABD

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Morrow.

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Perennial.

Benyus, J., & Baumeister, D. (2002). Packaging tips from the porcupine fish (and other wild packagers). *The Whole Earth Magazine*, 26-29.

Berber, Nurdan, *Exploring Gifted Student's Science Homework Self-Regulation Skills*, (Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü), Ankara, 2019, s. 14.

Bertoni, A. (2019). A reverse engineering role-play to teach systems engineering methods. *Education Sciences, 9*(1), 30-34 https://doi.org/10.3390/educsci9010030

Bhushan, B., & Jung, Y. C. (2011). Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction. *Progress in Materials Science, 56*(1), 1-108. https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2010.04.003

Bhushan, B., & Jung, Y. C. (2011). Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction. *Progress in Materials Science, 56*(1), 1–108. https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2010.04.003

Biomimicry Institute. (2017). The Biomimicry Design Process. Biomimicry Toolbox. https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

Biomimicry Institute. (2017). The Biomimicry Design Process. Biomimicry Toolbox. https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

Blosser, P. E., & Helgeson, S. L. (1990). Selected procedures for improving the science curriculum. ERIC Clearinghouse for Social Studies/Social Science Education.

Browne, M.W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K.A. Bollen & J.S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp.136-162). Newbury Park, CA: Sage.

Buber, A., & Unal Coban, G. (2023). STEM project-based activity: bio-efficacy of microalgae. *Science Activities*, *60*(2), 71-89. https://doi.org/10.1080/00368121.2023.2237062

Bulut, G. (2024). *Çevre eğitimi konulu STEM etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin çevre sorunlarına yönelik tutumları, STEM algıları ve öğrenme sorumluluklarına etkisi ile bilişsel yapıları ve görüşlerinin incelenmesi* (Master's thesis, Balikesir University (Turkey).

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2012). *Örnekleme yöntemleri. Ankara: Pegem Akademi* ss.35

Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., & Çakmak, E. K. (2015). Bilimsel araştırma yöntemleri.

Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York, NY: Guilford Press.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science, 329*(5995), 996-996. https://doi.org/10.1126/science.1194998

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.

CallardSzulgit, R. (2003). Perfectionism and Gifted Children, Scarecrow Education, Lanham.

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/10.1080/00368121.2021.1910731

Carlisle, D. L., & Weaver, G. C. (2018). STEM education centers: Catalyzing the improvement of undergraduate STEM education. *International Journal of STEM Education, 5*, 1-21. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0121-6

Carnevale, A. P., Smith, N., & Melton, M. (2011). STEM: Science Technology Engineering Mathematics. *Georgetown University Center on Education and the Workforce*.

Cars, M., & West, E. E. (2015). Education for sustainable society: attainments and good practices in Sweden during the United Nations Decade for Education for Sustainable Development (UNDESD). *Environment, Development and Sustainability*, *17*, 1-21. https://doi.org/10.1007/s10668-014-9535-7

Cejka, E., & Rogers, C. (2005, June). Inservice teachers and the engineering design process. In *2005 Annual Conference*(pp. 10-772). American Society for Engineering Education. https://peer.asee.org/10.18260/1-2--14552

Cejka, E., & Rogers, C. (2005, June). Inservice teachers and the engineering design process. In *2005 Annual Conference* (pp. 10-772).

Coban, M., & Coştu, B. (2023). Integration of biomimicry into science education: Biomimicry teaching approach. *Journal of Biological Education*, *57*(1), 145-169. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2156744

Creswell, J. W., Clark, V. L. P., Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). *Advanced mixed: Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 209-240). Sage.

Cross, T., & Coleman, L. (2014). School-based conception of giftedness. *Journal for the Education of the Gifted, 37*(1), 94-103. https://doi.org/10.1177/016235321403700106

Çakır, Alev, *Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyomimikri İle İlgili Farkındalıkları,* (Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi Bilim Dalı), Ankara, 2019, s. 1-4.

Çam, M., & Baysan-Arabacı, L. (2010). Tutum ölçeği hazırlamada nitel ve nicel adımlar. *Hemşirelikte Araştırma Geliştirme Dergisi, 12*(2), 64-71.

Çepni, S. (2012). Araştırma ve proje çalışmalarına giriş (6. Baskı). Trabzon: Celepler Matbaacılık.

Davis, G. A., Rimm, S. B., & Siegle, n (2011). *Education* of~he *gifted and talented* (6[1]h ed.). Boston: Pearson. s.18

Demir, H. (2021). *Doğada STEM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin çevresel tutumlarına, bilimsel yaratıcılıklarına, yansıtıcı düşünme becerilerine, STEM*

meslek alan ilgilerine ve tutumlarına etkisi (Master's thesis, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).

Dempere, L. A. (2009, May). Reverse engineering as an educational tool for sustainability. In *2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology* (pp. 1-3). IEEE. https://doi.org/ 10.1109/issst.2009.5156748

DeVellis, R. F. (2003). *Scale development theory and applications* (2nd ed.). SAGE Publications.

Dym, C. L., & Little, P. (2004). *Engineering design: A project-based introduction* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, *94*(1), 103-120. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x

Ecer, K., Güner, O., & Çetin, M. (2021). Avrupa yeşil mutabakatı ve Türkiye ekonomisinin uyum politikaları. *İşletme ve iktisat çalışmaları dergisi*, *9*(2), 125-144.

El-Ghobashy, S., & Mosaad, G. (2016). Nature influences on architecture interior designs. *Procedia Environmental Sciences, 34*, 573-581.

Endepohls-Ulpe, M., & Thömmes, N. (2014). Chances and limitations of implementing measures of differentiation for gifted children in primary schools: The teachers' part. *Türk Üstün Zekâ ve Eğitim Dergisi, 4*(1), 24-37. https://doi.org/10.3828/tuzed.2014.3

Erdoğan, D., & Çakır, M. (2015). Daimi bilim öğrenme motivasyonu ölçeği'nin Türkçe'ye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5*(2), 201-215. https://doi.org/10.24315/trkefd.65994

Erdoğan, S. C. (2014). Üstün zekalı ve yetenekli öğrenciler için fen bilimleri eğitiminde farklılaştırmanın gerekliliği. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *2*(2), 1-10. https://doi.org/10.17478/jegys.2014.47

Erdoğan, S. C., & Güçyeter, Ş. (2019). Öğretmen adaylarının üstün zekâ ve üstün yetenek metaforları. *İlköğretim Online, 18*(3), 657-674. https://doi.org/10.17051/ilkonline.2019.541858

Fayemi, P. E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., & Aoussat, A. (2017). Biomimetics: Process, tools and practice. *Bioinspiration & biomimetics*, *12*(1), 011002. https://doi.org/10.1088/1748-3190/12/1/011002

Ferguson, E. D. (2010). Motivation. In I. B. Weiner & W. E. Craighead (Eds.), *Corsini encyclopedia of psychology*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0562

Fidai, A., Barroso, L. R., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2020, October). Effects of engineering design process on science and mathematics. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE. https://doi.org 10.1109/fie44824.2020.9274167

Fisch, M. (2017). The nature of biomimicry: Toward a novel technological culture. *Science, Technology, & Human Values*, *42*(5), 795-821. https://doi.org/10.1177/0162243917709944

Fortus, D., & Vedder-Weiss, D. (2014). Measuring students' continuing motivation for science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(4), 497-522. https://doi.org/10.1002/tea.21152

Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development.

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.2012.74.3.7

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.2012.74.3.8

Gillies, A. (2015). Where are the 'T' and 'E' in STEM education. *Techniques, 90*(4), 60-61.

Ginsberg, M., Schiano, J., Kramer, M., & Alleyne, M. (2013). A case study in bio-inspired engineering design: Defense applications of exoskeletal sensors. *Defense & Security Analysis, 29*(2), 156-169. https://doi.org/10.1080/14751798.2013.785200

Gökdere, M., Küçük, M., & Çepni, S. (2003). Gifted science education in Turkey: Gifted teachers' selection, perspectives and needs. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 4*(2), 5-18.

Gökgöz, T. (2022) *Öğretmen Adaylarının Dolaşım Sistemi Konusu ile İlgili Biyomimikri Tasarımlarının Analizi*, (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı), Samsun, 2022, s. 6-9.

Guerra, L., Allen, D. T., Crawford, R. H., & Farmer, C. (2012, June). A unique approach to characterizing the engineering design process. In *2012 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 25-118). American Society for Engineering Education. https://doi.org/10.18260/1-2--20878

Guerra, L., Allen, D. T., Crawford, R. H., & Farmer, C. (2012, June). A unique approach to characterizing the engineering design process. In *2012 ASEE Annual Conference & Exposition*(pp. 25-118).

Güven, E. (2011). *Çevre eğitiminde tahmin-gözlem-açıklama destekli proje tabanlı öğrenme yönteminin farklı değişkenler üzerine etkisi ve yönteme ilişkin öğrenci görüşleri* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr

Hacıoğlu, Y., & Dönmez Usta, N. (2020). Digital game design-based STEM activity: Biodiversity example. *Science Activities*, *57*(1), 1-15. https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1694689

Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2021). Factors influencing student STEM learning: Self-efficacy and outcome expectancy, 21st century skills, and career awareness. *Journal for STEM Education Research, 4*(2), 117-137.

Harlow, D., Azzam, D., Bianchini, J., & Lohwasser, K. (2023). Solutions-focused sustainable development education through biomimicry. *Science and Children, 60*(6), 49-53. https://doi.org/10.2505/4/sc23_060_06_49

Hastrich, C. (2006). The biomimicry design spiral. *Biomimicry Newsletter*, *4*(1), 5-6.

Hathcock, S. J., Dickerson, D. L., Eckhoff, A., & Katsioloudis, P. (2015). Scaffolding for creative product possibilities in a design-based STEM activity. *Research in science education*, *45*, 727-748. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9446-7

Hocaoğlu, C., Bayır, E., & Arabacıoğlu, S. Biyomimikri Farkındalık Ölçeğinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Trakya Eğitim Dergisi*, *15*(Özel Sayı), 318-345.

Hooker, G., & Smith, E. (2016). AskNature and the biomimicry taxonomy. *Insight, 19*(1), 45-49. https://doi.org/10.1002/inst.12073https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069

Johnson, C. C. (2018). Education in the innovation age. *School Science and Mathematics, 118*(8), 333–334. https://doi.org/10.1111/ssm.12309

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher, 33*(7), 14-26. https://doi.org/10.3102/0013189X033007014

Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), *4*(1).

Kandemir, K., Tomas, M., McClements, D. J., & Capanoglu, E. (2022). Recent advances on the improvement of quercetin bioavailability. *Trends in Food Science & Technology, 119*, 192-200. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.016

Karabetça, A. R. (2015, March). Nature inspired architectural designs: Using biomimicry as a design strategy. In *Proceedings of the International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design* (pp. 143–151).

Karabetça, A. R. (2018). Biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ile yenilikçi mekanlar yaratılması. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, *8*(1), 104-111. https://doi.org/10.7456/10801100/001

Karahan, E. (2020). Mühendislik öğrencilerinin STEM odaklı öğretim modülü tasarımlarının incelenmesi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, 37*, 73-91. https://search.trdizin.gov.tr/publication/detail/467615/muhendislik-ogrencilerinin-stem-odakli-ogretim-modulu-tasarimlarinin-incelenmesi

Karasu, C. B. (2024). Biyomimikriye dayalı tasarım uygulamalarının 8. sınıf öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma konusundaki problem çözme algılarına ve sürdürülebilir çevreye yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi.

Kaya, Şeyda, *Biyomimikri Uygulamalarının Kullanıldığı STEM Eğitimine Yönelik Hazırlanmış Etkinliklerin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Çevre Okuryazarlık Becerilerine Etkisinin İncelenmesi*, (Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı), Adana 2022, s. 1-4.

Keirl, S. (2006). Ethical technological literacy as democratic curriculum keystone. In J. R. Dakers (Ed.), *Defining technological literacy: Towards an epistemological framework* (pp. 81-102). Palgrave Macmillan.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kennedy, B., & Nagel, J. K. (2015, March). Integrating biology, design, and engineering for sustainable innovation. In *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 88-93). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISECon.2015.7119910

Kennedy, E. B. (2016). Biomimetic buildings: The emerging future of architecture. *Global Built Environment Review, 10*(1), 1–12.

Kennedy, E. B. (2017). Biomimicry: Design by analogy to biology. *Research-Technology Management, 60*(6), 51–56. https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1373052

Kızılay, E., Tanık Önal, N., & Saylan Kırmızıgül, A. (2024). A rollercoaster STEM activity involving virtual reality. *Science Activities*, 1-11. https://doi.org/10.1080/00368121.2024.2059276

Kilic, S. (2014). Etki büyüklüğü. *Journal of Mood Disorders*, *4*(1), 44-6.

Kilmer, R., & Kilmer, W. O. (2014). *Designing interiors*. John Wiley & Sons.

Kim, S. (2019). Development and effect of biomimicry robot education program based on technology education. *Journal of Convergence for Information Technology*, *9*(4), 109-117. https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.4.109

Komatsu, M., Aburatani, H., & Teawhim, S. (2020, November). Application of reverse engineering as an early engineering education. In *2020 IEEE Region 10 Conference (TENCON)* (pp. 1328-1333). IEEE. https://doi.org/10.1109/tencon50793.2020.9293895

Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L., & Phothong, W. (2022). Ninth-grade students' perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. *International Journal of Technology and Design Education, 32*(5), 2445-2465. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09608-w

Langella, C. (2007). *Hybrid design: Designing with nature and technology*. FrancoAngeli.

Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, L. D. (2019). On thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research, 2*, 1-13. https://doi.org/10.1007/s41979-019-00014-x

Linh, N. Q., & Huong, L. T. T. (2021). Engineering design process in STEM education: An illustration with the topic "wind energy engineers". *Journal of Physics: Conference Series*, *1835*(1), 012051. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012051

Liu, L., Oura, S., Markham, Z., Hamilton, J. N., Skory, R. M., Li, L., ... & Wu, J. (2023). Modeling post-implantation stages of human development into early organogenesis with stem-cell-derived peri-gastruloids. *Cell*, *186*(18), 3776-3792.

Lur, K. T., Cheah, C. W., & Lee, C. H. (2022, March). Connecting design and engineering physics with reverse engineering. In *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 571-578). IEEE. https://doi.org/10.1109/educon52537.2022.9766627

Lurie-Luke, E. (2014). Product and technology innovation: What can biomimicry inspire?. *Biotechnology advances*, *32*(8), 1494-1505.

Madkour, M., ElSakka, A., Marouf, O., Gomaa, E., & Kamar, M. (2023). Biomimicry as a turning point in reducing COVID-19 infection. *Delta University Scientific Journal, 6*(1), 308-319.

Madmar, S., Shah, M. Z., Matusin, A. M. R. A., & Ilhan, A. A. (2023, December). Applications of biomimicry to urban planning: interrogating the relevance of emerging approaches to design cities by inspiring from nature. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1274, No. 1, p. 012015). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1274/1/012015

Massachusetts, D. o. E. (2001).

Mathews, F. (2011). Towards a deeper philosophy of biomimicry. *Organization & Environment, 24*(4), 364–387. https://doi.org/10.1177/1086026611423197

Matthews, D., & Yun Dai, D. (2014). Gifted education: Changing conceptions, emphases, and practice. *International Studies in Sociology of Education, 24*(4), 335-353. https://doi.org/10.1080/09620214.2014.980844

McBride, B. B., Brewer, C. A., Berkowitz, A. R., & Borrie, W. T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere, 4*(5), 1-20. https://doi.org/10.1890/ES13-00075.1

McCartney, M. (2017). Social activity: A new dimension in STEM. *Science*. American Association for the Advancement of Science (AAAS). https://doi.org/10.1126/science.356.6345.1347-c

McGowan, V. C., Ventura, M., & Bell, P. (2017). Engineering Encounters: Reverse Engineering. *Science and Children*, *54*(8), 68-72. https://doi.org/10.2505/4/sc17_054_08_68

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Pearson.

Miller, J. (2010). Biomimicry in engineering education. In *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.3777

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). *Üstün yetenekli bireyler strateji ve uygulama planı 2013-2017*. Ankara.

Mills, C. J. (2003). Characteristics of effective teachers of gifted students: Teacher background and personality styles of students. *Gifted Child Quarterly, 47*(4), 271-280. https://doi.org/10.1177/001698620304700403

Modi, T. (2011). Living in the innovation age: Five principles for pros- pering in this new era. TekNirvana.

Moore, A. D. (1992). *Gifted and talented children and youth*. Allyn and Bacon.

Moore, T. J., Guzey, S. S., Roehrig, G., & Lesh, R. A. (2018). To develop STEM literacy. In T. G. Amin, O. Levrini, & J. E. Corazza (Eds.), *Towards a framework for representational competence in science education* (pp. 25-44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_2

Moore, T., Glancy, A., Tank, K., Kersten, J., Smith, K., & Stohlmann, M. (2014). A

Mönks, F. J. (1992). Development of gifted children: The issue of identification and programming. In F. J. Mönks & W. A. M. Peters (Eds.), *Talent for the future:*

Proceedings of the ninth world conference on gifted and talented children (pp. 191-202). Van Gorcum.

Mukai, C., Gao, L., Bergkvist, M., Nelson, J. L., Hinchman, M. M., & Travis, A. J. (2013). Biomimicry enhances sequential reactions of tethered glycolytic enzymes, TPI and GAPDHS. *PlOS ONE*, *8*(4), e61434. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061434

Murphy, K. M., & Kelp, N. C. (2023). Undergraduate STEM students' science communication skills, science identity, and science self-efficacy influence their motivations and behaviors in STEM community engagement. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *24*(1), e00182-22. https://doi.org/10.1128/jmbe.00182-22

Nagel, J. K. S., Stone, R. B., & McAdams, D. A. (2013). Function-based biologically-inspired design. In A. Goel, R. B. Stone, & D. A. McAdams (Eds.), *Biologically inspired design: Computational methods and tools* (pp. 201-220). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2867-9_9

National Council of Teachers of Mathematics. (1995). Report of The NCTM Task Force on The Mathematically Promising. *NCTM News Bulletin, 32* (December): Special Insert. NCTM Inc.

National Research Council, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Board on Testing and Assessment, Board on Science Education, & Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.

National Research Council. (2012). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press.

Ntemngwa, C., & Oliver, J. S. (2018). The implementation of integrated science technology, engineering and mathematics (STEM) instruction using robotics in the middle school science classroom. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *6*(1), 12-40. https://doi.org/10.18404/ijemst.357410

OECD. (2020). *Biodiversity and the economic response to COVID-19: Ensuring a green and resilient recovery*. https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/biodiversity-and-the-economic-response-to-covid-19-ensuring-a-green-and-resilient-recovery-d98b5a09/ erişim tarihi

Omran, W. M. (2016). Biomimicry applications in agriculture to benefit from water renewable resources. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, *5*(2), 333-336. https://doi.org/10.21275/v5i2.nov162135

Otto, K. N., & Wood, K. L. (1998). Product evolution: A reverse engineering and redesign methodology. *Research in Engineering Design, 10*, 226-243. https://doi.org/10.1007/s001639870003

Önal, N. T., & Kirmizigül, A. S. (2021). Investigation of the Preservice Teachers' Science-Pseudoscience Distinction and Epistemological Beliefs. *Journal of Pedagogical Research*, *5*(3), 55-67.

Özdemir, F. (2023). Çevre temelli STEM eğitiminin üstün yetenekli öğrencilerin çevresel vatandaşlık çevreye yönelik tutum ve çevresel vatandaşlık bilgi düzeylerine etkisi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Özdinç, F., Kaya, G., Mumcu, F., & Yıldız, B. (2022). Integration of computational thinking into STEM activities: An example of an interdisciplinary unplugged programming activity. *Science Activities*, *59*(3), 151-159. https://doi.org/10.1080/00368121.2022.2040280

Öztürk, A. F. (2015). *Mimarlıkta temel tasarım eğitim yöntemi olarak biyotaklit* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Parıldar, Elif, *Üstün Yeteneklilerin Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Üstün Yetenekli Çocuklar ve Eğitimlerine Yönelik Algıları*, (Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı), Amasya, 2021, s. 3-9.

Pascarella, E.T., Walberg, H. J., Junker, L. & Heartel,G. D. (1981). Continuing motivation in science for early and late adolescents. *American Educational Research Journal*, 18(4), 439-452.

Periathiruvadi, S., & Rinn, A. N. (2012). Technology in gifted education: A review of best practices and empirical research. *Journal of Research on Technology in Education*, *45*(2), 153-169. https://doi.org/10.1080/15391523.2012.10782597

Prajuabwan, P., & Worapun, W. (2023). The Use of STEM-Based Learning Activities to Promote Computational Thinking of Grade 5 Students. *Journal of Education and Learning*, *12*(4), 118-127. https://doi.org/10.5539/jel.v12n4p118

Qureshi, S. (2022). How students engage in biomimicry. *Journal of Biological Education, 56*(4), 450-464.

Radcliffe, D. (2014). Multiple perspectives on engineering design. In X. Y. Editor (Ed.), *Integrating information into the engineering design process* (pp. 7-19). University Press.

Radwan, G. A., & Osama, N. (2016). Biomimicry: An approach for energy efficient building skin design. *Procedia Environmental Sciences, 34*, 178-189. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.017

Ralls, D., Bianchi, L., & Choudry, S. (2020). "Across the divide": Developing professional learning ecosystems in STEM education. *Research in Science Education, 50*, 2463–2481. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9789-5

Rasovic, N. & Obad, M. (2016). A Framework for Optimal Quality of Parts in Reverse Engineering. B. Katalinic (Ed.). *Proceedings of the 27th DAAAM International*

Renzulli, J. S. (2002). Emerging conceptions of giftedness: Building a bridge to the new century. *Exceptionality, 10*(2), 67-75. https://doi.org/10.1207/S15327035EX1002_2

Ripple, W., Wolf, C., Newsome, T., Gregg, J., Lenton, T., Palomo, I., & Rockström, J. (2021). World scientists' warning of a climate emergency 2021. *BioScience*. https://doi.org/10.1093/biosci/biab079

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Henriksson, H. W., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A new pedagogy for the future of Europe*. European Commission Directorate General for Research Information and Communication Unit. https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Ross, P. O. (1993). National Excellence: A Case for Developing Americas Talent, U.S. Dept. of Education: Office of Educational Research and Improvement, Washington. DC.

Rossin, K. J. (2010). Biomimicry: nature's design process versus the designer's process. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *138*, 559-570. https://doi.org/10.2495/ARC100491

Sankaewthong, S., Horanont, T., & Karnjana, J. (2021, May). Designing a facade by biomimicry science to effectively control natural light in buildings (Glare analysis). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1148, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.

Sarar, Merve, *Okul Öncesi Öğretmenlerinin Üstün Yetenekliler Eğitimine İlişkin Öz Yeterlik Düzeyleri ile Üstün Yeteneklilerin Eğitimine Yönelik Algı ve Bilgisi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*, (İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı), İstanbul, 2018, s. 3-4.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Routledge.

Silapachote, P., Srisuphab, A., & Srikosamatara, S. (2014, December). A reverse engineering approach to teach biology students mathematical complexity in ecology: Interdisciplinary teaching connects mathematical literacy and outdoor practice. In *2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 141-147). IEEE. https://doi.org/10.1109/TALE.2014.7062611

Speck, O., Speck, D., Horn, R., Gantner, J., & Sedlbauer, K. P. (2017). Biomimetic bio-inspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments. *Bioinspiration & Biomimetics, 12*(1), https://doi.org/0110004.

Stevens, L., De Vries, M. M., Bos, M. M., & Kopnina, H. (2019, July). Biomimicry design education essentials. In *Proceedings of the design society: international conference on engineering design* (Vol. 1, No. 1, pp. 459-468). Cambridge University Press.

Stuttaford-Fowler, A., Samani, H., & Yang, C. Y. (2022, May). Biomimicry in soft robotics actuation and locomotion. In *2022 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)* (pp. 017-021). IEEE.

Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direc- tion forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest, 12*(1), 3-54. https://doi.org/10.1177/1529100611416256

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. https://doi.org/10.1080/00368121.2018.1547413

Şen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2020). A design-oriented STEM activity for students' using and improving their engineering skills: the balance model with 3D printer. *Science Activities*, *57*(2), 88-101. https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1768256

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches. Applied Social Research Methods Series (Vol.46). Thousand Oaks, CA: Sage.

Taşçı, M., & Şahin, F. (2020). STEM eğitimini destekleyen tersine mühendislik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarı ve problem çözme becerilerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 14*(1), Art. 1. https://doi.org/10.17522/balikesirnef.660352

Thayer, K. (2023, Aralık 8). How Does Reverse Engineering Work? | Engineering360. Engineering360. https://insights.globalspec.com/article/7367/how-does-reverse-engineering-work

Thayer, K. (2023, December 8). How does reverse engineering work? *Engineering360*. https://insights.globalspec.com/article/7367/how-does-reverse-engineering-work

The engineering design process. (1993). *Choice Reviews Online*. American Library Association. https://doi.org/10.5860/choice.30-6195)

Türe, D. (2023) *Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Etkinliklerinin Tasarlanması Kimya Derslerinde Uygulanması ve Etkililiğinin Değerlendirilmesi*, (Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı), İstanbul 2023, s. 7-10, 92-93.

Türk Dil Kurumu. (2023). *Türk Dil Kurumu*. https://www.tdk.gov.tr/

Türnüklü, D. A. (2000). Eğitimbilim araştırmalarında etkin olarak kullanılabilecek nitel bir araştırma tekniği: Görüşme. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 24*(24), 59-76. https://doi.org/10.4457/KEP.2000.24.1.60

UNESCO. (n.d.). Education for sustainable development. Retrieved July 23, 2024, from https://www.unesco.org/en/education/sustainable-development

Vattam, S. S., Helms, M. E., & Goel, A. K. (2010). A content account of creative analogies in biologically inspired design. *AI & Society, 24*(4), 467-481. https://doi.org/10.1007/s00146-009-0274-8

Verner, I., & Greenholts, M. (2017). Teacher education to analyze and design systems through reverse engineering. In D. Alimisis, M. Moro, & E. Menegatti (Eds.), *Educational Robotics in the Makers Era* (ss. 122-132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_9

Volstad, N. L., & Boks, C. (2012). On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, *20*(3), 189-199.

Watson, C. (2023). An Online STEM Program for Gifted Students of Color Amidst COVID-19. *Journal of STEM Outreach*, *6*(2), Article n2. https://doi.org/10.15695/jstemout.v6i2.05

Wood, K. L., Jensen, D., Bezdek, J., & Otto, K. N. (2001). Reverse engineering and redesign: Courses to incrementally and systematically teach design. *Journal of Engineering Education, 90*(3), 363–374. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00615.x

World Economic Forum, J. (2020). *The future of jobs report 2020*. Geneva. Retrieved from https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020

Yager, Robert E. (1991). The constructivist learning model: Towards real reform in science education. Science Teacher, *58*(6), 52-57. DOİ

Yager, Robert E. (1993). Science-Technology-Society As Reform. *School Science and Mathematics*, *93(*3), 145-151.

Yakışan, M., & Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *39*(2), 727-753. https://doi.org/10.17152/gefad.489672

Yakışan, M., & Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *39*(2), 727-753. https://doi.org/10.17152/gefad.525776

Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *39*(1), 63-90. https://doi.org/10.17152/gefad.482875

Younis, M. B., & Tutunji, T. (2012). Reverse engineering course at Philadelphia University. *European Journal of Engineering Education, 37*(1), 83–95. https://doi.org/10.1080/03043797.2012.658508

Yüceler, R., Aydın-Günbatar, S., & Demirdöğen, B. (2020). Stop bridge collapse: a STEM activity about preventing corrosion of metals. *Science Activities*, *57*(4), 154-164. https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1804283

Wheaton, B., Muthen, B., Alwin, D., & Summers, G. F. (1977). Assessing reliability and stability in panel models. *Sociological Methodology, 8*(1), 84–136.

Zari, M. P. (2007, November). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. In The SB07 NZ Sustainable Building Conference (No. 033).

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education, 89*(3), 357–377. https://doi.org/10.1002/sce.20048

Zhang, Yu. (2003). Research into the engineering application of reverse engineering technology. *Journal of Materials Processing Technology, 139*, 472–475. https://doi.org/ 10.1016/s0924-0136(03)00513-2

Zhong, B., Kang, S., & Zhan, Z. (2021). Investigating the effect of reverse engineering pedagogy in K-12 robotics education. *Computer Applications in Engineering Education, 29*(5), 1097-1111. https://doi.org/10.1002/cae.22363

Zuazua-Ros, A., Martín-Gómez, C., Bermejo-Busto, J., Vidaurre-Arbizu, M., Baquero, E., & Miranda, R. (2016, June). Thermal energy performance in working-spaces from biomorphic models: The tuna case in an office building. In *Building Simulation* (Vol. 9, pp. 347-357). Tsinghua University Press.

URL 1- https://thebadgeronline.com/2024/05/natures-blueprint-biomimicry/

URL2- https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/567372

URL3-https://venturewell.org/tools_for_design/biomimicry/biomimicry-principles/biomimicry-principles-exercise/

URL4-https://sustainabilityworkshop.venturewell.org/products/doing-biomimicry-finding-mentors-nature.html

URL 5- https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

URL 6- https://www.set-science.com/manage/uploads/ISAS2019-FDAS_0040/SETS

URL 7- https://www.semanticscholar.org/paper/Biomimicry%3A-nature's-design-process-versus-the-Rossin

URL 8- https://inhabitat.com/qatar-cactus-office-building/

URL 9- https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/

URL 10-https://scientificinquirer.com/2024/04/30/the-big-picture-the-esplanade-theatre-combines-modern-architecture-with-timeless-nature/

URL 11- https://www.onedaydesignchallenge.net/en/journal/biomimicry-design-inspire

URL 12- https://tr.pinterest.com/pin/325948091771090363/

URL 13- https://dosder.org.tr/biyomimikri-balina-gucu/

URL 14- https://www.tarim.com.tr/Dogadan-Alinan-Ilhamla-Inovasyon,1000fg?Sayfa=

EKLER

EK-1: Ölçeklerin Kullanım İzinleri

EK-2: Milli Eğitim Bakanlığı Çalışma İzni

EK-3: Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği

EK-4 : Çevre Bilinci Ölçeği

EK-5: Biyomimikri Farkındalık Ölçeği

EK-6: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

EK-7: "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Ders Planı

EK-8: "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Çalışma Kağıdı

EK-9: "Biyomimikrinin Mimaride Kullanımı " Sunusu

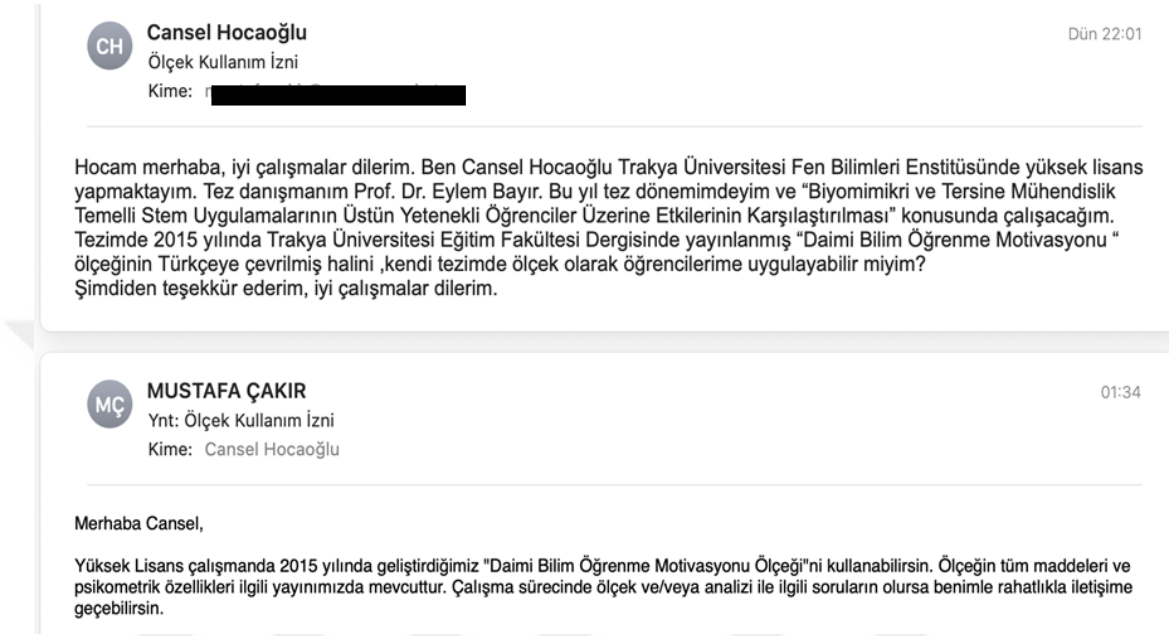
EK 10-: "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Ders Planı

EK 11-: "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Çalışma Kağıdı

EK-12: Pilot Uygulamaya Dair Görseller

EK-1: Ölçeklerin Kullanım İzinleri

1. Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği Kullanım İzni



CH **Cansel Hocaoğlu** Dün 22:01
Ölçek Kullanım İzni
Kime: [redacted]

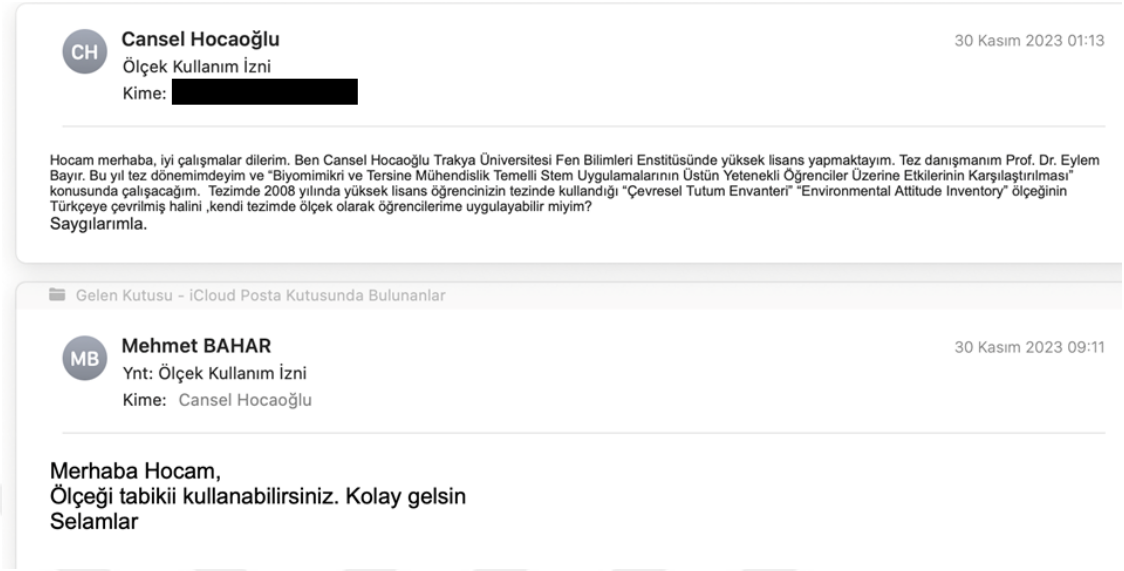
Hocam merhaba, iyi çalışmalar dilerim. Ben Cansel Hocaoğlu Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans yapmaktayım. Tez danışmanım Prof. Dr. Eylem Bayır. Bu yıl tez dönemimdeyim ve "Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Stem Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" konusunda çalışacağım. Tezimde 2015 yılında Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisinde yayınlanmış "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu " ölçeğinin Türkçeye çevrilmiş halini ,kendi tezimde ölçek olarak öğrencilerime uygulayabilir miyim?
Şimdiden teşekkür ederim, iyi çalışmalar dilerim.

MÇ **MUSTAFA ÇAKIR** 01:34
Ynt: Ölçek Kullanım İzni
Kime: Cansel Hocaoğlu

Merhaba Cansel,

Yüksek Lisans çalışmanda 2015 yılında geliştirdiğimiz "Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği"ni kullanabilirsin. Ölçeğin tüm maddeleri ve psikometrik özellikleri ilgili yayınımızda mevcuttur. Çalışma sürecinde ölçek ve/veya analizi ile ilgili soruların olursa benimle rahatlıkla iletişime geçebilirsin.

2. Çevre Bilinci Ölçeği Kullanım İzni



CH **Cansel Hocaoğlu** 30 Kasım 2023 01:13
Ölçek Kullanım İzni
Kime: [redacted]

Hocam merhaba, iyi çalışmalar dilerim. Ben Cansel Hocaoğlu Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans yapmaktayım. Tez danışmanım Prof. Dr. Eylem Bayır. Bu yıl tez dönemimdeyim ve "Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli Stem Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" konusunda çalışacağım. Tezimde 2008 yılında yüksek lisans öğrencinizin tezinde kullandığı "Çevresel Tutum Envanteri" "Environmental Attitude Inventory" ölçeğinin Türkçeye çevrilmiş halini ,kendi tezimde ölçek olarak öğrencilerime uygulayabilir miyim?
Saygılarımla.

Gelen Kutusu - iCloud Posta Kutusunda Bulunanlar

MB **Mehmet BAHAR** 30 Kasım 2023 09:11
Ynt: Ölçek Kullanım İzni
Kime: Cansel Hocaoğlu

Merhaba Hocam,
Ölçeği tabikii kullanabilirsiniz. Kolay gelsin
Selamlar

EK 2-:Milli Eğitim Bakanlığı Çalışma İzni

T.C.
EDİRNE VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-87085441-605.01-99585968 26.03.2024
Konu : Anket İzni (Cansel HOCAOĞLU)

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)

İlgi : 15/03/2024 tarihli ve 611717 sayılı yazınız.

Üniversiteniz Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Cansel HOCAOĞLU'nun Müdürlüğümüze bağlı Edirne Merkez İlçede bulunan Edirne Şehit Nefize Çetin Özsoy Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören öğrencilere yönelik **"Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" konulu"** konulu veri toplama anket çalışması talebi uygun görüldüğüne ilişkin 25/03/2024 tarihli ve 99509997 sayılı Valilik Onayı ve Veri Toplama Araçları ekte gönderilmiştir.

Anket çalışması kapsamında uygulamaya dahil edilen öğrencilere yönelik gönüllülük esasına dayanılarak, eğitim öğretimi aksatmayarak, kurum müdürlüğünün denetiminde tüm sorumluluğun uygulayıcıda olması, çalışma esnasında onaylı evrakların kullanılması ve araştırma sonunda oluşturulacak raporun basılı ve dijital olarak Müdürlüğümüzle paylaşılması hususunda;

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Dr. Önder ARPACI
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek:
1- Valilik Onayı (1 sayfa)
2- Araştırma Değerlendirme Formu (1 sayfa)
3- Katılımcı Formu (1 sayfa)
3- Veri Toplama Araçları (95 sayfa)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Adres : Çavuşbey Mah. Hükümet Aralığı Sok No:4
Telefon No : 0 (284) 212 61 22
E-Posta: stratejigelistirme22@meb.gov.tr
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr
Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi için: Mustafa PAMUKÇU
Unvan : Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni
İnternet Adresi: https://edirne.meb.gov.tr Faks:2842126126

T.C.
EDİRNE VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-87085441-605.01-99509997 25/03/2024
Konu : Anket İzni (Cansel HOCAOĞLU)

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü'nün 2020/02 sayılı Genelgesi
b) Trakya Üniversitesi Rektörlüğü'nün 15/03/2024 tarihli ve 611717 sayılı yazısı.

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Cansel HOCAOĞLU'nun Müdürlüğümüze bağlı Edirne Merkez İlçede bulunan Edirne Şehit Nefize Çetin Özsoy Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören öğrencilere yönelik **"Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması'** veri toplama anket çalışması talebi Müdürlüğümüz Anket Değerlendirme Komisyonunca uygun görülmektedir.

Makamınızca da uygun görüldüğü takdirde, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Cansel HOCAOĞLU"a ait anket çalışmasının; 25 Mart-24 Mayıs 2024 tarihleri arasında Müdürlüğümüze bağlı Edirne Merkez İlçede bulunan Edirne Şehit Nefize Çetin Özsoy Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören öğrencilere yönelik gönüllülük esası gözetilerek, kurum faaliyetlerini aksatmadan, okul/kurum Müdürlüğünün denetiminde ve tüm sorumluluğun uygulayıcıda olması kaydı ile uygulanmasını olurlarınıza arz ederim.

Dr. Önder ARPACI
İl Millî Eğitim Müdürü

OLUR

Sıdkı ZEHİN
Vali a.
Vali Yardımcısı

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Çavuşbey Mah. Hükümet Aralığı Sok No:4
Telefon No : 0 (284) 212 61 22
E-Posta: stratejigelistirme22@meb.gov.tr
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr
Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi için: Mustafa PAMUKÇU
Unvan : Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni
İnternet Adresi: https://edirne.meb.gov.tr Faks:2842126126

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evrakyonetim.meb.gov.tr adresinden fdb0-9554-34bf-a265-9a5d kodu ile teyit edilebilir.

T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-59090411-44-96282384 09.02.2024
Konu : Anket ve Araştırma İzni (Cansel HOCAOĞLU)

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)

İlgi : a) Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 21.01.2020 tarihli ve 2020/2 sayılı genelgesi.
b) Valilik Makamının 08.02.2024 tarihli ve E-59090411-20-96241505 sayılı oluru.

Valilik Makamının Anket ve Araştırma İzni konulu ilgi (b) oluru ve kullanılması uygun görülen ölçme araçlarının Müdürlüğümüzce mühürlenen örnekleri ekte gönderilmiştir.

İlgi (a) genelgenin 28. maddesinde; "Araştırma uygulama izni alan kamu kurum ve kuruluşları, uluslararası kuruluşlar, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları ve araştırmacılar tamamladıkları bilimsel araştırma ile ilgili sonuç raporlarını, izni aldıkları ilgili birime çalışma bitiminden itibaren 30 gün içerisinde göndereceklerdir." ifadesi yer almaktadır.

Olur gereğince işlem yapılması ve araştırma sonuç raporunun ekte sunulan örneğe göre Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Şubesine gönderilmesi hususlarında gereğini arz ederim.

Ayşe Nur ÇALIKÇI
İl Millî Eğitim Müdürü a.
Şube Müdürü

Ek:
1- Valilik Oluru (1 Sayfa)
2- Rapor Örneği
3- Ölçekler

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Binbirdirek Mah. İmran Öktem Cad. No: 1 Sultanahmet Fatih İstanbul
Telefon : 0212 384 36 32
E-posta : stratejigelistirme34@meb.gov.tr
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr
Belge Doğrulama : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi İçin : Aykut ÇELİK
Unvanı : Büro Hizmetleri
İnternet Adresi : http://istanbul.meb.gov. tr/

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 6667-0877-31f7-b05b-0b01 kodu ile teyit edilebili

EK-3: Daimi Bilim Öğrenme Motivasyonu Ölçeği

DAİMİ BİLİM ÖĞREME MOTİVASYONU ÖLÇEĞİ

Sevgili Öğrenciler,

Bu anket okulun dışında yapılabilecek bilim etkinlikleri ile olan ilginizi araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Anket maddelerine vereceğiniz yanıtlar, araştırma amacıyla kullanılacak olup; gizli tutulacaktır. Lütfen, anket maddelerinin sizin için ne kadar doğru olup olmadığını ilgili seçeneği işaretleyerek belirtiniz.

Katılımınız için çok teşekkür ederim.

	Lütfen, anketin her maddesini, içinde bulunduğumuz eğitim-öğretim yılını göz önünde bulundurarak cevaplandırınız.	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1.	Bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular ile ilgili internet sitelerini ziyaret ederim.					
2.	Bilgisayarımda bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular ile ilgili ilginç bir şeyler bulursam ya da alırsam bunları diğer kişilere gönderirim.					
3.	Bir gazetede bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular ile ilgili bir yazı görürsem, yazıyı okurum ya da yazıya bir göz atarım.					
4.	Bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konulara ile ilgili bir mail, mesaj ya da sunum alırsam, bunu okurum ya da izlerim.					
5.	Bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular hakkındaki televizyon programlarını izlerim.					
6.	Arkadaşlarımla, ailemle ya da diğer insanlarla; bilim, doğa, hayvanlar veya çevresel konular hakkında sohbet ederim (fen derslerinin haricinde).					
7.	Gazetelerde ya da dergilerde bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular ile ilgili yazılar ararım.					
8.	Bilim, doğa, hayvanlar ya da çevresel konular ile ilgili bir internet sitesi ile karşılaşırsam bu sitedekileri okurum ya da bunlara göz atarım.					
9.	Fen dersleri dışında, bilimsel deneyler tasarlarım ya da gerçekleştiririm.					
10.	Bilim, doğa, hayvanlar ya da bilim insanları hakkında kitaplar okurum (bilim kurgu dışında).					
11.	Bir bilim ya da doğa kulübünde yer almaktayım-yer aldım.					

EK-4 : Çevre Bilinci Ölçeği

Çevre Bilinci Ölçeği Orijinal Hali

Adı, soyadı: ……..

Sınıfı: ……..

Değerli öğrenciler,

Birer ortaokul öğrencisi olarak sizlerin çevreyi ilgilendiren farklı konulardaki görüşlerinizi almak için aşağıdaki ölçeği doldurmanızı istiyoruz. Ölçekte her bir madde ile ilgili görüşleriniz için 1'den (**Kesinlikle katılmıyorum**) 5'e (**Kesinlikle katılıyorum**) kadar olan sayıları dikkate alarak, sayı altındaki boşluklara işaretleyiniz.
Teşekkür ederiz.

ÖLÇEK 1: DOĞANIN TADI						
		Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
1.	Vahşi ve el değmemiş yerlerde zaman geçirmeyi seven birisi değilim.					
2.	Kırlar ve ormanlar gibi şehir dışındaki yeşillik alanları gezmeyi gerçekten çok seviyorum.					
3.	El değmemiş doğal alanlarda bulunmayı çok sıkıcı buluyorum.					
4.	Mutsuz olduğum bazı zamanlarda huzuru doğada buluyorum.					
5.	Doğanın içinde bulunmak benim için önemli bir stres azaltıcı durumdur.					

6.	Doğayla içi içe olmak için, zamanımı doğal ortamlarda geçirmekten zevk alıyorum.					
7.	Doğanın sessizliğinde huzur buluyorum.					
8.	Ağaçlara ve kuşlara bakarak bir ormanda olmaktansa, bir alış-veriş merkezinde olmayı daha çekici buluyorum.					
9.	Bence doğada zaman geçirmek **sıkıcı**.					

ÖLÇEK 2: ÇEVRESEL EYLEMLER						
1.	Çevreci bir gruba katılmak ve aktif olarak yer almak isterim.					
2.	Çevre koruma için para toplanmasına yardımcı olabileceğimi **sanmıyorum**.					
3.	Çevreci bir organizasyonda yer almak **istemem**.					
4.	Çevreye karşı duyarlılık (yani çevre koruma) çok paraya mal oluyor. Para toplanmasına yönelik birçaba içerisinde bulunabilirim.					
5.	Çevreyle ilgili bir şey için parasal yardım yapmak **istemem**.					

6.	Dönüşüm kampanyalarını desteklemek için kendimi **zorlamam**.					
7.	Sık sık çevrenin önemli olduğuna başkalarını inandırmak için çaba sarf ederim.					
8.	Çevreci bir organizasyonu desteklemek isterim.					
9.	Çevre korumanın önemli olduğu konusunda başkalarını hiçbir zaman ikna etmeyi **denemem**.					

ÖLÇEK 3: ÇEVRESEL TEHDİT						
1.	Eğer her şey böyle devam ederse, gelecekte çok büyük çevresel felaketlerle karşı karşıya kalacağız.					
2.	İnsanlar doğaya müdahale ettiğinde çoğunlukla yıkıcı sonuçlar ortaya çıkıyor.					
3.	Her şeyin böyle devam etmesi halinde büyük bir çevresel felaketle karşılaşacağımız çok saçma bir düşünce.					
4.	Hızlı ekonomik büyümenin yarattığı bir çevresel sorun **göremiyorum** bunun sadece birçok faydası var.					
5.	Doğanın dengesinin çok hassas olduğu ve kolaylıkla bozulabileceği çok **kötümser** bir düşünce.					

6.	Çevrenin insanlar tarafından büyük oranda tahrip edildiğine **inanmıyorum**.					
7.	Doğanın acımasız istilasının bizi çevresel bir çöküşe götürdüğünü düşünenler kesinlikle **haksızlar**.					
8.	Hükümet ham maddelerin sürekliliğini temin için,bunların hangi oranda kullanıldıklarını kontrol etmelidir.					
9.	Hükümetler güneş enerjisi gibi alternatif enerjinin gelişimiyle ilgili araştırmalara daha büyük ekonomikdestek vermelidir.					
10.	Doğanın sadece var olduğu için bile değerliolduğuna **inanmıyorum**.					

ÖLÇEK 4: İNSANLARIN DOĞADAN FAYDALANMASI						
1.	İnsanların daha fazla bir ekonomik büyüme için doğaya zarar verme hakları yoktur.					
2.	İnsanlar, insan gelişiminin doğaya nasıl zarar verdiğine nerdeyse hiç dikkat **etmiyorlar**.					
3.	Doğayı korumak, ekonomik büyümeyi korumaktandaha önemlidir.					
4.	Artık doğayı ekonomik amaçlar için kaynak olarak **kullanmamalıyız**.					

5.	Çevreyi korumak, insanların işlerini korumaktan daha önemlidir.					
6.	Doğa kendi sürekliliği için değerlidir.					
7.	Nüfus artışının en olumsuz yanı, birçok doğal alanın zarar görüyor olmasıdır.					
8.	Özel yeteneklerimize rağmen, insanlar hala doğanın kanunlarına uymak zorundadır.					
9.	Ormanların tarım için yok edilmesini görmek beni üzüyor.					
10.	Ekonomik yönden ne kadar faydalı olursa olsun doğal alanların yok olmasına karşıyım.					

ÖLÇEK 5: BİLİM VE TEKNOLOJİYE GÜVEN						
1.	Birçok çevresel problem daha çok ve daha ileri teknolojinin uygulanması ile çözülebilir.					
2.	Bilim ve teknoloji eninde sonunda kirlilik, nüfus artışı ve kaynakların yok olması ile ilgili problemlerimizi çözecektir.					
3.	Modern bilim çevresel problemlerimizi **çözemeyecektir**.					
4.	Çevresel problemlerimizi çözmek için bilim veteknolojiye güvenmeyi sürdürmeliyiz.					

5.	İnsanlar eninde sonunda çevresel problemleri nasıl çözeceklerini öğrenecekler.					
6.	Bilim ve teknolojideki ilerlemenin çevresel problemleri çözeceğine dair olan inanç tamamen**yanlıştır**.					
7.	İnsanlar eninde sonunda, doğanın kendini kontrol için nasıl çalıştığı ile ilgili yeterli bilgiyi öğreneceklerdir.					
8.	Bilim ve teknoloji çevreye karşı büyük tehditleri **çözemezler**.					

ÖLÇEK 6: NÜFUS ARTIŞI POLİTİKALARINA DESTEK						
1.	Nüfus artışını kontrol etmemiz gerektiğini benimseyen bir düşünce **yanlıştır**.					
2.	Bir aile bakımını sağlayabildikten sonra istediği kadar çocuk sahibi olmalıdır.					
3.	Devlet, iki ya da daha az çocuk sahibi olmanın önemi konusunda topluma eğitim vermelidir.					
4.	Bir çiftin sahip olacağı çocuk sayısını asla **sınırlandırmamalıyız**.					

5.	Nüfus fazlalığının bir sorun olduğunu düşünenler tamamen **yanılıyorlar**.					
6.	Dünya nüfusunu önemli ölçüde azaltırsak, daha iyi bir durumda oluruz.					
7.	Devletin, aileleri sahip olacakları çocuk sayısı hakkında sınırlamaya hakkı **yoktur**.					

EK-5: Biyomimikri Farkındalık Ölçeği

BİYOMİMİKRİ FARKINDALIK ÖLÇEĞİ

Sevgili öğrenciler,
Bu anket sizlerin biyomimikriye ilişkin farkındalığınızı belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Anket maddelerine vereceğiniz yanıtlar, araştırma amacıyla kullanılacak olup; gizli tutulacaktır. Lütfen anket maddelerinin sizin için ne kadar doğru olup olmadığını ilgili seçeneği işaretleyerek belirtiniz.
Katılımınız için çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Öğrencisi Cansel HOCAOĞLU
Prof. Dr. Eylem BAYIR
Dr. Öğr. Üyesi Sertaç ARABACIOĞLU
Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Cinsiyet: Kadın ☐ Erkek ☐

Yaş: ☐

Sınıf Seviyesi: İlköğretim 7. sınıf ☐ İlköğretim 6. Sınıf ☐

Biyomimikri Deneyimi: Herhangi bir fikrim yok ☐ Kısmen bilgi sabiyim ☐ Bilgi sahibiyim ☐

İlgi Alanları:	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
Doğayı severim.	①	②	③	④	⑤
Doğada gezinmekten keyif alırım.	①	②	③	④	⑤
Yeni teknolojilere ilgi duyarım.	①	②	③	④	⑤
Teknolojik gelişmeleri takip etmekten keyif alırım.	①	②	③	④	⑤
Bir şeyler tasarlamayı severim.	①	②	③	④	⑤
Yeni tasarım fikirleri ortaya koymaktan keyif alırım.	①	②	③	④	⑤

Öğrenim Ortamı:	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
Laboratuvarda deney yapmaktan keyif alırım.	①	②	③	④	⑤
Okul dışı ortamlarda (Müze, orman, kamp vb.) etkinlik yapmaktan keyif alırım.	①	②	③	④	⑤
Sınıfta işlenen derslerden keyif alırım.	①	②	③	④	⑤

Teknoloji ve tasarım atölyesi gibi alanlarda (STEM vb.) bir şeyler tasarlamaktan keyif alırım.	①	②	③	④	⑤

1.Boyut: Doğadan İlham Alma					
	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
1.Canlı organizmalardan ilham alarak bir tasarım geliştirilebileceği hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
2.Canlı organizmaların teknolojideki uygulama alanlarını keşfedebilirim.	①	②	③	④	⑤
3.Günlük yaşamdaki problemlere canlı organizmaların özelliklerini kullanarak çözüm bulabilirim.	①	②	③	④	⑤
4.Canlı organizmaların davranışlarını inceleyerek bir tasarım problemine çözüm sunabilirim.	①	②	③	④	⑤
5.Tasarımlarda canlı organizmaların öne çıkan yönlerinin taklit edileceği konusunda bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
6.Tasarım projelerinin canlı organizmalar ile ilişkisini açıklayabilirim.	①	②	③	④	⑤
7.Tasarım projeleri yapılırken canlı organizmalardan nasıl ilham alındığını açıklayabilirim.	①	②	③	④	⑤
8.Ürün veya proje geliştirmek için canlı organizmalardan yararlanabilirim.	①	②	③	④	⑤
9.Doğadan ilham alan tasarımlar hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
10.Doğadan ilham alan tasarımların güvenlik, koruma, ulaşım gibi birçok alanda katkı sağlayabileceği hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
11.Doğadan ilham alınarak geri dönüşüme katkı sağlayabilecek tasarımlar oluşturulabileceği hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
12.Geliştireceğim tasarımlara doğadan çözümler arayabilirim.	①	②	③	④	⑤

2.Boyut: Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması					
13.Biyomimikri kavramını tanımlayabilirim.	①	②	③	④	⑤
14.Biyomimikri uygulamalarının teknolojiye olan katkıları hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
15.Biyomimikrik tasarımların çevre dostu ürünler ve malzemeler geliştirmeye katkı sağladığı hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤
16.Biyomimikri uygulamalarının teknolojik gelişime olan katkılarını açıklayabilirim.	①	②	③	④	⑤
17.Biyomimikriyi kullanarak etkili ve yenilikçi çözümler geliştirebilirim.	①	②	③	④	⑤
18.Biyomimikriyi kullanarak sürdürülebilir tasarımlar ortaya koyabilirim.	①	②	③	④	⑤
19.Biyomimikri tasarımında ne tür canlı organizmalardan yararlanılabileceği hakkında bilgi sahibiyim.	①	②	③	④	⑤

EK-6: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

BİYOMİMİKRİ TEMELLİ UYGULAMALARA YÖNELİK YARI-YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME SORULARI

Hedef	Sorular
Biyomimikri kavramına yönelik farkındalık	Biyomimikri kavramını nasıl tanımlarsınız?
	Biyomimikri temelli tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
	Doğadan ilham alan tasarımlar geliştirirken hangi canlı organizmalardan yararlanabiliriz? Örneklendirerek açıklar mısınız?
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Biyomimikri temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
	Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın avantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
	Tasarım geliştirirken doğadan çözümler aramanın dezavantajları nelerdir? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
Biyomimikri temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
	Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak doğaya ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
	Tasarım geliştirirken biyomimikriyi kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
Biyomimikri temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi	Biyomimikri temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?
Biyomimikri temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?
	Biyomimikri temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?

TERSİNE MÜHENDİSLİK TEMELLİ UYGULAMALARA YÖNELİK YARI-YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME SORULARI

Hedef	Sorular
Tersine mühendislik kavramına yönelik farkındalık	Tersine mühendislik kavramını nasıl tanımlarsınız?
	Tersine mühendislik temelli oluşturulan tasarımlar hangi özelliklere sahip olmalıdır? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine ilişkin farkındalık	Tersine mühendislik temelli tasarımlar oluştururken hangi adımları takip ettiniz? Detaylı bir şekilde anlatır mısınız?
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulama sürecine yönelik duygular	Tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken mutlu olduğunuz/keyif aldığınız durumları anlatır mısınız?
	Tersine mühendislik temelli uygulamalar gerçekleştirirken zorlandığınız/keyif almadığınız durumları anlatır mısınız?
Tersine mühendislik temeline dayanan tasarımların insanlığa/doğaya ve çevreye etkisine ilişkin farkındalık	Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak insanlığa ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
	Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak doğaya ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
	Tasarım geliştirirken tersine mühendisliği kullanmak çevreye ne gibi katkılar sağlar? Örneklendirerek açıklar mısınız?
Tersine mühendislik temeline dayanan uygulamaların öğrencilerin kariyer planlaması üzerine etkisi	Tersine mühendislik temelli gerçekleştirdiğiniz uygulamaların ileriye yönelik meslek seçiminizde etkisi olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?

EK-7: "Kambur Balinalardan İlham Aldık" Etkinliği Ders Planı

<table>
<tr><th>Hedeflenen Kazanımlar</th><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">FEN BİLİMLERİ

(2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı; Bilim ve Sanat Merkezi Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı)</td><td>Bilim ve Sanat Merkezi Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı</td><td>1.Bilimsel süreç becerilerini bilimsel çalışmasında uygular.
2.Farklı enerji türlerinin birbirlerine dönüşümünü bir problemin çözümüne uygular/ model geliştirir.
3.Günlük yaşamda karşılaşabileceği bir problemin çözümüne yönelik ölçütlere uyumlu bir makine prototipi yapar.
4.Belirlenmiş kriterlere göre yapılan tasarımları (ya da prototipler) değerlendirir.
5.Yenilenebilir enerji türlerine örnekler verir.
6.Yenilenebilir enerjiyi kullanarak bir probleme çözüm üretir.
7.Canlıların çevre ile etkileşim şekillerini açıklar.</td></tr>
<tr><td>2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı</td><td>8.Yakın çevresindeki veya ülkemizdeki bir çevre sorununun çözümüne ilişkin öneriler sunar.
9. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.</td></tr>
<tr><td>TEKNOLOJİ

(2018 Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı)</td><td colspan="2">1.Günlük hayatta karşılaşılan bir sorun, ihtiyaç veya gerçekleştirebileceği hayalini "tasarım problemi" şeklinde ifade eder.
2.İnsan hayatını kolaylaştıracak inovatif bir fikir geliştirir.
3.Kişisel öğrenme hedeflerini başarmak için teknolojiden yararlanan stratejiler geliştirir.</td></tr>
</table>

MÜHENDİSLİK (2018 Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı)	1.Mühendislik tasarım sürecini kullanarak bir ürün tasarlar. 2.Tasarladığı ürünü yeniden yapılandırır. 3.Sergileyeceği ürünü sunar. 4.Biyotaklit ile tasarlanmış ürünlere örnekler verir. 5.Biyotaklit ile tasarlanmış bir ürünü analiz eder.
MATEMATİK (Bilim ve Sanat Merkezi Matematik Dersi Öğretim Programı)	1.Verilen bir problemi problem çözme basamaklarına göre çözer. 2.Verilen bir probleme yönelik çözüm önerisi getirir. 3.Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. 4.Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar. 5.Bir araştırmanın verilerinden elde edilen bulguları yorumlar.
21. YY BECERİLERİ	1.Yaratıcı düşünme 2.İletişim kurma 3.İşbirliği yapma 4.Girişimcilik 5. Proje yönetimi

- https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/

1. **Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP):**

4.1.Bilgi Temelli Hayat Problemi:

Leyla doğayı ve onun karmaşık yapılarını incelemeye meraklı bir kızdı. Bir gün okyanuslarda yaşayan canlılar ile ilgili belgesel çekimi yapmak üzere ekibiyle birlikte Atlas Okyanusu'na gittiler. Orada Kambur Balinaların avlanma stilleri ile ilgili çekim yaptıkları esnada ilham verici bir şey fark etti. Kambur balinalar avlanmaları esnasında dev yüzgeçleriyle düşük bir direnç sayesinde maksimum verimli hareket elde ediyorlardı. Bu hareketi ve Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri detaylıca araştırmaya devam etti. Ülkesine döndüğünde su direncini azaltarak hareket edebilen "Denizaltı İDA" veya maksimum enerji sağlayabilecek "Rüzgar Türbini" temalı tasarım geliştirme yarışmalarına katılma kararı verdi. Tasarım süreci öncesi kendisine şunu sordu: "Doğa bu

tasarım problemi veya ihtiyacını nasıl çözerdi?" Sizce Leyla Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri kullanarak katılacağı yarışmalarda nasıl bir tasarım geliştirebilir?

4.2.Tasarım Kriterleri:

- Çevreye ve doğaya zarar vermeyecek malzeme kullanımına dikkat etmek.
- Tasarımda Kambur Balinaları güçlü kılan özelliklerden ilham alan en az bir özellik bulundurmak.

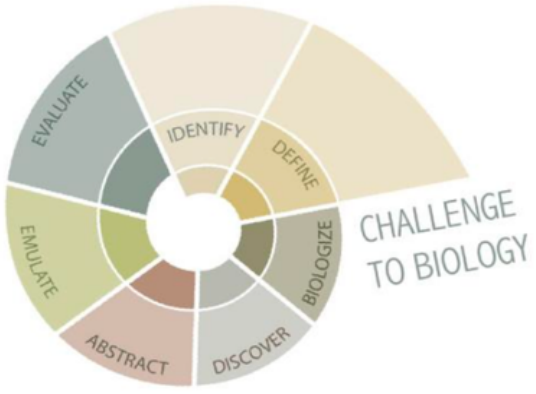
(Rüzgar Türbini veya Denizaltı İDA yarışmalarından yalnızca birini seçmeniz gerekmektedir.)

Denizaltı İDA Tasarımı	Rüzgar Türbini Tasarımı
• Denizaltı İDA tasarımı su direncini azaltacak en az 2 özelliğe sahip olmalı.	• Rüzgar Türbini en az 30 cm yüksekliğinde olmalı.
• Denizaltı İDA tasarımı en az 30 cm genişliğinde ve 5 cm yüksekliğinde olmalı.	• Türbin rüzgarın oluşturduğu hareket ile elektrik üretmeli ve bunu göstermeli.

4.3.Meslek, Görev ve Sorumluluklar:

- Makine Mühendisi
- Çevre Mühendisi
- Malzeme Mühendisi

2. Ders İçeriği



TANIMLAMAK

5.1.Derse Giriş

Öğrencilere "Kambur Balinalar" ile ilgili kısa bir belgesel izletilir. Öğrenciler üçer kişilik gruplara ayrılır. Ardından öğrencilere Kambur balinaların özellikleriyle ilgili gerekli araştırmaları yapmaları için (kitap, dergi, internet vb.) süre verilir. Öğrenciler elde edilen veriler ışığında çalışma kağıdına notlar alır.

BİYOLOJİKLEŞTİRME

5.2.Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP)

Öğrencilere BTHP ve dikkat edilmesi gereken noktalar sunulur. Öğrenciler meslek ve görev seçimlerini yaparlar. Sunulan BTHP kapsamında öğrenciler problem veya ihtiyaca yönelik geliştirdikleri çözümleri doğadan ilham alacak şekilde yeniden ele alıp bağlamı analiz ederler.

KEŞFETME

Öğrenciler tasarım çözümünde kullanılabilecek doğal modelleri keşfedip tasarımları için kullanacakları stratejileri tespit ederler. Kambur balinalara ait özellikler ile ilgili soruların yer aldığı çalışma kağıdı öğrencilere verilir ve öğrenciler araştırmalarını bilgisayar, tablet vb. ortamda gerçekleştirirler.

ÖZ

Kambur balinalara ait özellikleri kapsamlı bir şekilde araştıran öğrenciler, balinaların dirençli ve güçlü özelliklerini veya mekanizmalarını dikkatlice inceleyip analiz eder. Ardından Kambur balinaları güçlü kılan özellikler keşfedilir ve bu özellik/özellikler geliştirilecek denizaltı İDA veya rüzgar türbini tasarımında kullanılmak üzere analiz edilir.

BENZEMEYE ÇALIŞMAK

5.3.Ürün Geliştirme

Öğrenciler incelemeleri sonucu elde ettikleri verileri tasarımlarına nasıl aktaracaklarına karar verir. Kullanılacak materyalleri seçip, çalışma kağıtlarında sunulan tasarım kriterlerini temel alarak tasarım süreçlerine başlarlar. Kambur balinaların özelliklerini detaylıca araştıran öğrenciler, kambur balinaların yüzgeç yapılarını, avlanma mekanizmalarını, derilerinin yapısını tasarım problemlerine çözüm üretecek şekilde kullanacakları bir prototip tasarlar. Tasarımlarını oluşturma süreçlerindeki her bir adımı çalışma kağıdına not ederler. Geliştirilen tasarımın insanlığın hangi sorununa nasıl çözüm üreteceğini değerlendirip tasarım üzerinde varsa eksiklikler gerekli iyileştirmeleri yapmak adına çalışmalarına devam ederler.

DEĞERLENDİRME

5.4.Ölçme ve Değerlendirme

Tasarımı oluşturma süreci tamamlandıktan sonra model üzerinde varsa eksikler belirlenerek iyileştirmeler yapılır. Tasarımın ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı öğrenciler tarafından değerlendirilir. Geliştirilen tasarımların sunumu yapılır. Hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından çalışma kağıtlarında sunulan değerlendirme rubrikleri kapsamında değerlendirilir. Öğrenciler oluşturdukları ürün/modelleri okulda planlanan bir sergide sergiler.

EK-8: “Kambur Balinalardan İlham Aldık” Etkinliği Çalışma Kağıdı



Grup Adı	
Grup Üyeleri:	

Kambur balinalar ile ilgili aşağıda verilen tabloyu, dergi makale veya internet ortamından gerekli araştırmalarınızı yapıp doldurunuz.

Canlının bilimsel adı *(İkili adlandırma şeklinde yazınız.)*	
Canlının ait olduğu grup *(Mikroskobik canlı-mantar-bitki-hayvan şeklinde belirtiniz; hayvan ise omurgalı omurgasız, bitki ise çiçekli ve çiçeksiz şeklinde ifade ediniz.)*	
Canlının sahip olduğu yapılar *(kanat, yüzgeç, gaga, ağız şeklinde belirtiniz.)*	
Canlının sahip olduğu yapıların canlıya sağladığı yararlar	

Sizce canlıyı güçlü kılan en önemli özelliği	
Canlının habitatı *(okyanus, ağaç, deniz, kutuplar şeklinde belirtiniz.)*	
Canlının avlanma ve beslenmesi	

TASARIM GÖREVİM

Leyla doğayı ve onun karmaşık yapılarını incelemeye meraklı bir kızdı. Bir gün okyanuslarda yaşayan canlılar ile ilgili belgesel çekimi yapmak üzere ekibiyle birlikte Atlas Okyanusu'na gittiler. Orada Kambur Balinaların avlanma stilleri ile ilgili çekim yaptıkları esnada ilham verici bir şey fark etti. Kambur balinalar avlanmaları esnasında dev yüzgeçleriyle düşük bir direnç sayesinde maksimum verimli hareket elde ediyorlardı. Bu hareketi ve Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri detaylı bir şekilde araştırmaya devam etti. Ülkesine döndüğünde su direncini azaltarak hareket edebilen "Denizaltı İDA" veya maksimum enerji sağlayabilecek "Rüzgar Türbini" temalı tasarım geliştirme yarışmalarına katılma kararı verdi. Tasarım süreci öncesi kendisine şunu sordu: "Doğa bu tasarım problemi veya ihtiyacını nasıl çözerdi?" Sizce Leyla Kambur balinaları güçlü kılan özellikleri kullanarak katılacağı yarışmalarda nasıl bir tasarım geliştirebilir?

(Rüzgar Türbini veya Denizaltı İDA yarışmalarından yalnızca birini seçmeniz gerekmektedir.)

Hangi yarışmaya katılacağınızı yazınız.	
Problem veya ihtiyacı belirleyiniz. *(Yukarıda metinde verilen problem veya ihtiyacı yazınız.)*	**Problem veya ihtiyacınız için doğada bulunan canlılardan faydalanacağınız olası çözümler geliştiriniz.**

Geliştirdiğiniz çözümlerden en olası çözümü seçiniz. Neden seçtiğinizi yazınız.

En olası çözümün avantajlarını yazınız.	En olası çözümün dezavantajlarını yazınız.

Problem veya ihtiyacınıza yönelik seçtiğiniz en olası çözümü prototip/model haline getiriniz.

KULLANILACAK MATERYALLER

- DC motor
- Dinamo motor
- Kanat Malzemesi (Hafif ve dayanıklı malzemeler seçmelisiniz. Güçlü plastik, ahşap, hafif metal vb.)
- Şaft Malzemesi (metal borular, çubuklar vb.)
- Elektrik kabloları
- Silikon tabancası
- Makas
- Raptiye
- Renkli kağıtlar
- Karton
- .....
- .....
- .....

NOT: Kendi tasarım planınıza göre malzeme ilavesi yapabilirsiniz.



TASARIM KRİTERLERİ

- Çevreye ve doğaya zarar vermeyecek malzeme kullanımına dikkat etmek.
- Tasarımda Kambur Balinaları güçlü kılan özelliklerden ilham alan en az 1 özellik bulundurmak.

Denizaltı İHA Tasarımı	Rüzgar Türbini Tasarımı
Denizaltı İDA tasarımı su direncini azaltacak en az 2 özelliğe sahip olmalı.	Rüzgar Türbini en az 30 cm yüksekliğinde olmalı.
Denizaltı İDA tasarımı en az 30 cm genişliğinde ve 5 cm yüksekliğinde olmalı.	Türbin rüzgarın oluşturduğu hareket ile elektrik üretmeli ve bunu göstermeli.

1-Seçtiğiniz materyalleri tasarımınızın hangi bölümünde ve ne amaçla kullanacaksınız?

2-Tasarımınıza ait prototipi aşağıda birim kareler ile belirtilen alana çiziniz.

3-Tasarımınızı oluşturma sürecinizdeki her bir adımı aşağıya not ediniz.

4-Tasarımınız insanlığın hangi sorununa çözüm üretecek?

5-Tasarımınızda ne gibi iyileştirmeler yapabilirsiniz?

6-Yaptığınız bu etkinlik sonucunda aşağıdaki alanlardan nasıl yararlandınız?
Fen Bilimleri:
Teknoloji:
Mühendislik:

EK-9: "Biyomimikrinin Mimaride Kullanımı " Sunusu

BİYOMİMETİK MİMARİ TASARIM ÖRNEKLERİ

CANSEL HOCAOĞLU



Armadillo



GENEL BİLGİ

Söz konusu yapı yoğun bir trafik gürültüsüne maruz kalan mekânları gürültüden uzak tutarken, doğal ışıklandırmayı da engellememek için aradığı çözümü (yapıyı) tabiatta bulan bir proje sürecine sahiptir.
Armadillo kabuğundan ilham alan bu proje bir ses duvarı yaratırken, mekânın ışık kalitesini de göz önünde bulundurmaktadır.
1997 yılında açılan Clyde Oditoryumu'nda Armadillo adı ile bilinen zırhlı bir hayvanın kabuk sisteminden esinlenilmiştir.
Binayı bütünü ile çelik kaburgalar ve kirişlerle desteklenen bir iskelet sistemi oluşturmaktadır.

Münih Olimpiyat Stadyumu



Örümcek ağının doğal strüktürü



GENEL BİLGİ

Örümceklerin ağ sisteminin oldukça hafif ve bir o kadar dayanıklı ağ yapısı tasarımcılara ilham olmuş ve büyük hacimlerin üstünü örtmek sebebiyle pek çok yapıda örnek alınmıştır.
Bu örneklerden bazıları şunlardır: Sydney'deki Ulusal Antik Atletik Stadyumu, Cidde Havaalanı Hac Terminali, Münih ve Kanada'daki hayvanat bahçeleri, Schlumberger Araştırma Merkezi Binası, Denver Havaalanı ve Münih Olimpiyat Stadyumu

Eiffel Kulesi



Uyluk kemiği yapısı



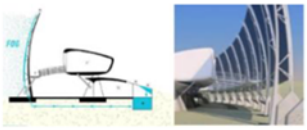
GENEL BİLGİ

İsviçreli mühendis Karl Culmann, uyluk kemiğinin yapısını inceleyerek gözenekli yapısına rağmen kemiğin, üzerinde oluşacak yük ve basınç etkisini azaltacak bir tasarıma sahip olduğunu fark etmiştir.

Bu tasarım kemiğin içindeki uzantıların, insan ayakta durduğunda kemiklere etki eden kuvvet hatları boyunca düzenlenmiş olmasıdır.

Culmann aynı özelliğin bir dizi çivi ve destek sistemi ile sağlanabileceğini düşünmüştür. Gustave Eiffel tarafından tasarlanmış Eiffel Kulesinin daha az malzeme ile dayanımı ve esnekliği yüksek inşa edilmesini sağlamıştır. Eiffel Kulesi de uyluk kemiğindeki gibi, demir kıvrımları, metal çivi ve desteklerden oluşan karışık bir kafes örgü ile inşa edilmiştir. Bu örgü sayesinde kule, rüzgarın eğme ve makaslama kuvvetleri ile oluşan basınca rahatlıkla dayanabilmektedir

Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası



Namibya Çöl böceği



GENEL BİLGİ

Namibya çöl böceğinin su toplama sistemi, esas olarak sırtının özel tasarımına dayanır. Bu böceğin sırtı yer yer küçük tepeciklerden oluşan bir yüzeye sahiptir.

Bu tepeciklerin aralarındaki boşlukların yüzeyi bir tür balmumu ile kaplı olduğu halde tepeciklerin zirvelerinde balmumu yoktur. Bu durum, böceğin suyu daha etkin bir şekilde toplayabilmesine yardım eder.

Parkes tarafından tasarlanan Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası, sisteki sudan faydalanan bir dizi kemerli kabuk dizisi okyanusa bakan ve döndükçe sisi toplayan naylon ağdan yapılmış uzun bir perdenin arkasında konumlandırılmıştır.

Şili ve Peru'da ağ, mümkün olan nemi tutabilmek amacıyla ağaçlar arasında gerilmektedir. Parkes, bu sistemi binanın altyapısıyla birleştirmiştir; ağ, doyma noktasına ulaştıkça yerçekimi nemi, oluklara yönlendirmekte ve bu sayede suyun tutulduğu yeraltı sarnıçları soğuk kalmakta, böylece buharlaşma önlenmektedir.

Qizhong Stadyumu



Çin'in milli çiçeği 'Peony'



GENEL BİLGİ

Qizhong Stadyumu'nda bitkisel unsurlar hem fonksiyonel hem de biçimsel olarak kullanılmıştır. Bu yapıda, çiçeklerin güneş ve rüzgâra göre taç yapraklarını hareket ettirmesi prensibi taklit edilmiştir.

Stadyumun üst örtüsünü oluşturan yaprak görünümlü sekiz hareketli metal levha kapandığında yukarı yükselen sıcak hava tekrar stadyumun içine üflenerek ve aynı metal parçalar açıldığında dışarıdan gelen serin hava kontrol edilerek.

Bu tasarımla, kapalı bir mekânı dış mekâna dönüştürmenin ötesine gecen hareket ettirilebilir levha sistemi ile yapı tasarımında da önemli bir gelişim örneği olmuştur

EK 10-: "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Ders Planı

<table>
<tr><th>Hedeflenen Kazanımlar</th><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">FEN BİLİMLERİ

(2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı; Bilim ve Sanat Merkezi Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı)</td><td>Bilim ve Sanat Merkezi Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı</td><td>1.Bilimsel süreç becerilerini bilimsel çalışmasında uygular.
2.Farklı enerji türlerinin birbirlerine dönüşümünü bir problemin çözümüne uygular/ model geliştirir.
3.Günlük yaşamda karşılaşabileceği bir problemin çözümüne yönelik ölçütlere uyumlu bir makine prototipi yapar.
4.Belirlenmiş kriterlere göre yapılan tasarımları (ya da prototipler) değerlendirir.
5.Yenilenebilir enerji türlerine örnekler verir.
6.Yenilenebilir enerjiyi kullanarak bir probleme çözüm üretir.</td></tr>
<tr><td>2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı</td><td>7.Yakın çevresindeki veya ülkemizdeki bir çevre sorununun çözümüne ilişkin öneriler sunar.
8. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.</td></tr>
<tr><td>TEKNOLOJİ

(2018 Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı)</td><td colspan="2">1.Günlük hayatta karşılaşılan bir sorun, ihtiyaç veya gerçekleştirebileceği hayalini "tasarım problemi" şeklinde ifade eder.</td></tr>
</table>

	2.İnsan hayatını kolaylaştıracak inovatif bir fikir geliştirir. 3.Kişisel öğrenme hedeflerini başarmak için teknolojiden yararlanan stratejiler geliştirir.
MÜHENDİSLİK (2018 Teknoloji ve Tasarım Dersi Öğretim Programı)	1.Mühendislik tasarım sürecini kullanarak bir ürün tasarlar. 2.Tasarladığı ürünü yeniden yapılandırır. 3.Sergileyeceği ürünü sunar.
MATEMATİK (Bilim ve Sanat Merkezi Matematik Dersi Öğretim Programı)	1.Verilen bir problemi problem çözme basamaklarına göre çözer. 2.Verilen bir probleme yönelik çözüm önerisi getirir. 3.Veri toplamayı gerektiren araştırma soruları oluşturur. 4.Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar. 5.Bir araştırmanın verilerinden elde edilen bulguları yorumlar.
21. YY BECERİLERİ	1.Yaratıcı düşünme 2.İletişim kurma 3.İşbirliği yapma 4.Girişimcilik 5. Proje yönetim

3. Kullanılan Materyaller:

- DC motor
- Dinamo motor
- Kanat malzemesi (Hafif ve dayanıklı malzemeler seçilmeli. Güçlü plastik, ahşap, hafif metal vb.)
- Şaft malzemesi (metal borular, çubuklar vb.)
- Elektrik kabloları
- Silikon tabancası
- Makas

NOT: Öğrenciler kendi tasarım planlarına göre malzeme ilavesi yapabilir.

4. Kaynaklar:

- https://ekolojist.net/elektrik-ureten-agac-hayran-birakti/

5. Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP):

4.1.Bilgi Temelli Hayat Problemi:

İnsanoğlunun ürettiği ve tükettiği birçok materyal gelecek nesillere sürdürülebilirlik problemi yaratıyor. Dolayısıyla sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artıyor. Yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde enerji verimliliğini arttırmak, dışa bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisini güçlendirmek, karbon emisyonunu düşürmek mümkündür.

Yenilenebilir enerji üretimini destekleyen bir şirkette işe girmek isteyen mühendis olduğunuzu hayal ediniz. İşe alınma şartlarından biri "Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji sağlayacak inovatif bir model/prototip geliştirmek ve bu modelin çalışma mekanizmasını yetkililere bir rapor sunarak detaylıca aktarabilmek". Siz de enerji kaynağı olarak rüzgardan yararlanacağınız bir rüzgar türbini modeli oluşturma kararı aldınız. Göreviniz size sunulan rüzgar türbini modelini inceleyip, tasarım üzerinde gerekli iyileştirmeleri yaparak daha inovatif ve enerjiden maksimum düzeyde verim sağlayacak bir model/prototip oluşturmak.

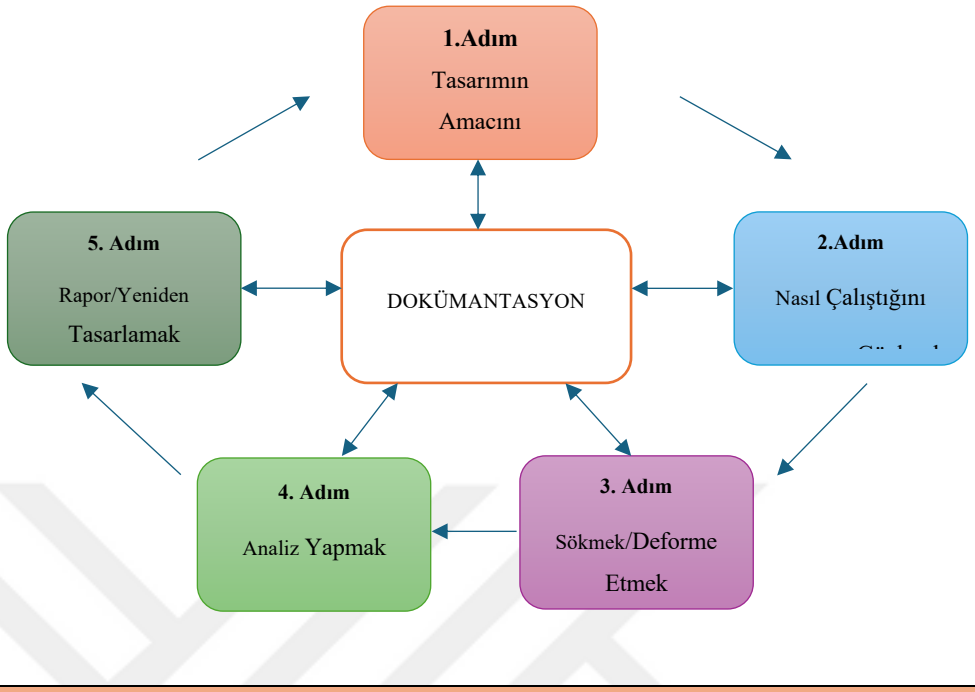
4.2.Tasarım Kriterleri:

- Tasarım dayanıklı olmalı.
- Tasarım hafif bir esinti ile maksimum düzeyde elektrik üretebilmeli.

4.3.Meslek, Görev ve Sorumluluklar:

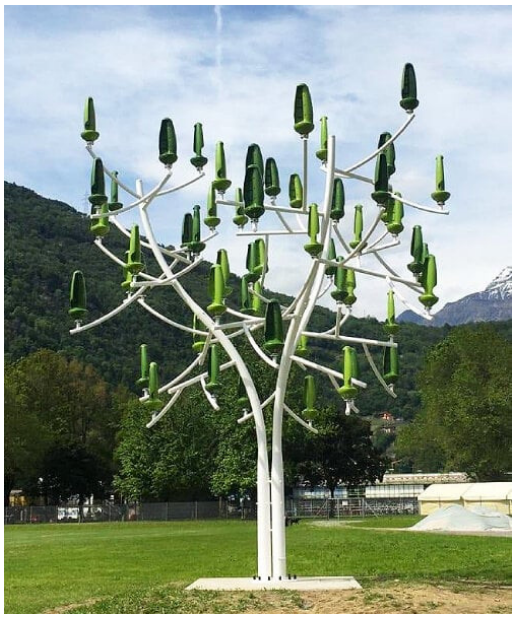
- Makine Mühendisi
- Çevre Mühendisi
- Malzeme Mühendisi

5.Ders İçeriği



TASARIMIN AMACINI BELİRLEMEK

5.1.Derse Giriş



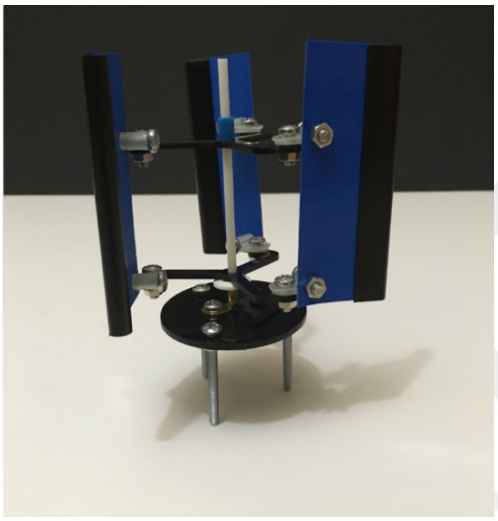


Öğrencilere bazı ülkelerde kullanılmakta olan "Rüzgar Ağacı" görselleri sunulur. Elektrik üretebilmek için hafif bir esintinin yeterli olduğu ve bu esinti ile çok daha

verimli enerji eldesi sağlayan rüzgar ağaçları ile ilgili video izletilir ve sorular yöneltilir:

- Sizce “Rüzgar Ağacı” tasarımlarını güçlü kılan özellikleri neler olabilir?
- “Rüzgar Ağacı” tasarımlarının hangi/problem veya ihtiyaca çözüm ürettiğini düşünüyorsunuz?
- “Rüzgar Ağacı” tasarımlarını işlevsel kılan özellikleri neler olabilir?

NASIL ÇALIŞTIĞINI GÖZLEMLEMEK



Öğrencilere öğretmen tarafından çeşitli rüzgar türbini modelleri sunulur. Öğrenciler verilen modelleri inceler. Burada amaç öğrencilerin ufak bir esinti ile daha fazla enerji üretimi sağlayabilen rüzgar ağaçları tasarımının çalışma mekanizmasını keşfetmesini sağlamaktır.

SÖKMEK/DEFORME ETMEK

Öğrenciler verilen modellerin nasıl çalıştığını daha iyi anlayabilmek için modelin parçalarını söküp incelemelerine devam ederler.

ANALİZ YAPMAK
Öğrenciler modelin sökülen her bir parçasını analiz eder ve her bir parçanın işlevini not ederler.
RAPOR/ YENİDEN TASARLAMAK
5.2. Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP) Öğrencilere BTHP ve dikkat edilmesi gereken noktalar sunulur. Öğrenciler meslek ve görev seçimlerini yaparlar. **5.3. Ürün Geliştirme** Problem veya ihtiyaç belirlenir. Öğrenciler Rüzgar Ağaçları ile ilgili çalışma kağıdında verilen soruları cevaplar. Öğrencilerin istedikleri modeli tasarlayabilmeleri için ilgili malzemeler öğrencilere verilir. Öğrenciler kendi tasarım planlarına göre malzeme ilavesi yapabilir. Öğrenciler her bir parçanın işlevini ve tasarımdakini rolünü analiz ettikten sonra model üzerinde uygun gördükleri gerekli iyileştirmeleri yaparlar. Tasarım üzerinde inovatif fikirler oluşturup tasarımın sahip olduğu özellikleri/işlevleri geliştirirler. Yapılan iyileştirmelerin ardından tasarıma ait prototip çizilir ve tasarımı gerçekleştirme sürecinin her bir adımı not edilir. Tasarımın problem veya ihtiyaca çözüm üretip üretmediği öğrenci tarafından değerlendirilir. Ardından oluşturulan tasarım/modelin sunumu gerçekleştirilir. **5.4. Ölçme ve Değerlendirme** Hedeflenen kazanımlar doğrultusunda modelin sunumunu yapan öğrenciler, diğer öğrenci grupları ve öğretmen tarafından çalışma kağıtlarında sunulan değerlendirme rubrikleri kapsamında değerlendirilir. Öğrenciler oluşturdukları ürün/modelleri okulda planlanan bir sergide sergiler.

EK 11-: "Hafif Bir Esinti ile Enerji Üretiyoruz" Etkinliği Çalışma Kağıdı

ÇALIŞMA KAĞIDIM

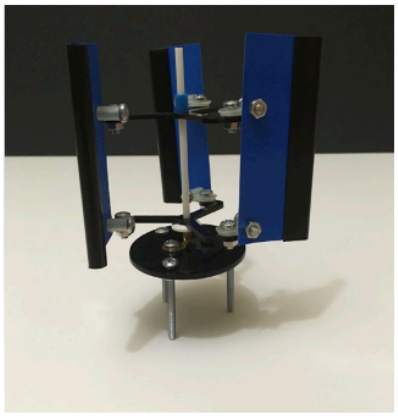
Grup Adı:	
Grup Üyeleri:	



1-Görselde gördüğünüz tasarımın amacı ne olabilir?
2-Sizce "Elektrik Üreten Rüzgar Ağaçları" tasarımlarını güçlü kılan yönler neler olabilir?

3-Sizce "Elektrik Üreten Rüzgar Ağaçları" tasarımları insanlığın hangi problem veya ihtiyacına çözüm üretiyor?
4-"Elektrik Üreten Rüzgar Ağaçları" tasarımlarını işlevsel kılan özellikleri neler olabilir?
5-Sizce "Elektrik Üreten Rüzgar Ağaçları" tasarımları üzerinde ne gibi iyileştirmeler yapılarak tasarım daha işlevsel hale getirilebilir?

TASARIMI ANALİZ EDELİM



1-Size verilen model hangi parçalardan oluşuyor?

2-Söküp incelediğiniz her bir parçanın işlevini not ediniz.

Parça	İşlevi

3-Size verilen modelde ne gibi iyileştirmeler yapmayı planlıyorsunuz?

TASARIM GÖREVİM

İnsanoğlunun ürettiği ve tükettiği birçok materyal gelecek nesillere sürdürülebilirlik problemi yaratıyor. Dolayısıyla sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artıyor. Yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde enerji verimliliğini arttırmak, dışa bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisini güçlendirmek, karbon emisyonunu düşürmek mümkündür.

Yenilenebilir enerji üretimini destekleyen bir şirkette işe girmek isteyen mühendis olduğunuzu hayal ediniz. İşe alınma şartlarından biri "Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji sağlayacak inovatif bir model/prototip geliştirmek ve bu modelin çalışma mekanizmasını yetkililere detaylıca aktarabilmek". Siz de rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek bir rüzgar türbini modeli oluşturma kararı aldınız. Göreviniz size sunulan rüzgar türbini modelini inceleyip, tasarım üzerinde gerekli iyileştirmeleri yaparak daha inovatif ve enerjiden maksimum düzeyde verim sağlayacak bir model/prototip oluşturmak.

Problem veya ihtiyacı belirleyiniz. *(Yukarıda metinde verilen problem veya ihtiyacı yazınız.)*	**Problem veya ihtiyacınız için olası çözümler geliştiriniz.**

Geliştirdiğiniz çözümlerden en olası çözümü seçiniz. Neden seçtiğinizi yazınız.

En olası çözümün avantajlarını yazınız.	En olası çözümün dezavantajlarını yazınız.

YENİDEN TASARLAYALIM

Kullanılan Materyaller

- DC motor
- Dinamo motor
- Kanat malzemesi (Hafif ve dayanıklı malzemeler seçilmeli. Güçlü plastik, ahşap, hafif metal vb.)
- Şaft malzemesi (metal borular, çubuklar vb.)
- Elektrik kabloları
- Silikon tabancası
- Makas
- .....
- .....

Tasarım Kriterleri

- Tasarım dayanıklı olmalı.
- Tasarım hafif bir esinti ile maksimum düzeyde elektrik üretebilmeli.

1-Seçtiğiniz materyalleri tasarımınızın hangi bölümünde ve ne amaçla kullanacaksınız?

2-Tasarımınıza ait prototipi aşağıda birim kareler ile belirtilen alana çiziniz.

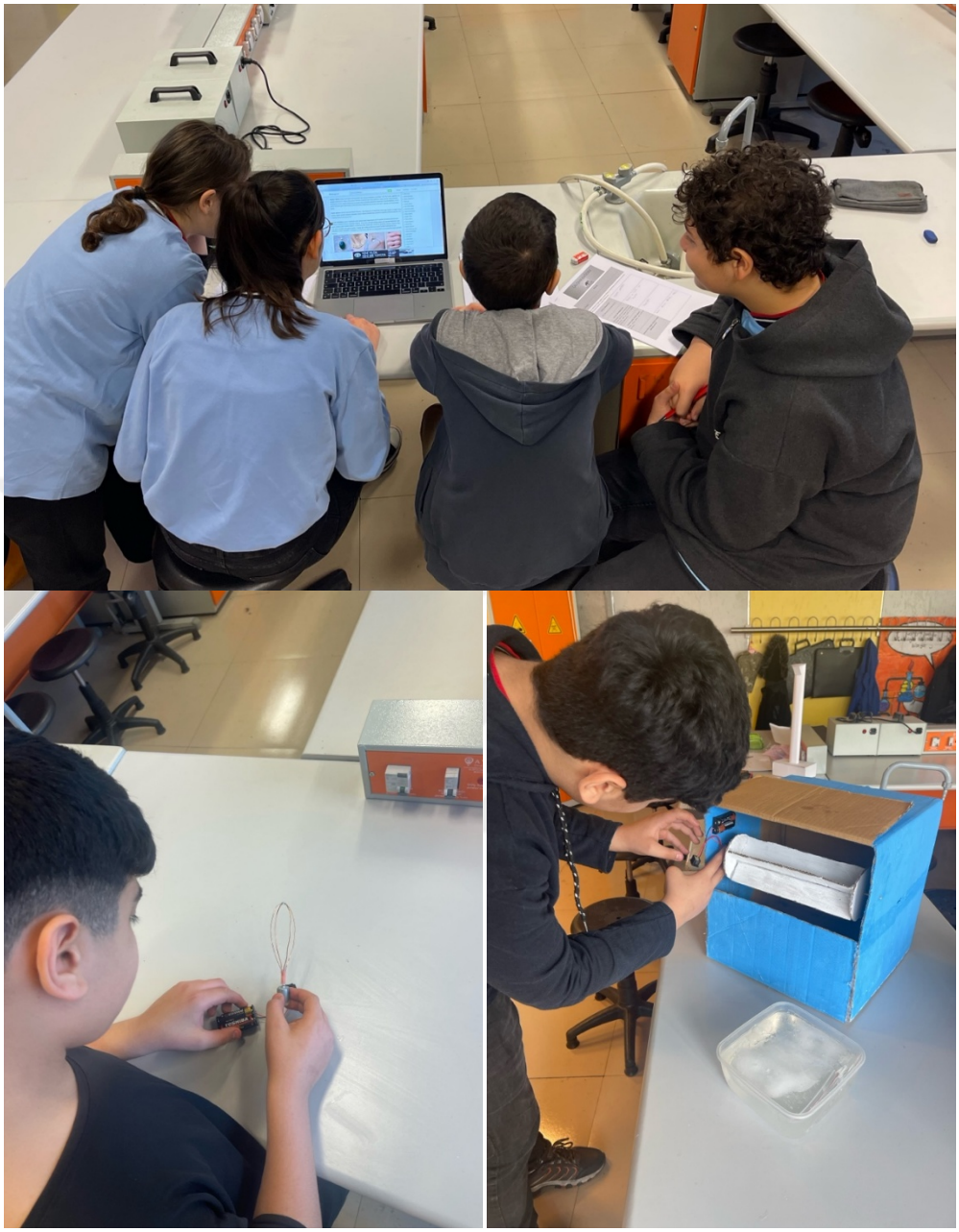
3-Tasarımınızı oluşturma sürecinizdeki her bir adımı aşağıya not ediniz.

4-Tasarımınız insanlığın hangi sorununa çözüm üretecek?

5-Tasarımınızda ne gibi iyileştirmeler yapabilirsiniz?

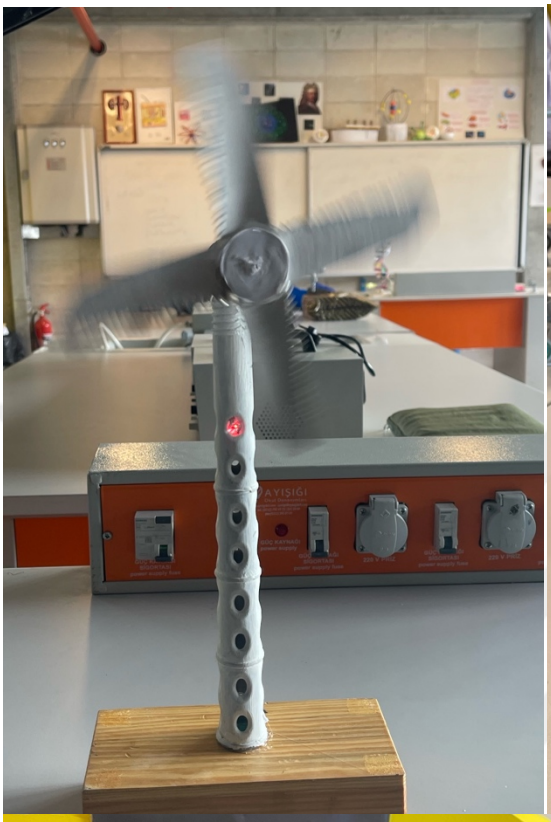
6-Yaptığınız bu etkinlik sonucunda aşağıdaki alanlardan nasıl yararlandınız?
Fen Bilimleri:
Teknoloji:
Mühendislik:
Matematik:
7-Sizce bu etkinlikte başka hangi alanlar etkili olmuştur?

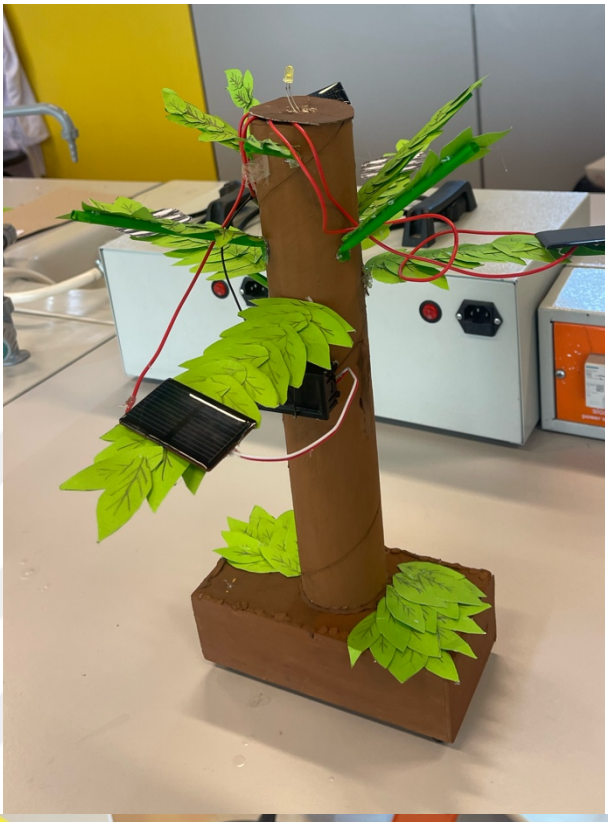
EK-12: Pilot Uygulamaya Dair Görseller













ÖZGEÇMİŞ

Cansel HOCAOĞLU

Lise eğitimini Lüleburgaz Anadolu Lisesinde tamamladı. Lisans eğitiminde Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünden 2020 yılında mezun oldu. 2020 Eylül'de İstanbul Küçükçekmece İlçesine öğretmen olarak atandı. 2021 Eylül itibariyle Trakya Üniversitesi Matematik ve Fen bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı'nda Fen Bilimleri Eğitimi yüksek lisans programına başladı. 2024 itibariyle İstanbul İl Milli Eğitim Müdürlüğü AB+ Erasmus Proje biriminde proje koordinatörlüğü görevine devam etmekte.

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TÜBAP) tarafından desteklenen (2024/146) proje kapsamında yürütülmüştür.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış tam makale

Hocaoğlu, C., Bayır, E., & Arabacıoğlu, S. Biyomimikri Farkındalık Ölçeğinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Trakya Eğitim Dergisi*, *15*(Özel Sayı), 318-345.

Ulusal kongre, sempozyum, panel çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan ve özet metin olarak yayımlanan bildiri

Hocaoğlu, C., Bayır E., (2023, Aralık). *Fen Eğitimi Bağlamında Biyomimikri*. Trakya Üniversitesi 7. Lisansüstü Öğrenci Kongresinde sunulmuştur, Edirne.

Hocaoğlu, C., Bayır E., (2024, Eylül). *Biyomimikri Farkındalık Ölçeği Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması*.16. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde sunulmuştur, Edirne.

Uluslararası kongre, sempozyum, panel çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan ve özet metin olarak yayımlanan bildiri

Hocaoğlu, C., Bayır E., (2025,May). *The Effect of Biomimicry Based STEM Applications on Biomimicry Awareness of Gifted Students.* 1. Balkan International Student and PhD Conference, Bulgaria.

Hocaoğlu, C., Bayır E., (2025,May). *Biyomimikri Temelli STEM Uygulamalarında Ortaokul Öğrencilerinin Ürün Tasarımlarının ve Süreç Algılarının İncelenmesi.*MEF University 6. International Student Conference on Education Sciences, İstanbul.

TÜBİTAK, Bakanlıklar vb. kamu kurumları veya özel kuruluşlarca desteklenen ve tamamlanan projeler

TÜBİTAK 4006/ Danışman Öğretmen- "Memleket Çiçekçilik İftiharla Sunar"

TÜBİTAK 4006/Danışman Öğretmen- "Farklı Organik Materyaller ile Suyun Dönüşümü"

TÜBİTAK 4006/Danışman Öğretmen- "Doğanın İzinde Yaban Hayatı ve Biyoçeşitliliği Keşfetme"

TÜBİTAK 4007/Atölye Yürütücüsü- "Biyomimikri Atölyesi"