
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN BİYOMİMETİK TASARIM ENTEGRASYONU TEMELLİ MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNDEKİ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Yunus Emre İleri

DOKTORA TEZİ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK, 2025

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden 6 ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı	: Yunus Emre
Soyadı	: İleri
Bölümü	: Eğitim Bilimleri
İmza	:
Teslim tarihi	:

TEZİN

Türkçe Adı	: Özel Yetenekli Öğrencilerin Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecindeki Performanslarının İncelenmesi
İngilizce Adı	: Investigation of the Performance of Gifted Students in the Engineering Design Process Based on Biomimetic Design Integration

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

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

Yazar Adı Soyadı: Yunus Emre İleri

İmza:……...

JÜRİ ONAY SAYFASI

Yunus Emre İleri tarafından hazırlanan "Özel Yetenekli Öğrencilerin Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecindeki Performanslarının İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Gazi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mahmut SELVİ ……..
(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)
Başkan: Prof. Dr. Havva YAMAK ……..
(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)
Üye: Prof. Dr. Sedef CANBAZOĞLU BİLİCİ ……..
(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)
Üye: Prof. Dr. Oktay ASLAN ……..
(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Üye: Doç. Dr. Mücahit KÖSE ..…….
(Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi)
Tez Savunma Tarihi: 17/11/2025
Bu tezin Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Osman ÇİMEN
Eğitim Bilimleri Enstitü Müdürü ..……

Bu Tezi Rahmetli Canım Anneciğime İthaf Ediyorum.

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenim ve özel hayatımda başım sıkıştığı her anda yanımda yer alan ve yol gösteren, bir öğretmenden ziyade ağabeylik yapan, değerli bilgisi ve insani yanıyla rehberlik yapan, nezaketini her daim örnek aldığım tez danışmanım Saygıdeğer Prof. Dr. Mahmut SELVİ'ye sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez izleme sürecinde görüş ve önerilerini benimle paylaşan, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tezime katkıları ve desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim değerli hocalarım Prof. Dr. Havva YAMAK'a ve Prof. Dr. Oktay ASLAN'a da çok teşekkür ederim ve saygılarımı sunarım.

Araştırma sürecinde yer alan kıymetli öğrencilerime de değerli zamanlarını ayırarak katılım sağladıkları için teşekkür ederim. Ayrıca araştırmamı yürütmemde destek olan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Doktora sürecinde başımın sıkıştığı yerde imdadıma yetişen Gazi Üniversitesi'nden değerli hocam Prof. Dr. Sedef CANBAZOĞLU BİLİCİ'ye de sonsuz minnet, teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ölçme araçlarının geçerlik ve güvenirliğinde görüşüne başvurduğumuz tüm uzmanlara teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca ölçme araçlarının değerlendirici güvenirliğinde benden yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Feridun KESKİN'e ve Goncagül DOMAÇ'a teşekkür ederim.

SDK-2024-9085 bu araştırmanın yürütülmesinde yardımcı olan ve maddi desteklerini sunan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne de sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tüm eğitim yaşamım boyunca yanımda bulunan, hayatımın anlamı olan sevgili aileme teşekkür ederim.

Yunus Emre İleri

ÖZEL YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN BİYOMİMETİK TASARIM ENTEGRASYONU TEMELLİ MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNDEKİ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

(Doktora Tezi)

Yunus Emre İleri
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2025

ÖZ

Bu araştırmanın amacı, bir bilim ve sanat merkezinde öğrenim gören özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım süreci boyunca performanslarının, karar verme becerilerinin ve mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerinin incelenmesidir. Araştırma, mühendislik tasarım sürecine biyomimetik tasarımın entegre edilmesiyle tasarlanmıştır. Araştırma karma yöntem araştırması ile yürütülmüştür. Araştırmada karma yöntem desenlerinden müdahale deseni kullanılmıştır. Araştırmanın yürütülmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan benzeşik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu bir bilim ve sanat merkezinde öğrenim gören 5, 6, ve 7. sınıf düzeyindeki 7 kız ve 8 erkek öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma sürecinde mühendisliğin doğasına yönelik görüş formu, karar verme becerileri testi, mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriği, mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriği, ürün değerlendirme rubriği ve biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriği veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırma bir tasarım problemi ile 21 hafta ve toplamda 84 ders saati sürdürülmüştür. Mühendislik tasarım defterlerindeki veri analizinde özel yetenekli öğrencilerin yanıtlarının kodlanmasıyla başlanmıştır. Oluşan kodlar, kod bulutu ve tablo şeklinde sunulmuştur. Kod bulutunda özel yetenekli öğrencilerin, tasarım problemi, doğa, mühendislik tasarım süreci, biyomimikri, yoğunluk, pet şişe ve su içindeki konum gibi kavramlara daha fazla yer verdikleri görülmüştür. Özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım defteri performanslarının aşamalara göre değerlendirilmesinde hazırlık-1 ve karar verme kriterlerinde en yüksek performansa sahip oldukları görülürken planlama-1 ve

planlama-2 kriterlerinde ise en düşük performansa sahip oldukları görülmüştür. Aşamalara göre mühendislik tasarım defterlerinin cinsiyete dayalı olarak değerlendirilmesinde kız öğrencilerin ve erkek öğrencilerin benzer performans sergiledikleri görülmüştür. Aşamalara göre mühendislik tasarım defterlerinin takıma dayalı olarak değerlendirilmesinde takımlar arasında performans farklılıkları olduğu tespit edilmiştir. Aşamalara göre mühendislik tasarım defterlerinin sınıf düzeyine dayalı olarak değerlendirilmesinde en yüksek performansı 6. sınıf düzeyindeki öğrenciler sergilerken en düşük performansı 5. sınıf düzeyindeki öğrenciler sergilemiştir. Özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının incelenmesi sonucunda aşamalara göre en yüksek performansın karar verme kriterinde elde edilirken en düşük performansın planlama kriterinde olduğu görülmüştür. Mühendislik tasarım sürecinin aşamalara göre cinsiyete dayalı olarak değerlendirilmesinde kız öğrencilerin ve erkek öğrencilerin performanslarında çok düşük performans farklılıklarının ve bu farkın kız öğrencilerin lehine olduğu görülmüştür. Mühendislik tasarım sürecinin aşamalara göre takıma dayalı olarak değerlendirilmesinde takımlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Mühendislik tasarım sürecinin aşamalara göre sınıf düzeyine dayalı olarak performanslarının değerlendirilmesinde ise 6. Sınıf düzeyinde en yüksek performansın sergilendiği görülmüştür. Özel yetenekli öğrencilerin ürün ve biyomimetik açıdan ürün performansları deneme aşamasından karar verme aşamasına geçildiğinde artmıştır. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım süreci uygulamasının özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerine etkisinin anlamlı olmadığı ve mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerine etkisinin ise anlamlı ve büyük etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin özel yetenekli öğrencilerin fen bilimleri dersi öğretim programına dahil edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Biyomimetik tasarım yaklaşımı, biyomimikri, mühendislik tasarım süreci, STEM eğitim yaklaşımı, performans değerlendirme, özel yetenekli öğrenciler.
Sayfa Adedi : xxiii + 340
Danışman : Prof. Dr. Mahmut Selvi

INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF GIFTED STUDENTS IN THE ENGINEERING DESIGN PROCESS BASED ON BIOMIMETIC DESIGN INTEGRATION

(Doctoral Dissertation)

Yunus Emre İleri

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCES

December 2025

ABSTRACT

The purpose of this research is to examine the performance, decision-making skills, and views of gifted students studying at a science and arts center during the biomimetic design integration-based engineering design process. The research was designed by integrating biomimetic design into the engineering design process. The research was conducted as a mixed-methods study. A mixed-methods design was employed in the study. Analogous sampling, a type of purposive sampling, was used in the study. The study group consisted of 7 female and 8 male students in the 5th, 6th, and 7th grades attending a science and arts center. Data collection tools included a nature of engineering opinion form, a decision-making skills test, an engineering design notebook evaluation rubric, an engineering design process evaluation rubric, a product evaluation rubric, and a biomimetic product evaluation rubric. The research focused on a design problem and lasted 21 weeks, totaling 84 class hours. Data analysis began with coding the responses of the gifted students in the engineering design notebooks. The resulting codes are presented in code clouds and tables. In the code cloud, it was observed that gifted students included concepts such as design problem, nature, engineering design process, biomimicry, density, plastic bottle, and location in water more frequently. In evaluating the engineering design notebook performance of gifted students by stage, it was observed that they performed best in the preparation-1 and decision-making criteria. In contrast, they performed worst in the planning-1 and planning-2 criteria. In the gender-based evaluation of engineering design notebooks by stage, female and male students performed similarly. In the team-based review of the engineering design notebooks by stage, performance differences were found between teams. In the grade-level evaluation of the

engineering design notebooks by stage, 6th-grade students performed best, while 5th-grade students performed worst. Based on the examination of gifted students' performance in the engineering design process, the highest performance was observed in the decision-making criterion, while the lowest was in the planning criterion. In the gender-based evaluation of the engineering design process by stage, it was observed that there were minimal performance differences between female and male students, with the difference favoring female students. In evaluating the engineering design process through team-based stages, differences were observed among teams. In assessing the performance of the engineering design process across grade levels, the highest performance was observed at the 6th grade level. Gifted students' product and biomimetic performance increased as they moved from the trial phase to the decision-making phase. It was concluded that the application of the biomimetic design integration-based engineering design process had no significant effect on gifted students' decision-making skills. Still, it did have a substantial impact on their views of the nature of engineering. Based on the data obtained within the scope of the research, it is recommended that the biomimetic design integration-based engineering design process be incorporated into the science curriculum of gifted students.

Keywords : Biomimetic design approach, biomimicry, engineering design process, STEM education approach, performance evaluation, gifted students.
Pages : xxiii + 340
Supervisor : Prof. Mahmut Selvi

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU ..... İ
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI ..... İİ
JÜRİ ONAY SAYFASI ..... İİİ
TEŞEKKÜR V
ÖZ ..... Vİ
ABSTRACT ..... Vİİİ
İÇİNDEKİLER X
TABLOLAR LİSTESİ ..... XVİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ XX
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... XXİİİ
BÖLÜM I 1
GİRİŞ 1
1.1. Problem Durumu 1
1.2. Problem Cümlesi 8
1.2.1. Araştırmanın Alt Problemleri 9
1.3. Araştırmanın Amacı 9
1.4. Araştırmanın Önemi 12
1.5. Araştırmanın Sayıltıları 15
1.6. Sınırlılıklar 15
1.7. Tanımlar 16

BÖLÜM II 17
KURAMSAL ÇERÇEVE 17
2.1. Özel Yetenekliler 17
2.1.1. Özel Yeteneklilik in Tanımı 17
2.2. Özel Yeteneklilik ile İlgili Modeller 18
2.2.1. Renzulli'nin Üç Halka Modeli 18
2.2.2. Gagné'nin Farklılaştırılmış Zekalılık ve Yeteneklilik Modeli (DMGT) . 20
2.2.3. Tannenbaum'un Yıldızı Modeli 20
2.2.4. Gardner'in Çoklu Zekâ Teorisi 22
2.2.5. Sternberg'in Üçlü Zekâ Teorisi 22
2.3. Özel Yeteneklilerin Eğitimi: Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM) 23
2.3.1. BİLSEM Tarihi 23
2.3.2. Özel Yeteneklilerin Eğitimi 24
2.4. Fen Eğitiminde Mühendislik Uygulamaları ve Biyomimikri 25
2.4.1. Fen Eğitiminin Tanımı ve Amaçları 25
2.4.2. Fen Eğitiminin Geleceği 26
2.5. Mühendislik Tasarım Sürecinin Tanımı ve Eğitimdeki Yeri 27
2.5.1. Mühendislik Tasarım Süreci Aşamaları 28
2.5.2. Araştırmada Kullanılan Mühendislik Tasarım Süreci 34
2.6. Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı 46
2.6.1. Biyomimetik Tasarım Süreci Basamakları 49
2.6.2. Yaşam İlkeleri 52
2.7. Mühendisliğin Doğası 54
2.8. Karar Verme Becerileri 56
BÖLÜM III 59
YÖNTEM 59

3.1. Araştırmanın Modeli 59

3.2. Araştırma Süreci 63

3.2.1. Araştırmanın Uygulama Süreci 65

3.3. Araştırma Ortamı 67

3.4. Araştırmanın Çalışma Grubu 67

3.5. Araştırmanın Etik Boyutu 70

3.6. Mühendislik Tasarım Sürecine İlişkin Problem Kâğıdı 71

3.7. Veri Toplama Araçları 71

3.7.1. Mühendislik Tasarım Defteri 72

3.7.2. Mühendislik Tasarım Süreci 74

3.7.3. Ürünler 76

3.7.4. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu 77

3.7.5. Karar Verme Becerileri Testi 78

3.8. Verilerin Analizi 79

3.8.1. Nitel Verilerin Analizi 79

3.8.2. Nicel Verilerin Analizi 80

3.9. Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği 88

BÖLÜM IV 91

BULGULAR 91

4.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 91

4.1.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Hazırlık Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular 92

4.1.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Tanımlama Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular 94

4.1.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Öğrenme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Performanslarının Kategorilendirilmesine İlişkin Bulgular.....96

4.1.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Planlama Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular 96

4.1.5. Özel Yetenekli Öğrencilerin Planlama Aşamasındaki Taslak Tasarımlarına İlişkin Bulgular 98

4.1.6. Özel Yetenekli Öğrencilerin Test Etme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular 108

4.1.7. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular 110

4.1.8. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular.....112

4.1.9. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 113

4.1.10. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Takım Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 114

4.1.11. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 116

4.1.12. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 118

4.1.13. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular.....119

4.1.14. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Takım Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular 121

4.1.15. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular.....122

4.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular 124

4.2.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular 125

4.2.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular 127

4.2.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Takım Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular 128

4.2.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular 130

4.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular 131

4.3.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Deneme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular 132

4.3.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular ... 135

4.3.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Deneme ve Karar Verme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarının Kıyaslanmasına İlişkin Bulgular 141

4.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Becerilerine Yönelik Bulgular 144

4.5. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecindeki Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğası Görüşlerinin Değişimine Yönelik Bulgular 145

4.5.1. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğası Görüşlerine Etkisi 145

4.5.2. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşleri 146

BÖLÜM V 163

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 163

5.1. Mühendislik Tasarım Defterine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 163

5.1.1. Mühendislik Tasarım Defteri Aşama Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar 163

5.1.2. Mühendislik Tasarım Defteri, Defter Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar 170

5.2. Mühendislik Tasarım Sürecine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 175

5.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci Aşama Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar 175

5.3. Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 180

5.3.1. Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 181

5.3.2. Biyomimetik Açıdan Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 183

5.4. Karar Verme Becerilerinin Gelişimine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 184

5.5. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerin Gelişimine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 185

5.5.1. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerin Gelişiminin Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 185

5.5.2. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlere İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 186

5.6. Öneriler 189

5.6.1. Özel Yeteneklilerin Eğitimine İlişkin Öneriler 189

5.6.2. Araştırmacılara Öneriler 190

5.6.3. Yöntem Kullanımına Yönelik Öneriler 191

5.6.4. Gelecek Araştırma Önerileri 191

KAYNAKLAR 193

EKLER 253

EK 1. Veri Toplama Araçlarının Uygulanması İçin Gazi Üniversitesi Etik Kurul İzni 254
EK 2. Veri Toplama Araçlarının Uygulanması İçin Gazi Üniversitesi Araştırma İzni 255
EK 3. Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği 256
EK 4. Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği 261
EK 5. Ürün Değerlendirme Rubriği 263
EK 6. Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği 264
EK 7. Ders Planları Ve Etkinlikler 265
EK 8. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu 322
EK 9. Karar Verme Becerileri Testi 330

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. *Fen Bilimlerinde Kullanılan MTS Aşamaları* *29*

Tablo 2. *Fizikte Kullanılan MTS Aşamaları* *31*

Tablo 3. *Kimyada Kullanılan MTS Aşamaları* *32*

Tablo 4. *Biyolojide Kullanılan MTS Aşamaları* *33*

Tablo 5. *Fen Bilimleri ve Diğer Alanlarda Kullanılan MTS Aşamaları* *34*

Tablo 6. *Araştırmanın Uygulama Sürecinin Haftalara ve Ders Saatlerine Göre Dağılımı* *65*

Tablo 7. *Özel Yetenekli Öğrencilerin Demografik Bilgilerine Göre Dağılımı* *67*

Tablo 8. *Takımlar ve Takım Üyelerine Yönelik Bilgiler* *68*

Tablo 9. *Sınıf Düzeylerine göre Cinsiyet Dağılımı* *69*

Tablo 10. *Araştırma Sürecindeki Veri Analizi Araçları* *71*

Tablo 11. *Kappa İstatistiğinin Yorumlanmasına İlişkin Değer Aralıkları* *81*

Tablo 12. *Karar Verme Becerileri Testinden Elde Edilen Verilerin Normallik Testi Sonuçları* *85*

Tablo 13. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundan Elde Edilen Verilerin Normallik Testi Sonuçları* *86*

Tablo 14. *Öğrenme Aşamasında BMTD Performanslarının Frekans Aralığına göre Kategorilendirme* *95*

Tablo 15. *Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecinin Karar Verme Becerileri Testi Açısından Ön test ve Son test Puanlarının İlişkili Örneklemler T Testi Sonuçları* *143*

Tablo 16. *Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecinin Mühendisliğin Doğası Görü Anketi Açısından Ön Test ve Son Test Puanlarının İlişkili Örneklemler T Testi Sonuçları*.....146

Tablo 17. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Sınırlama Yönüne İlişkin (2. Soru) Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....147

Tablo 18. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formunda Sınır Belirleme Yönüne (2. soru) Yönelik Öğrenci Yanıtlarının Örnekler*.....147

Tablo 19. *Özel Yetenekli Öğrencilerin Yazılı Yanıtlarında Mühendislerin Faaliyetleri*...149

Tablo 20. *Özel Yetenekli Öğrencilerin Çizimlerinde Mühendislerin Cinsiyeti*.....149

Tablo 21. *Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendis Çizimlerinde Kullanılan Nesneler*.....151

Tablo 22. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Anketindeki Sınırlama Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....153

Tablo 23. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Anketinde Sınır Belirleme Yönüne (5.(b) Soru) Yönelik Öğrenci Yanıtlarının Örnekler*.....153

Tablo 24. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Anketindeki Mühendislik Tasarım Süreci Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....154

Tablo 25. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Anketinde MTS Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler*.....155

Tablo 26. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Anketindeki Belirsizlik Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....156

Tablo 27. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Anketinde Geçicilik Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler*.....157

Tablo 28. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Yaratıcılık Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....157

Tablo 29. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formunda Yaratıcılık Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler*.....158

Tablo 30. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Mühendisliğin Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....158

Tablo 31. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki Mühendisliğin Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler*.....160

Tablo 32. *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Mühendisliğin Sosyal Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri*.....159

Tablo 33. *Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki Mühendisliğin Sosyal Yönlerine Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler*.....161

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Renzulli'nin üç halka modeli. 18

Şekil 2. Tannenbaum'un yıldız modeli 21

Şekil 3. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım süreci 35

Şekil 4. Biyomimetik tasarım süreci basamakları 49

Şekil 5. Biyomimikri 3.8'in yaşam ilkeleri lensi 53

Şekil 6. Müdahale Deseni 60

Şekil 7. Araştırma süreci *64*

Şekil 8. Hazırlık aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu 93

Şekil 9. Tanımlama aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu 94

Şekil 10. Planlama aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu 97

Şekil 11. Doğacı mühendisler takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı 99

Şekil 12. Tasarım şefleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı 101

Şekil 13. Geleceğin mühendisleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı 104

Şekil 14. Ay mühendisleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı 106

Şekil 15. Test etme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu 108

Şekil 16. Karar verme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu 110

Şekil 17. Aşamalara göre BMTD performans grafiği 112

Şekil 18. Aşamalara göre cinsiyet açısından BMTD performans grafiği..... 113

Şekil 19. Aşamalara göre takımlar açısından BMTD performans grafiği..... 115

Şekil 20. Aşamalara göre sınıf düzeyi açısından BMTD performans grafiği 117

Şekil 21. Defter özelliklerine göre BMTD performans grafiği 118

Şekil 22. Defter özelliklerine göre cinsiyet açısından BMTD performans grafiği 120

Şekil 23. Defter özelliklerine göre takımlar açısından BMTD performans grafiği..... 121

Şekil 24. Defter özelliklerine göre sınıf düzeyi açısından BMTD performans grafiği 123

Şekil 25. Aşamalara göre Biyo-MTS grafiği..... 126

Şekil 26. Cinsiyet değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği..... 127

Şekil 27. Takım değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği..... 128

Şekil 28. Sınıf düzeyi değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği..... 130

Şekil 29. Deneme aşamasında takım değişkeni açısından ürün performans grafiği 132

Şekil 30. Deneme aşamasında takım değişkeni açısından biyomimetik ürün performans grafiği..... 134

Şekil 31. Doğacı mühendisler takımının denizaltı keşif aracı..... 135

Şekil 32. Tasarım şefleri takımının denizaltı keşif aracı 136

Şekil 33. Geleceğin mühendisleri takımının denizaltı keşif aracı 136

Şekil 34. Ay mühendisleri takımının denizaltı keşif aracı 137

Şekil 35. Karar verme aşamasında takım değişkeni açısından ürün performans grafiği ... 138

Şekil 36. Karar verme aşamasında takım değişkeni açısından biyomimetik ürün performans grafiği..... 140

Şekil 37. Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki ürün performanslarına ilişkin grafik..... 142

Şekil 38. Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki biyomimetik açıdan ürün performanslarına ilişkin grafik..... 143

Şekil 39. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde damla'nın kadın mühendis çizimi 150

Şekil 40. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde çınar'ın erkek mühendis çizimi 151

Şekil 41. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun son testinde eda'nın erkek mühendis çizimi 151

*Şekil 42.*Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun son testinde gazi kemal'in mühendisin yer almadığı çizimi 151

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BİLSEM	Bilim ve Sanat Merkezi
BMTD	Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Defteri
Biyo-MTS	Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Süreci
MTS	Mühendislik Tasarım Süreci
MTD	Mühendislik Tasarım Defteri
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu
STEM	Fen Bilimleri, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik

BÖLÜM I

GİRİŞ

Araştırmanın bu bölümünde problem durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi, mühendislik tasarım süreci ve biyomimetiğe yönelik alan yazın incelemesi, araştırmanın sayıltıları, araştırmanın sınırlılıkları ve araştırmadaki tanımlara yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Hızlı teknolojik gelişmelerin neticesinde küresel problemlerin ivmelenerek arttığı 21. yüzyılda ülkelerin kalkınmasında özel yetenekli öğrencilerin eğitiminin rolü gittikçe artmaktadır. Ülkelerin en önemli insan kaynaklarının başında özel yetenekli öğrenciler gelmektedir. Bu öğrencilerin eğitimleri, devletlerin vatandaşlarına karşı yerine getirmesi gereken önemli ödevlerinden birisidir. Bu nedenle bilim ve teknolojideki gelişmeler ile küresel problemler doğrultusunda özel yetenekli bireylerin eğitimlerinde yeni eğitim ve öğretim yaklaşımlarına yer verilmesi bu öğrencilerin öğrenme süreçlerinde daha aktif yaşantılar geliştirmelerine olanak sağlayacaktır.

Özel yetenekli öğrenciler, genellikle gelişmiş üst düzey düşünme becerilerine sahiptirler (Rimm, Siegle ve Davis, 2022). Bu öğrenciler, olağanüstü yetenekleri ve yoğun merak duyguları ile akranlarından farklılaşmaktadırlar. Diğer bir deyişle bu öğrenciler, üstün işlem yapma kapasiteleri, yaratıcı problem çözme ve eleştirel düşünme yetenekleri ile akranlarından keskin hatlarla ayrılmaktadırlar (Treffinger ve Isaksen, 2005). Dolayısıyla bu öğrenciler, fen eğitiminde karşılaştıkları problemlerini yüksek meraklarını ve üst düzey

düşünme becerilerini kullanarak çözebilirler. Aynı zamanda özel yetenekli öğrenciler, bu becerilerini kullanarak karmaşık günlük problemlerinin de üstesinden gelebilirler. Bu nedenle bu öğrencilerin yenilikçi eğitim yaklaşımlarıyla buluşturulması gerekmektedir.

21. yüzyıl önemli bir eğitimsel dönüşüm yüzyılıdır (Achmad ve Utami, 2023). Bu yüzyılda eğitimde tasarım faaliyetlerinin etkili bir şekilde desteklenmesi gerekmektedir. Bu desteğin sağlanması için eğitim sisteminin bu yüzyılın bilimsel gelişmeleri ışığında yenilemek, öğrenci ile öğretmen arasındaki etkileşimi artırmak, öğrencileri günlük yaşam problemleriyle karşı karşıya getirmek ve tasarım entegrasyonunu stratejik olarak kullanmak ülkelerin vatandaşlarına karşı eğitim alanındaki ödevleri arasında yer almaktadır. Bu dönüşümle birlikte öğrencilerin hem yaratıcı hem üst düzey düşünme becerisine sahip hem de üretken bireyler olmalarının önü açılacaktır (Achmad ve Utami, 2023; Woods-Groves, 2015).

21. yüzyılda öğrencilerden özgün fikirler üretmesi, farklı düşünebilmesi, olaylar arasındaki ilişkileri analiz edebilmesi, işbirliği halinde çalışabilmesi ve etrafındaki insanlarla etkili iletişim kurabilmesi beklenmektedir. Ayrıca etkili bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanımaları da beklenmektedir. Mevcut eğitim sisteminin de bu doğrultu da geliştirilerek yeniden yapılandırılması gerekmektedir (Valtonen ve diğerleri, 2017; Valtonen, Sointu, Mäkitalo-Siegl ve Kukkonen, 2015; Yoke ve diğerleri, 2019).

Eğitimin yapılandırılma sürecinde, fen eğitiminin de çağın gereksinimlerine uygun olacak şekilde yenilik içeren eğitim yaklaşımları ile revize edilmesi gerekmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin bu amaca yönelik mühendislik tasarım süreci (MTS) ile karşı karşıya getirilmeleri gelişimlerine katkıda bulunacaktır. MTS, tekrarlayıcı (iterative) aşamaların olduğu, problem çözmeye dayalı bir eğitim yaklaşımıdır. Bu eğitim yaklaşımı, karmaşık kavramları hızlı kavrayabilen ve çevrelerine karşı içsel merak duyan, hızlı öğrenen gelişmiş anlama kapasitesine sahip olan özel yetenekli öğrencilerin özelliklerine uygun bir yaklaşımdır (Karatas-Aydin ve Isiksal-Bostan, 2023).

MTS'deki aşamalar çoğunlukla doğrusal bir çizgide devam etmemektedir ve bu süreç içerisinde öğrencilerin öğrenme deneyimlerini geliştiren yenilikçi pedagojik yaklaşımların entegre edilmesi büyük bir öneme sahiptir. Ortaya konulan yenilikçi eğitim yaklaşımlarıyla gelecekte üretim faaliyetlerinde yer alacak bireylerin mühendislik eğitimini de kayda değer bir şekilde iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin yerine getirilmesinde ise fen

eğitiminin önemi büyüktür. Bu doğrultuda, MTS'nin özel yetenekli öğrencilerin fen eğitimine dahil edilmesi, onların karmaşık dünya problemlerinin çözümü ile yüz yüze getirilmesi, bu öğrencilerin problem çözme ve yenilikçilik gibi yeteneklerinin geliştirilmesinde kilit rol oynayacaktır (Han ve Shim, 2019; National Research Council, 2012; Schunn, 2009).

Özel yetenekli öğrenciler, mühendisliğin temel ilkelerine dayalı eğitim aldıklarında ve proje tabanlı öğrenme ortamlarıyla bir araya getirildiklerinde genellikle üstün performans gösterirler. Örneğin alan yazındaki bir araştırmada mühendislik kavramlarının K-6 öğretim programlarına entegre etmenin özel yetenekli öğrencilerin yalnızca anlayışlarını teşvik etmediğini bunun yanında özel yetenekli öğrenciler arasında mühendislik kariyeri bağlamında da yardımcı olduğunu ve bu durumun da geleceğin yenilikçi ve eleştirel düşünen bireylerini yetiştirdiğini ileri sürülmektedir (Mann, Mann, Strutz, Duncan ve Yoon, 2011). Bu araştırmaya benzer şekilde başka bir araştırmada, MTS'nin ayrılmaz bir parçası olarak yaratıcılığın da ön plana çıkarıldığı mühendislik uygulamalarının yer aldığı öğretim programlarının ilkokul düzeyinden itibaren uygulanmasının özel yetenekli bireylerin eğitiminin gelişimleri ile de uyum sağlar nitelikte olduğunu açıklamaktadırlar (Robinson, Adelson, Kidd ve Cunningham, 2018).

Özel yetenekli öğrencilerin yaratıcı problem çözme, eleştirel düşünme, karar verme becerileri ve yüksek merak içgüdüleri, onları mühendislik tasarım sürecinde de aktif bir grup haline getirmektedir. MTS, özel yetenekli öğrencilere aktif bir öğrenme ortamı sunarak onların problem çözme yeteneklerinin ortaya çıkmasını ve bunu geliştirmelerine imkan sağlar (Syukri, Halim, Mohtar ve Soewarno, 2018). MTS'de özel yetenekli öğrenciler, tasarım probleminin çözümü için çözüm önerilerini ortaya koyarlar. Ortaya koydukları çözüm önerileri yeterli olmayabilir. Bu durum, özel yetenekli öğrencilerde tasarım zorluğuna neden olabilir. Tasarım zorluğunu yenmek için hem bireysel hem de takım çalışması halinde işbirliği yaparak sosyal becerilerini de sürece dahil ederek tasarım problemini çözerler (Dailey, 2017).

Mühendislikteki ve teknolojideki hızlı değişimler, tasarımların daha karmaşık hale gelmesi MTS'nin tek başına fen eğitiminde yeterli olmamasına neden olmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin karmaşık tasarım problemleri ile derinlemesine yüz yüze gelme potansiyelleri, bu öğrenciler için mühendislik tasarım sürecine entegre edilecek yeni tasarım yaklaşımlarına

da önemli bir kapı aralamaktadır. Bu nedenle özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde MTS'ye yenilikçi tasarım yaklaşımlarının entegrasyonu günümüz problemlerinin çözümünde çok önemli bir yere sahiptir (Dixon ve Bucknor, 2019; Keusters, Bakker ve Houwing, 2022; Kuo, Song, Chen ve Patel, 2021; Naim ve Lewis, 2012).

MTS'ye yeni tasarım yaklaşımlarının entegre edilmesi, yeniliği teşvik eder, üretkenliği arttırır ve tasarım ürünlerinin kalitesini arttırmaktadır (Dixon ve Bucknor, 2019). Bu yaklaşım, özel yetenekli öğrencilerin eğitim sürecinde yeni deneyimler elde etmesi bakımından kritik bir rol oynamaktadır. Yeni eğitim yaklaşımlarının birbirlerine entegre edilmesi, daha geniş kapsamlı olarak düşünmeyi ve problemlerin çözümünde daha fazla çözüm önerisi ortaya konulmasını sağlamaktadır (Ercan ve Şahin, 2015). Yeni yaklaşımların bir arada kullanılması, öğrencilere farklı bakış açıları kazandırarak onların mühendislik tasarımında problemlerin çözümüne yönelik yaratıcı çözüm önerileri geliştirmelerine imkan sağlamaktadır (Altun Yalçın ve Çakır, 2022; Daly, Mosyjowski ve Seifert, 2014; Zhang, Xiong, Zhu ve Kong, 2014). Ayrıca MTS'ye entegre edilmesi, takım üyeleri arasında koordinasyon ve iletişimi de geliştirerek daha etkili ve yenilikçi çözümlerin ortaya konmasını sağlamaktadır (Eggink, 2021). Sonuç olarak mühendislik tasarımlarına entegre edilen tasarım yaklaşımlarının öğrencilerin problem çözme becerilerini ve yaratıcılıklarını üst düzeye çıkarmaktadır (Sarı ve Yazıcı, 2019).

Yeni tasarım yaklaşımlarının MTS'ye entegre edilmesinin dile getirildiği üzere pek çok yararı bulunmaktadır. Çağın gereksinimleri doğrultusunda bu yenilikçi yaklaşımın eğitim alanında da kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Ayrıca MTS'ye yenilikçi bir tasarım yaklaşımının entegre edilmesi eğitim araştırmaları bakımından da bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır. Bu doğrultuda araştırmada kullanılan MTS'ye biyomimetik tasarım yaklaşımının entegrasyonu yapılmıştır.

Biyomimetik tasarım yaklaşımı, doğanın milyonlarca yılda oluşturduğu biyolojik modelleri, stratejileri ve ilkeleri taklit ederek günümüz tasarım problemlerine yenilikçi çözümler üretmektir (Benyus, 1997). Biyomimetik tasarım yaklaşımının MTS ile kullanılması tasarım deneyimini zenginleştiren ve biyolojinin ön planda olduğu yenilikçiliği teşvik eden bir yaklaşımdır (Deldin ve Schuknecht, 2014).

Biyomimetik tasarım yaklaşımının özel yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde kullanılması, onların öğrenme deneyimlerini, yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmektedir.

Ayrıca biyomimetik tasarım yaklaşımı, özel yetenekli öğrencilerin gerçek dünya problemlerini doğayı taklit ederek çözmesiyle süreç içerisinde biyolojik kavramları öğrenmelerini de sağlar (Stevens, Whitehead ve Singhal, 2022).

Fen eğitiminde biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılmasının önemli bir avantajı da özel yetenekli öğrencilerin ilgisini ve katılımlarını sağlama potansiyelidir. Doğa ile etkileşim halinde olmak, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirirken tasarım problemlerinin çözümünde yenilikçi çözüm önerileri sunmalarını sağlar. Bu durum, disiplinler arası öğrenmenin biyolojik sistemler ve sürdürülebilirlik alanında daha çok öngörü oluşturabilmesi nedeniyle fen eğitimi alanında kullanılması hayati öneme sahiptir (Yeter, Tan ve Ferrand, 2023). Bunun yanı sıra biyomimetik tasarım yaklaşımıyla öğrenciler, biyolojik sistemlerin doğal zorluklara karşı nasıl uyum sağladıklarını ve bu durumun nasıl üstesinden geldiklerini analiz ederken aynı zamanda analojik akıl yürütmeyi de desteklemektedir (Stevens, 2021). Biyomimetik tasarım yaklaşımının fen eğitimine entegre edilmesi, eğitimcilerin temel sürdürülebilirlik kavramlarını ele almalarını ve öğrencilerini doğaya duyarlı bireyler olarak yetiştirmelerini sağlamaktadır (Kshirsagar vd., 2025).

Biyomimetik tasarım yaklaşımının MTS'ye entegre edilmesi doğanın milyonlarca yılda elde ettiği biyolojik faktörlerin tasarımlara aktarılarak yenilikçi sürdürülebilir tasarım çözümleri ortaya konulması bakımından kilit role sahiptir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı, karmaşık problemlerin çözümün doğada bulunan canlıları taklit edilmesine dayanmaktadır. Bu tasarım yaklaşımıyla tasarımlara ilişkin verimliliğin arttırılmasının yanı sıra doğayla dost hale getirerek sürdürülebilir bir yaşama da katkıda bulunur (Gencer, Doğan ve Bilen, 2020; MacKinnon, Oomen ve Pedersen Zari, 2020).

Biyomimetik tasarım yaklaşımının MTS'ye entegre edilmesinin önemli avantajlarından biri de sürdürülebilir yenilikçi tasarım çözümlerine ilham verme potansiyelinin yüksek olmasıdır. Mühendisler tasarımlarını ortaya koyarken doğal sistemleri inceleyip onlardan ilham alarak tasarımlarının işlevsel olmasını sağlarken doğal kaynakların tüketimini en aza indiren tasarımlarda geliştirebilirler (Jamei ve Vrcelj, 2021; Verbrugghe, Rubinacci ve Khan, 2023). Bunun dışında biyomimetik tasarımın mühendisliğe entegre edilmesi karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümünde giderek önemli hale gelen disiplinlerarası işbirliğini de desteklemektedir. Mühendislik, biyoloji, çevre bilimi, matematik ve ilgili diğer bilimsel alanlar arasında işbirliği sağlanılarak yenilikçi yaklaşımların ortaya konması için

bilim insanlarından yararlanılabilir (Gencer ve diğerleri, 2020; Lim, Yun, Park ve Yoon, 2018). Bu durumun dışında erken yaşlarda biyomimetik tasarımın entegre edildiği mühendislik tasarım süreci ile karşılaşan öğrencilerin gelecek yaşamlarında tasarım geliştirmelerinde ve ülkenin üretim pazarında rekabetçi olmasına katkıda bulunabilirler. Dünya çapında tüketiciler tarafından sürdürülebilir ve doğa dostu ürünlere talep arttıkça bu doğrultuda ülkelerinin ekonomik anlamda pazar payını arttırabilirler. Bu yönüyle ülkelerin kalkınmasında da katkısı olduğu söylenebilir (Bae, 2023). Aslında biyomimetik tasarım yaklaşımının MTS'ye entegre edilmesinin en önemli avantajlarından biri de öğrencilerin doğal kaynakların tüketimine ve doğanın korunmasına yönelik farkındalık kazanarak gelecek yaşamlarında doğa dostu bireyler olmalarını sağlamasıdır. Dolayısıyla Biyo-MTS'de özel yetenekli öğrencilerin performanslarının belirlenmesi ve buna uygun eğitim yaklaşımının ortaya konması kritik öneme sahiptir.

Tasarım problemlerinin çözümünde doğadan ilham alan biyomimetik tasarım yaklaşımı, özel yetenekli öğrencileri akranlarından ayıran üst düzey yeteneklerinden önemli derecede yararlanmaktadır. Bu yaklaşım, bireylerin doğayı gözlemleme, analiz etme ve taklit etme gibi performansları sergilemelerini gerektirmektedir. Bu durum, öğrencilerin hem fen bilimleri hem de mühendislik ilkelerine yönelik performanslarını geliştirmektedir. Han ve Shim (2019), MTS'nin bilimsel olarak bir eğitim stratejisi olarak kullanmanın onların yaratıcılıklarını ve problem çözme becerilerini geliştirebileceğini öne sürmektedir. Özel yetenekli öğrenciler, doğadaki sistemleri analiz etmelerine dayalı olan biyomimetik tasarım süreçlerinde yer almaları onların sürdürülebilir ve verimli yenilikçi çözümler geliştirmelerini sağlayıp performanslarını artırır.

Dailey (2017) tarafından yapılan bir araştırmada özel yetenekli öğrencilerin tasarımla ilgili görevlerde yer almasının öğrenme deneyimlerini artıracağını ifade etmektedir. Dailey (2017), mühendislik tasarım görevlerinin yerine getirilmesinin çeşitli konularda özel yetenekli öğrencileri iş birliği yapmaya ve güçlü yanlarını kullanmaya teşvik ettiğini açıklamaktadır. Bu durumda da öğrencilerin daha fazla performans göstermesini, öğrenmelerini ve güdülenmesini sağladığını belirtmektedir. Dolayısıyla biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı tasarım yapan özel yetenekli öğrenciler, karmaşık problemleri çözmek için doğuştan gelen üstün yeteneklerini kullanırlar. Bu yolla öğrenciler, geleneksel olarak ortaya çıkamayabilecek yaratıcı performanslar sergiler.

Özel yetenekli öğrencilerin performansını etkileyen bazı psikososyal faktörler de önemlidir. Stith ve diğerlerine (2020) göre özel yetenekli öğrenciler genellikle güçlü bir içsel motivasyona ve özgün problemleri çözme arzusuna sahiptirler. Bu durum özel yetenekli öğrencileri, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım problemlerini çözmek için uygun adaylar haline getirmektedir. Risk almayı ve yenilikçiliği teşvik eden bir ortamın tasarlanması özel yetenekli öğrencilerin performansını arttırabilir (Spoon ve diğerleri, 2020). Dolayısıyla eğitimcilerin özel yetenekli öğrencilerin duygusal ve sosyal ihtiyaçlarını belirleyerek bunları desteklemesi, MTS'de başarılı performans sergilemeleri için uygun bir ortam yaratmaktadır.

Biyomimetik tasarım yaklaşımının disiplinlerarası yapısı, özel yetenekli öğrencilerin bilişsel özellikleriyle de uyumludur. Bu öğrenciler, kavramlar arasında karmaşık ilişkiler kurabilirler (Rimm ve diğerleri, 2022). Öğrenciler tarafından bu kavramlar arası ilişki kurulması fen bilimlerini oluşturan alt disiplinlerde edindikleri bilgileri mühendislik tasarım problemine entegre etmelerini sağlar. Bu disiplinlerarası yaklaşım, özel yetenekli öğrencilerin MTS'ye yönelik anlayışlarını geliştirerek çeşitli alanlarda performans göstermelerini sağlar (Mann ve diğerleri, 2011). Sonuç olarak özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'deki performansı hayati bir öneme sahiptir. Dolayısıyla bu entegrasyon süreci sayesinde öğrencilerin gelişmiş zihinsel yetenekleri, üst düzey potansiyelleri ve karmaşık problemleri çözmeleri hakkında içsel motivasyonları harekete geçirilmektedir.

Alan yazındaki bazı araştırmalar özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım görevlerinde başarılı performans gösterme potansiyeline sahip olmalarına rağmen pek çoğunun yeteneklerine göre uyarlanmış ve farklılaştırılmış eğitim almadığını göstermektedir (Chan ve diğerleri, 2010; Stith ve diğerleri, 2020). Stith ve diğerleri (2020), özel yetenekli öğrencilerin öğretim programlarında daha fazla katılımını arttırabilecek ve onların üst düzey düşünme becerilerini geliştirebilecek tasarım odaklı öğretim programlarının geliştirilmesi ve öğretmenlerin yetiştirilmesi konusunda ihtiyacı vurgulamaktadırlar. Chan ve diğerleri (2010), özel yeteneklilere yönelik sosyal yardım çabalarının özellikle ilköğretimden sonra mühendislik disiplinlerine olan ilgilerini sürdürmek amacıyla etkili bir şekilde kullanılması ve öğretim programlarına yansıtılması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Gelişmiş öğretim yaklaşımlarının bir arada kullanılmasının özel yetenekli öğrenciler arasında STEM eğitimi yaklaşımındaki performanslarını iyileştirdiğini göstermektedir

(Mullet, Kettler ve Sabatini, 2018). Ancak özel yetenekli öğrenciler için etkili ve ideal mühendislik uygulamalarının da dahil olduğu öğretim programlarının hazırlanması ve uygulanması konusunda fikir birliğinin olmayışı eğitim alanında kaygılara neden olmaktadır (Cao, Jung ve Lee, 2017). Ayrıca teknolojinin eğitimdeki rolü artmaktadır ve bu durum özel yetenekli öğrenciler için ileri düzey öğrenme fırsatlarına erişim konusunda hem bir engel hem de bir köprü olarak kabul edilmektedir (Bright ve Calvert, 2023).

Öğretim programlarının daha geniş etkileri bakımından alan yazında özel yetenekli öğrencilerin etkili bir şekilde katılımını sağlamak amacıyla mühendislik tasarım problemlerini birden fazla disipline entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Dailey, Cotabish ve Jackson, 2018). Başka bir araştırmada özel yetenekli öğrencilere yönelik farklılaştırılarak yapılandırılmış öğrenme ortamlarının gelişmiş bilişsel ve duyuşsal sonuçlara yol açağını belirterek teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Moon, Swift ve Shallenberger, 2002). Ayrıca diğer bir araştırmada ise özel yetenekli öğrencilerin bireysel gereksinimlerine uygun başarılı mühendislik uygulamalarını vurgulayarak bu öğrencilerin öğrenme deneyimleri yoluyla yeteneklerinin gelişimlerini teşvik edeceğini ileri sürmektedir (Gentry, Saiying Hu, Peters ve Rizza, 2008).

Sonuç olarak küresel problemler (iklim krizi, doğal kaynakların tükenmesi vb.), deneyimlere dayalı öğrenme, bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile tasarım yaklaşımlarının birbirlerine entegre edilmesi, özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım uygulamalarında daha başarılı performans sergilemelerini sağlayabilir (Inguva ve diğerleri, 2018). Foo (2025) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada elde edilen sonuca göre öğretim programlarına yönelik uygun şekilde meydan okumadan ve özel yetenekli öğrencilerin bireysel öğrenme stillerini anlamadan, eğitim sistemlerinin potansiyellerini en üst düzeye çıkarmanın mümkün olamayacağı ifade edilmektedir. Dolayısıyla MTS'ye biyomimetik gibi tasarım yaklaşımlarının entegre edildiği durumların teşvik edilmesi, özel yetenekli öğrencilerin STEM disiplinlerindeki performanslarını ve bunlara katılımını en üst düzeye çıkarmak ve bu alanlardaki başarılarının önünü açmak bakımından kritik öneme sahiptir.

1.2. Problem Cümlesi

Bu araştırmada, "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) performansları nasıldır?" araştırma

problemine ve bu bağlamda aşağıda ifade edilen araştırmanın alt problemlerine cevap aranmaktadır.

1.2.1. Araştırmanın Alt Problemleri

1. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki mühendislik tasarım defteri (BMTD) performansları nasıldır?
2. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki mühendislik tasarım defteri (BMTD) performanslarındaki değişim nasıldır?
3. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) performanslarındaki değişim nasıldır?
4. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) ürün performanslarının değişimi nasıldır?
5. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerileri üzerinde etkisi nasıldır?
6. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşleri üzerinde etkisi nasıldır?
7. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerindeki değişim nasıldır?

1.3. Araştırmanın Amacı

İçinde bulunduğumuz çağ, insan faaliyetlerinin gezegenimiz üzerindeki etkilerinin yoğun olarak hissedildiği "Antroposen" çağ olarak nitelendirilmektedir. Bu dönemde karşı karşıya kaldığımız küresel problemler (iklim krizi, biyoçeşitliliğin azalması, doğal kaynakların tükenmesi), geleneksel disipliner bir yaklaşımla çözülmesi mümkün değildir. Bu nedenle fen eğitiminin öğrencileri karmaşık problem çözme ve çevre sorunlarının eleştirel analizi için gerekli becerilerle donatacak şekilde yeni yaklaşımlarla revizyona tabi tutulmasını

gerektirmektedir (Lee ve Park, 2025). Bu doğrultuda alan yazında, eğitim uygulamalarının yeniden tanımlanmasının ve öğrencilerin erken çocukluk eğitiminden itibaren sürdürülebilirlik ve ekolojik farkındalıkla ilgili tartışmalara dahil etmenin çok önemli olduğu vurgulanmaktadır (Wolff, Skarstein ve Skarstein, 2020).

STEM ve mühendislik tasarım süreci eğitimi yaklaşımları, disiplinlerin genel yeterliliklerinin yanında multidisipliner ve holistik bir yaklaşımla karmaşık dünya problemlerine çözüm önerileri sunmaktadır. Ancak, Antroposen çağındaki karmaşık ve çok katmanlı sorunlar, geleneksel STEM ve mühendislik tasarım süreci eğitim yaklaşımlarına daha fazla entegrasyon gereksinimini doğrumaktadır (Mychajliw, Kemp ve Hadly, 2015). Mychajliw, Kemp ve Hadly (2015), bir araştırmasında günümüz eğitim paradigmaları içinde çevresel konuların ve bu konuların karmaşık yapısını öğrencilere aktarmanın zorluklarını tartışmaktadır ve bu zorlukların öğrencilerin bilimsel bilgiyi gerçek dünya bağlamında uygulama yeteneğini nasıl engellediğine dikkat çekmektedirler. Sonuç olarak, alan yazındaki araştırmalar, politika yapıcıları takım çalışmasına dayalı iş birlikli öğrenmeyi ve uyum sağlamayı teşvik eden yenilikçi pedagojileri benimsenmeye çağırmaktadır (Raveendran ve Srivastava, 2022; Unger, 2023; Wallace, Bazzul, Higgins ve Tolbert, 2022). Ayrıca çeşitli disiplinlerin (sosyal bilimler ve ekoloji) kavramlarını içeren disiplinler arası programlar, öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini kullanarak geleceği şekillendireceklerdir (Koupatsiaris ve Drinia, 2024). Özetlenecek olursa Antroposen Çağının zorluklarını ve gerçeklerini ele almak hem eğitim sistemindeki reformları hem de yenilikçi pedagojilerin geliştirilmesini ele alan çok yönlü bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu doğrultuda biyomimetik tasarım yaklaşımı, doğanın 3,8 milyar yıllık gelişiminden elde edilen stratejilerin Antroposen Çağında insanlığın karmaşık problemlerini çözmek için bir model, ölçüt veya bir akıl hocası gibi kullanılmasına dayanan bu yaklaşım, fen bilimleri eğitimine yönelik devrimsel bir potansiyel sunmaktadır (Benyus, 2022, s.21). Ancak biyomimetik tasarım yaklaşımının özel yeteneklilerin eğitim alanında nasıl entegre edileceğine ve bu entegrasyonun özel yetenekli öğrencilerin performanslarına nasıl etkide bulunacağı alan yazında henüz yeterince aydınlatılamamıştır.

Biyo-MTD'ye yönelik alanyazındaki araştırmalar incelendiğinde biyomimetik tasarım eğitimi (Adıgüzel, Küçükkayhan, Yapıcıoğlu ve Kara, 2024; Aydın, 2023; Çakır, 2019;

Çoban, 2019; Gökce, 2024; Gökgöz, 2022; Jituafua, 2024; Karasu, 2024; Linder ve Huang, 2025; Stevens, 2021; Stevens, De Vries, Bos ve Kopnina, 2019; Stevens, Kopnina, Mulder ve De Vries, 2021a; Stevens, Kopnina, Mulder ve Vries, 2021; Tavşan, 2022; Vasinayanuwatana ve Plianram, 2023), Biyomimikri'nin STEM'e entegrasyonu (Doğan, 2024; Kaya, 2022; Keskinkılıç ve Ünal, 2023; Pauls, 2017; Türe, 2023; Ülbeği Ülker, 2023; Yıldız, 2023) ile ilgili nispeten daha fazla araştırma olmasına rağmen biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecine (Canbazoğlu Bilici, Küpeli ve Guzey, 2021; Gökçe, 2024; Kennedy, Buikema ve Nagel, 2015; Türe, 2023) yönelik daha sınırlı düzeyde çalışmaya ulaşılmaktadır. Biyomimetik tasarım yaklaşımının bütünleştirildiği zenginleştirilmiş MTS ortaya konmuştur. Zenginleştirilmiş MTS ile ilgili alan yazın incelendiğinde öğrencilerin yaratıcılık ve iletişim becerilerine (Han ve Shim, 2019), analojik akıl yürütmelerine (Stevens, 2021), problem çözme becerilerine (Hayuana, Suwono ve Setiowati, 2023; Suryadi, Alatas ve Hanifa, 2023; Syukri, Halim, Mohtar ve Soewarno, 2018) yararları bulunduğu bilinmektedir. Bu sınırlı çalışmaların katılımcılarının da genel olarak örgün eğitim kurumlarında öğrenim gören ortaokul öğrencileri olduğu görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin katılımcı olduğu çalışmaların kapsamının daha dar olduğu görülmektedir. Bu durum da bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır.

Bu araştırmada, bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir. Araştırmada, örgün eğitim aldıkları okullarında 5. 6. ve 7. sınıfa devam eden bir BİLSEM'de öğrenim gören özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTD boyunca performanslarının incelenmesi amaçlanmaktadır. MTS'ye biyomimetik tasarım yaklaşımı entegre edilerek özel yetenekli öğrencilerin performanslarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, araştırmada özel yetenekli öğrencilerin süreç ve ürün performansının incelenmesi hedeflenmektedir.

Araştırmada mühendislik tasarım sürecine entegre edilen biyomimetik tasarım basamakları, profesyonel tasarımcıların kullandıkları basamakların eğitsel kullanıma uygun hale getirilmesi ile hazırlanmıştır. Böylece, özel yetenekli öğrencilerin eğitim süreçlerinin zenginleştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca yeni bir eğitim yaklaşımı ortaya konulmuştur. Bu durum, araştırmanın özgün amacını yansıtmaktadır.

1.4. Araştırmanın Önemi

Ülkeler, bilimsel ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda eğitim alanında da öğretim programlarını revize etmektedirler. Değişen gelişmeler doğrultusunda Millî Eğitim Bakanlığı tarafından ülke çapında öğretim programları revizyona tabi tutulmuştur. Bütüncül eğitim yaklaşım izlenerek "Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli" adında yenilikçi bir eğitim modeli geliştirilmiştir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2025). Bu modelde kavramsal becerilere, alan becerilerine, eğilimlere, sosyal duygusal öğrenme becerilerine ve okuryazarlık becerilerine yer verilmiştir. Model kapsamında, tüm kademelerde disiplinler arası ilişkilere, beceriler arası ilişkilere, farklılaştırmaya (zenginleştirme ve destekleme), okul temelli planlamaya ve program dışı etkinliklere yer vermesi bakımından diğer öğretim programlarından keskin hatlarla ve olumlu olarak ayrılmaktadır. Böylece öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerinin tümünün gelişimine yönelik vurgu yapılmıştır.

Küresel çapta gerçekleştirilen üretimler sonucunda doğal kaynakların tüketilmesi ve doğaya zararlı maddelerin salınması, fen eğitiminde kullanılan mühendislik tasarım süreci eğitimi yaklaşımının da değiştirilmesi gereksinimini doğurmuştur. Geleneksel eğitim yaklaşımlarının en önemli dezavantajlarından birisi disiplinlerin birbirlerinden ayrı olarak ele alınmasıdır. Oysa günümüz problemleri karmaşık doğasıyla geleneksel yaklaşımlarla çözülemeyecek kadar kapsamlı bir bakış açısına ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümünde disiplinler arası ve disiplinlerin kesişiminde yenilikçi çözümlere yer verilmesi gerekmektedir.

Biyomimetik tasarım yaklaşımı da doğası gereği trans disipliner bir alandır (Butt ve Dimitrijević, 2022). Diğer bir ifadeyle biyoloji disiplini ile mühendislik disiplini arasında analojik transferi içermektedir (Stevens, Kopnina, Mulder ve De Vries, 2021). Doğadan ilham almak yalnızca temel düzeyde bir taklidin ötesinde derin bir anlama becerisini de gerektirmektedir. Biyolojik sistemleri gözlemleyerek onların temel yapılarını ve işlevlerini mühendislik tasarımlarında kullanmak, özel yetenekli öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirir (Elibol, Dündar Türkkan ve Bezci, 2021; Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer ve Pahl, 2006), yenilikçi düşünmelerine de imkan vermektedir (Cheong ve Shu, 2010; McInerney ve diğerleri, 2018).

Bu doğrultuda Antroposen Çağda, sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının mühendislik tasarım sürecine entegrasyonu ve erken yaşlardan bu bilincin kazandırılması büyük bir

öneme sahiptir. Biyomimetik, tam da bu felsefeyle ortaya çıkmış olan bir tasarım yaklaşımıdır. Biyomimetik, geleneksel mühendislikten yapı-işlev yaklaşımının ötesinde yaşamın temel prensiplerini içeren geniş bir bakış açısı sunmaktadır (Butt ve Dimitrijević, 2022; Nagel, Pittman, Pidaparti, Rose ve Beverly, 2017; Sartori, Pal ve Chakrabarti, 2010). Bu bakış açısıyla biyomimetik eğitimi, özel yetenekli öğrencilerin doğayı taklit ederek yaratıcı ve sürdürülebilir çözümler üretmelerini teşvik etmektedir (Linder ve Huang, 2022). Örneğin geleneksel eğitim yaklaşımında öğrencilere temel düzeyde bazı araç gereçler tasarlatılırken biyomimetik tasarım yaklaşımında doğal kaynakların nasıl yönetildiğini sorgulamak, öğrencilerin malzeme seçimlerinde bu malzemelerin doğaya olan zararlarını, bunların nasıl üretildiğini, üretim sürecinde ne kadar doğal kaynağın tüketildiği gibi önemli hususların da dikkate alınmasını sağlamaktadır (Irene, 2025; Linder ve Huang, 2022). Biyomimetik, sürdürülebilir tasarım çözümleri sunmada canlılardan ilham alarak ekolojik olumsuz etkileri azaltmada ve doğal kaynakların daha az kullanılmasını sağlaması bakımından önemli düzeyde bir potansiyele sahiptir (Adarsh ve Thomas, 2024).

Fen eğitimi alanında biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanılması, özel yetenekli öğrencilere doğadaki karmaşık sistemlerin verimliliğini ve tasarım sürecindeki doğayla olan etkileşimlerini anlama fırsatı sunarken diğer yandan da bu öğrencilerin yenilikçi düşünmeye teşvik etmektedir (Bruck ve diğerleri, 2007; Irene, 2025; Schina, Esteve-González, Usart, Lázaro-Cantabrana ve Gisbert, 2020). Biyomimetik tasarım yaklaşımında yalnızca tasarımlara odaklanılmamaktadır, aynı zamanda ekosistemlerle ilgili pek çok ekolojik faktör de dikkate alınarak eğitsel amaçlı olarak uygulanmaktadır (Irene, 2025; Metwally, 2025). Ayrıca fen eğitiminde biyomimetik tasarımların mühendislik tasarım sürecine entegrasyonu, özel yetenekli öğrencilerin sürdürülebilirlik anlayışlarını derinleştirirken disiplinler arası düşünme becerilerine de katkıda bulunmaktadır (Bruck ve diğerleri, 2007; Schina ve diğerleri, 2020).

Fen eğitimi alanında gerçekleştirilen bu araştırmalar göz önüne alındığında Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında Fen Bilimleri Öğretim Programında da köklü revizyonlar gerçekleştirilmesine rağmen özel yeteneklilerin öğretim programında bir değişime yer verilmemiştir.

Bu araştırma, biyomimetiğin mühendislik tasarım sürecine entegrasyonu ile özel yetenekli öğrencilerin sürdürülebilirliklerini ve tasarım problemlerini bu doğrultuda çözme

performanslarını deneysel olarak ortaya koyması bakımından önemlidir. Alan yazında biyomimetik tasarımların çoğunun yalnızca canlıların bazı yapı ve işlevlerinin taklit edilmesine dayanırken sürdürülebilirlik ilkelerinin (yaşam ilkeleri) tasarım sürecine entegrasyonunda eksiklikler olduğu görülmektedir. Bu araştırma, bu entegrasyonun nasıl başarılı olabileceğine dair pedagojik bir model sunma ihtiyacından doğmuştur.

Uluslararası alan yazında biyomimetik eğitimi üzerine araştırmalar artmakla birlikte bu araştırmaların Türk Milli Eğitim Sistemine özellikle de Türkiye Yüzyılı Maarif Model'de Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın Tasarım Becerileri Alan Becerileri'ne nasıl entegre edileceğine dair deneysel çalışmalara yönelik veriler sınırlıdır. Türkiye'de yapılan bazı öncü araştırmalar, (Bilen, Savran Gencer ve Doğan, 2020; Canbazoğlu Bilici ve diğerleri, 2021; Doğan, 2024; Gencer ve diğerleri, 2020) biyomimetik tasarım etkinliklerinin öğrencilerin tutum ve farkındalık düzeylerine odaklanmaktadır. Bu araştırmanın ulusal uluslararası çapta gerçekleştirilen araştırmalardan ayrışan yanı, özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki performanslarına, süreç içerisindeki değişimlerine ve tasarım ürünlerinin niteliğini derinlemesine inceleyen süreç odaklı bir çalışma olmasıdır. Dolayısıyla bu araştırma, küresel biyomimetik tasarım yaklaşımı yöntemlerinin Türk Milli Eğitim Sistemi'ne ve özel yetenekli öğrencilerin beklentilerine uygun olacak şekilde uyarlanması, geçerliği ve güvenirliği sağlaması bakımından kritik bir boşluğu doldurmaktadır.

Araştırma tek tasarım problemi ile bir eğitim-öğretim yılı sürdürülmüştür. Bu durum araştırmayı diğer araştırmalardan ayrıştırmaktadır. Örneğin MTS'nin uygulandığı pek çok araştırmada daha kısa süreli uygulama yapılmıştır (Adıgüzel Ulutaş, 2024; Canbazoğlu Bilici ve diğerleri, 2021; Karakaya ve Yılmaz, 2021; Uzel, 2019) ve daha fazla tasarım problemi ile araştırma süreci yürütülmüştür (Balçın, 2024; Bozkurt, 2014; Küpeli, 2021; Uzel, 2019). Dolayısıyla bu araştırma alan yazındaki araştırmalardan hem uygulama süresi hem de tasarım problemi sayısı bakımından farklılık göstermektedir. Ayrıca araştırma kapsamında özel yetenekli öğrencilerin performansları süreç ve ürün şeklinde mühendislik tasarım sürecinin tamamı göz önüne alınarak ortaya konmuştur ve öğrencilerin bu performanslarını etkileyen MTS aşamaları, takım, sınıf düzeyi ve cinsiyet değişkenleri bakımından incelenmiştir. Bu bakımdan da araştırma özgündür ve diğer araştırmalardan ayrışmaktadır. Son olarak araştırmada MTS'de özel yetenekli öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerine de yer verilmiştir. Bu kapsamda mühendisliğin doğasına yönelik

görüşleri ile karar verme becerilerine de yer verilmesiyle araştırma özgün bir yapı sergilemektedir.

Özel yetenekli öğrenciler, ülkelerin en önemli insan kaynakları arasında yer almaktadır (Han ve Shim, 2019). Biyomimetik ve mühendislik tasarım süreci gibi yenilikçi eğitim yaklaşımlarının öğretim sürecinde kullanılmasının bu öğrencilerin ulusal *(Tübitak 4006, 2204-A ve B, Teknofest vb.)* ve uluslararası proje yarışmalarında *(First Lego League, Biomimicry Youth Design Challenge vb.)* performanslarını olumlu yönde etkilemesi bakımından da araştırmanın önemini yansıtmaktadır. Bu yeniliklerden dolayı araştırmanın alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Sayıltıları

1. Araştırmanın gerçekleştirildiği öğrenci grubunun doğru bir şekilde tanılanarak yeteneklerine uygun şekilde sınıflandırıldığı varsayılmaktadır.
2. Verilerin toplanmasında kullanılan ölçme araçlarının hazırlanmasında ve araştırmaya ait elde edilen verilerin kodlanmasında görüşleri alınan konu uzmanlarının, objektif ve samimi oldukları varsayılmaktadır.
3. Araştırmaya katılan özel yetenekli öğrencilerin gerçekleştirilen araştırmada kullanılan ölçme araçlarında bulunan sorulara içten ve düşüncelerini olduğu gibi yansıttıkları varsayılmaktadır.

1.6. Sınırlılıklar

1. Ankara ilinde bir Bilim ve Sanat Merkezi'ndeki özel yetenekli öğrencilerle sınırlıdır.
2. Araştırma sürecinde özel yetenekli öğrenciler MTS etkinliklerini gerçekleştirdiklerinde problemin çözümüne dair iş birlikli eğitim yaklaşımını baz alarak takım çalışmalarına katılmışlardır.
3. Araştırma sonuçları, araştırmada geliştirilen etkinliklerle ve bir tasarım problemi (denizaltı keşif aracı tasarımı) ile sınırlıdır.
4. Araştırmada geliştirilen rubrikler uzman görüşüyle sınırlıdır.

1.7. Tanımlar

STEM Eğitimi Yaklaşımı: Ayrıştırılan disiplinlere dayalı geleneksel eğitim yaklaşımlarının aksine disiplinlerin bütünleştirilerek ilişkilendirilmesine dayanan bir eğitim yaklaşımıdır (Karataş, 2017, s. 54).

Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı: Doğadan ilham alan ve doğanın bilinçli taklidini içeren yenilikçi bir tasarım yaklaşımıdır (Benyus, 2022, s. 26).

Mühendislik Tasarım Süreci: Öğrencilere yapılandırılmamış bir halde verilen tasarım probleminin tanımlanmasından çözümüne kadar ilerleyen süreçte nelerin yaşandığı, ne gibi işlem basamaklarının kullanıldığı tasarım probleminin nasıl analiz edildiği ve ortaya konan çözümlerin nasıl sentezlendiğini anlamaya ve sınıflandırmaya dayanan süreci ifade etmektedir (Bozkurt Altan, 2022, s. 214).

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE

Araştırmanın bu bölümünde alan yazın taranarak özel yetenekliler, özel yetenekliler ile ilgili modeller, özel yeteneklilerin eğitimi, fen eğitiminde mühendislik tasarım süreci (MTS) ve biyomimetik tasarım ile ilgili tanımlar, kavramsal ilişkilere yönelik araştırma kapsamında temel kuramsal çerçeveye yer verilmiştir. Son olarak alan yazında gerçekleştirilen araştırmalara yer verilmiştir.

2.1. Özel Yetenekliler

2.1.1. Özel Yetenekliliğin Tanımı

Özel yeteneğin genel olarak kabul gören bir tanımı yoktur. Çeşitli bilim insanları tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu tanımlardaki farklılıklar, eğitim araştırmalarında ve eğitsel uygulamalarda bazı belirsizliklere yol açmaktadır (McBee ve Makel, 2017; Wellisch ve Brown, 2012). Bu tanımlardan birinde özel yetenekli kavramı, bilişsel yeteneklerinin veya zekalarının büyük çoğunluğunda yaşıtlarına göre daha fazla performansa sahip olan veya gizil güç gösteren, yaratıcılık taraflarının güçlü olduğu ve bir etkinliğe başladıklarında asla vazgeçmeyen bireyler şeklinde tanımlanmaktadır (Ataman, 2018). Britanya Kolombiya'sı Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim Hizmetleri (1995) (British Columbia Ministry of Education Special Education Services, 1995) tarafından belirtilen tanımda ise öğrencinin zekâ, yaratıcılık ya da belirli alanlarla ilgili becerilerinin son derece yüksek yetenek kanıtı

içeren göstergelere sahip olması durumunda özel yetenekli olarak açıklanmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin birden fazla alanda üstün yetenek gösterdikleri ifade edilmektedir. Bu durumun yanında özel yeteneklerine eşlik eden engelleri de olabilmektedir. Entelektüel olarak her disiplin kapsamında fark yaratan bireyler olarak düşünülmemelidir (Köksal, 2022). Özel yeteneklilik, öğrencilerin belirli disiplinlerde daha çok akademik ve yaratıcılık kapsamında akranlarına kıyasla olağanüstü yetenek veya beceriler ortaya koymalarını ifade etmektedir (Renzulli, 2011).

2.2. Özel Yeteneklilik ile İlgili Modeller

2.2.1. Renzulli'nin Üç Halka Modeli

Joseph Renzulli tarafından Üç Halka Modeli 1978 yılında ortaya konulmuştur. Renzulli'nin bu modeli özel yetenekliliğin karmaşık ve çoklu boyutlara sahip olan bir yapıda olduğunu ifade etmek üzere ortaya atılmış bir teorik bir çerçevedir. Renzulli'nin bu modelinde özel yetenekliliği, ortalama üstü yetenek, görev bağlılığı ve yaratıcılık bileşenlerinin birbirleriyle etkileşimi ile açıklamaktadır (Baccassino ve Pinnelli, 2023; Köksal, 2022; Urhahne, 2011).



Şekil 1. Renzulli'nin üç halka modeli

Şekil 1'de Renzulli'nin Üç Halka Modeli verilmiştir. Karabey ve Yürümezoğlu (2015) tarafından Renzulli'nin Üç Halka Modelinde ortalama üstü zekaya (gelişmiş kelime

hazinesi, kuvvetli hafıza, bilgileri kolayca uzun süreli tutma, geniş bilgi hazinesi, kolay ve hızlı bir şekilde öğrenebilme ve kavrayabilme, genelleme yapma, bağlantı kurma, sinerji oluşturma, soyutlama yapabilme), yaratıcılığa (açık olma, orijinallik, problem çözme yeteneği, fikirleri dönüştürme ve birleştirme, risk alabilme, kabul etmemede özgürlük, ustalıkla ve ince espri, paradoksal yapı, merak, fikirlerini akıcı bir şekilde ifade etme, esneklik, sonuçları kolayca kestirebilme, speküle olma) ve görev bağlılığına (sorumluluk duygusu, kendi kurallarını ve standartlarını belirleme, problemlere ve görevlere karşı konsantre olma, ilgi alanları ve aktivitelerde yoğun isteklilik, görevleri yerine getirme sırasında dışarıdan az motivasyona ihtiyaç duyma, yüksek enerji, liderlik yeteneği, azimli olma, ne kadar zor olursa olsun işlerini tamamlama ve paylaşma) ilişkin alt bileşenlere yer verilmiştir. Tüm bu alt bileşenlerin kesişiminin özel yetenekli öğrencilerin küresel problemlere odaklandıkları veya daha geniş kapsamlı olarak sorunları ele alabildikleri, gelişmelere karşı açık oldukları, orijinal veya yenilikçi düşünebildikleri, doğal oldukları ve kolay öğrenebildiklerine yönelik olduğu görülmektedir.

Renzulli'nin ortaya attığı bu modelin, özel yetenekliliği yalnızca yüksek zekâ ile sınırlandırmadığı bunun yanında öğrencilerin bireysel motivasyonlarını ve yaratıcılıklarını da dikkate aldığını göstermektedir. Renzulli, bu üç bileşenin öğrencileri farklı becerilere ve yeteneklere yönlendirdiğinden bahsetmektedir. Bu nedenle öğrencilerin potansiyellerinin aldıkları öğretimin kalitesine göre bu bileşenlerin de değişeceğini ifade etmektedir (Sorrentino, 2019). Renzulli'nin bu modelinde yaratıcı düşünme, öğrencilerin bireysel yeteneklerinin yanında sosyal çevre ve bu çevrenin oluşturduğu koşullarla da şekillenen dinamik bir süreçtir (Biakolo ve Afemikhe, 2002).

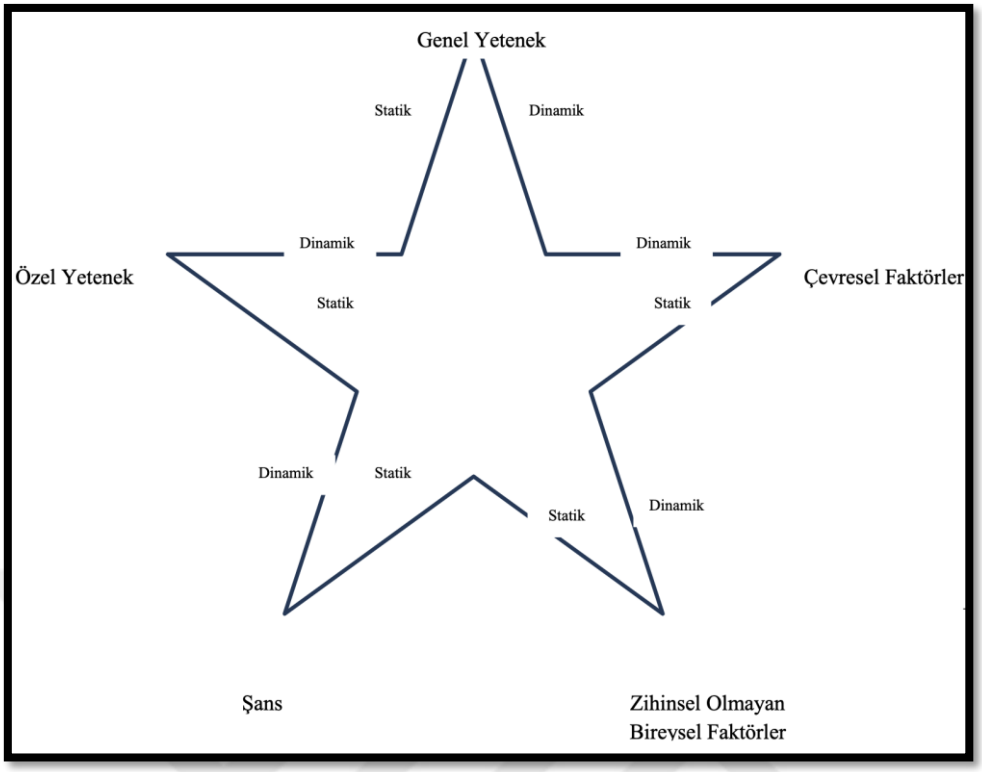
Renzulli tarafından özel yeteneklilerin eğitim uygulamalarında değişiklikler yapılmasına da olanak sağlayan bir model sunulmuştur. Okul veya sınıf bazlı zenginleştirme faaliyetlerinin entegre edilmesi ve bu kapsamda öğretmenlere gerekli eğitimler verilmesiyle öğrencilerin özel yeteneklerinin geliştirmesine imkan verecektir (Chancey ve Lease Butts, 2021). Bu bileşenlerin öğrenciler arasındaki farklılıkları arttırarak özel yetenekli öğrencilerin bu yeteneklerini nasıl ortaya koyabileceklerine yönelik bir çerçeve sunmaktadır (Garcia-Cepero, 2008). Özetle Renzulli tarafından ortaya atılan bu model hem özel yetenekliliği tanımlarken hem de öğrenciler, öğretmenler ve politika yapıcılara öneriler sunan bir kavramsal çerçeve inşa etmektedir.

2.2.2. Gagné'nin Farklılaştırılmış Zekalılık ve Yeteneklilik Modeli (DMGT)

Gagné tarafından ortaya atılan Farklılaştırılmış Zekalılık ve Yeteneklilik Modeli (DMGT), özel yeteneği ve bu yeteneğin gelişimini açıklayan detaylı bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Bu modele göre özel yetenek, herhangi bir çevresel etmen olmadan gelen doğal bir yetenektir. Bireylerin doğal yeteneklerini (kendilerine verilen hediye veya yetenek) yeterli eğitsel desteklerle karşı karşıya getirerek yüksek başarıya ulaşma potansiyeli olarak tanımlanmaktadır (Gagné, 2004). Gagné, bireylerin potansiyellerinin ortaya çıkması ve bunların bir yeteneğe dönüşmesinin çeşitli gelişimsel süreçlere bağlı olduğunu vurgulamaktadır (Frengley-Vaipuna, Kupu-MacIntyre ve Riley, 2011). Bu süreçler ise öğrencilerin çevreleriyle etkileşimleri, çeşitli gelişimsel olaylar, şans faktörleri ve özel bazı becerilerin kazanımını içermektedir (Tolppanen, Kang ve Tirri, 2023). Doğal ya da doğuştan gelen yetenekler; entelektüel (akıl yürütme, yargıda bulunma), yaratıcı (yaratıcılık, hayal gücü), sosyal-duygusal (algısallık, empati, incelik) ve duyusal-motor (işitsel, koordinasyon) gibi dört üstünlük durumundan bahsetmektedir. Belirli beceriler ise sonradan kazanılan yeteneklerdir. Bu beceriler ise akademik alan, sanat, iş, boş zaman, sosyal eylem, spor ve teknoloji olmak üzere yediye ayrılmaktadır (Köksal, 2022). Sonuç olarak Gagné'nin bu modeli, öğrencilerin potansiyellerinin tanımlanması ve geliştirilmesi hususunda önemli bir model olarak görülmektedir.

2.2.3. Tannenbaum'un Yıldızı Modeli

1986'da geliştirilen bu model, özel yetenekliliği açıklamada çeşitli boyutlar ile ele alan bir sistem sunmaktadır. Bunu Yıldız Modeli olarak ifade etmektedir. Tannenbaum, özel yetenekliliği yüksek zekâ boyutuyla sınırlandırmamaktadır. Yüksek zekâ boyutuyla birlikte başka bir dizi bileşenle etkileşimini de ele almaktadır (Olszewski-Kubilius, Subotnik ve Worrell, 2015; Özbaşi ve Yılmaz, 2025). Tannenbaum, özel yetenekli kavramının çok kesin ve net bir şekilde tanımlanmadığını ifade etmektedir. Bu durumu özel yeteneklileri tanımlamaya ilişkin var olan araçların ve yöntemlerin kesinlik eksikliğinden kaynaklandığını düşünmektedir. Tannenbaum, bu belirsizliğe neden olan faktörleri açıklamaktadır.



Şekil 2. Tannenbaum'un yıldız modeli. Sak, U. (2017). Üstün zekalılar: Özellikleri, tanılanmaları, eğitimleri (7. Baskı.). Ankara: Vize kaynağından erişilmiştir.

Şekil 2'de Tannenbaum'un Yıldız Modeli verilmiştir. Bu modelde Genel Yetenek, Özel Yetenek veya Yetenek Alanları, Zihinsel Olmayan Bireysel Faktörler, Çevresel Faktörler ve Şans yer almaktadır. Genel Yetenek, bireyin sahip olduğu yüksek genel zekaya veya entelektüel kapasiteye vurgu yapmaktadır (Bapoğlu Dümenci ve Küçük, 2022). Özel yetenek, bireyin belirli alanlardaki (bilim, sanat, müzik vb.) göstermiş oldukları yüksek performansı ve bu bireylerin zihinsel yapılarının karmaşıklığını ifade etmektedir (Arslan ve Acar, 2022). Zihinsel olmayan bireysel faktörler, bilişsel olmayan bireysel özellikler ve motivasyon ve öz disiplin gibi içsel faktörlerle açıklanmaktadır (Avcu ve Er, 2017). Çevresel Faktörleri; aile, okul ve topluluk gibi faktörler oluşturmaktadır. Özel yetenekli bireylerin çevresinde yer alan bu faktörler, bu yeteneklerin açığa çıkmasına yardımcı olur. Tannenbaum, çevresel faktörlerin bireylerin yeteneklerinin gelişiminde önemli bir yere sahip olduğunu ifade etmektedir (Özer ve Koç, 2023). Şans, beklenmedik durumların ya da hayatlarında meydana gelen olayların bireylerin gelişimindeki etkisi bireylerin potansiyellerini gerçekleştirmesi üzerinde önemli bir role sahiptir (Demirel Dingeç ve Kılıçarslan, 2023).

2.2.4. Gardner'in Çoklu Zekâ Teorisi

Gardner, geleneksel zeka anlayışına karşı çıkmış ve bu durumu zekanın zekayı IQ olarak ölçen bireylerin ölçümüne bırakılamayacak kadar önemli bir durum olduğunu ifade etmektedir (Gardner, 1999). Gardner, 1983'te ortaya attığı Çoklu Zekâ Teorisi, bu bakış açısının bir yansıması olarak özel yetenekliliğin tanımlanmasında kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Gardner'e göre zeka, tek bir zihinsel boyuttan oluşmayan, bireylerin farklı yetenek alanlarındaki problemleri çözme ve ürün ortaya koymalarını da içeren çoklu bir yapıya sahiptir (Gardner, 1983, 1999, 2011).

Çoklu Zekâ Teorisi, sekiz zekâ alanını içermektedir. Bu zekâ alanları; Sözel-Dilsel, Mantıksal-Matematiksel, Görsel-Uzamsal, Bedensel-Kinestetik, Müziksel-Ritmik, Kişilerarası-Sosyal, İçsel-Öze dönük ve Doğacı (Naturalist) zekâdan oluşmaktadır (Gardner, 1983). Bu teorik çerçeve, bireylerin ortaya konan zekâ türlerinden bir veya birden fazlasında belirgin olarak potansiyele sahip olabileceklerini açıklamaktadır. Bu nedenle, özel yeteneklilik kavramı; matematiksel olarak ifade edilen bir problemi çözme, beste yapma, karmaşık sosyal dinamikleri yönetme veya doğadaki tasarımları keşfetme ve analiz etme gibi çeşitli disiplinlere ilişkin olağanüstü performans veya yaratıcı üretkenlik olarak ifade etmek mümkün olabilir (Gardner, 1999).

Eğitim açısından özel yeteneklilerin belirlenebilmesi için bu teori, standart zekâ testlerinin çok ötesinde öğrencilerin gözlem, portfolyo değerlendirmesi ve performans temelli alternatif değerlendirme yöntemlerinin kullanılması gerektiğini ifade etmektedir. Bir öğrencinin kinestetik zekâsında (örneğin drama etkinliğinde rol alması) veya doğacı zekâsında (örneğin canlıların yapı ve işlevlerini analiz etme) sergilediği olağan üstü beceri, geleneksel akademik başarı kadar değerli kabul edilir (Armstrong, 2009). Bu teorik yaklaşım yoluyla farklı sosyolojik yaşam alanlarında yer alan bireylerin geleneksel kriterlerle tanılanamaması durumunda özel yeteneklere sahip bireylerin keşfedilmesine imkân tanımaktadır.

2.2.5. Sternberg'in Üçlü Zekâ Teorisi

Sternberg (1985), zekâ kavramını; bağlama uyum sağlama, değiştirme ve seçme yeteneği olarak tanımlamaktadır. Sternberg'in Üçlü Zekâ Teorisinde özel yeteneklilerin tanımlanmasında zihinsel yeteneklerin önemine vurgu yapmaktadır. Sternberg'in teorisine göre özel yetenekliliğin sadece klasik testler yardımıyla belirlenen akademik beceriler

açısından değil üç temel bileşenle ortaya çıkarılabileceğini ortaya koymaktadır. Bu üç temel bileşen, Sternberg, Castejón, Prieto, Hautamäki ve Grigorenko (2001) tarafından zekaya ilişkin analitik, yaratıcı ve pratik zekâ olarak ifade edilmektedir. Bu üç bileşenin de birbirleriyle etkileşim halinde olduğunu ve öğrencilerin bu temel bileşenlerdeki yeteneklerine uygun başarılı olacaklarını açıklamaktadırlar.

Analitik zeka, problem çözme, analiz etme ve mantıksal değerlendirme becerisini içermektedir (Sternberg, 1985). Bu kavramın geleneksel olarak özel yetenek kavramının tanımına en yakın bileşen olduğu söylenebilir. Bu zekaya yönelik matematiksel bir problemin çözümünde geleneksel yaklaşımların aksine bilgi işlemsel düşünme kullanarak öğrencinin bu problemi çözmesi örnek verilebilir (Sternberg, 1997). Yaratıcı zeka, yenilikçi fikirler üretme, alışılmadık durumlara yönelik özgün çözümler bulmayı içermektedir (Sternberg, 1985). Bu zekâ türü için ise öğrencilerin küresel bir problemi çözmek için biyomimetik tasarım ilkelerini kullanarak bir tasarım yapması örnek verilebilir (Sternberg ve Lubart, 1995). Son olarak bağlamsal zeka ise gerçek dünya problemlerine yönelik bilginin uygulanması, çevresel koşullara uygun hale getirilmesi ve kaynakların etkin kullanılmasını içerir (Sternberg, 1985). Bu zeka türüne ise ev atık yönetim sistemine yönelik düzenleme yapan öğrencilerin maliyeti azaltan proje ortaya koymaları örnek verilebilir (Sternberg, 2003).

2.3. Özel Yeteneklilerin Eğitimi: Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM)

2.3.1. BİLSEM Tarihi

Türkiye'de özel yetenekli öğrencilerin eğitimi için önemli eğitim kurumlarından biri olan Bilim ve Sanat Merkezlerinin (BİLSEM), kuruluşu 1993 yılında yayımlanan 573 sayılı Özel Eğitim Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'ye (KHK) dayanmaktadır. Bu durum özel yetenekli öğrencilerin eğitimine yönelik hukuki bir temellendirmeyi sağlamıştır. BİLSEM'lerin resmi olarak 1995 yılında hizmete pilot uygulama ile başlanmıştır (Ataman, 2018). Bu doğrultuda 1995-1996 eğitim öğretim yılında BİLSEM'ler Ankara'da faaliyetlerine başlamıştır. BİLSEM'ler kurulduklarından bu yana değişmeyen bir şekilde okul dışı saatlerde öğrencilere bireyselleştirilmiş eğitim programları sunmayı amaçlamaktadır. 2000 yılından itibaren BİLSEM'lerin sayıca arttığı bir dönem olmuştur.

2007 yılında 21584 sayılı Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelikle birlikte o yıllar için BİLSEM'lerin işleyişi, öğrencilerin tanılanması ve yerleştirilme süreçleri kapsamlı bir şekilde tanımlanmıştır. Bu yönetmelik değişen koşullar nedeniyle yürürlükten kaldırılarak yerini 2018 yılında yayımlanan aynı isimdeki yönetmeliğe bırakmıştır (*Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği*, 2018).

2016 yılında Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesi Yayımlanmıştır. Bu yönerge değiştirilerek yerine 2022 yılında yayımlanan aynı isimli yönergeye bırakmıştır. Bu yönergede BİLSEM'lerin açılmasından öğrencilerin seçimlerine, kullanılacak eğitim modellerine ve görevlendirilecek personellere kadar pek çok konu hakkında kapsamlı düzenlemeler yer almaktadır (*Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesi*, 2022). 2022 yılı sonu itibariyle Milli Eğitim Bakanlığı resmi verilerine göre Türkiye'nin 81 ilinde BİLSEM'lerin sayısı 355'e çıkmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2022).

2.3.2. Özel Yeteneklilerin Eğitimi

Özel yeteneklilerin eğitiminde genel olarak gruplama, hızlandırma, farklılaştırma ve zenginleştirme gibi süreçler kullanılarak özel yetenekli öğrencilerin etkili bir eğitim deneyimi kazanmaları sağlanır.

Gruplama, özel yetenekli öğrencilerin bir arada kendileri gibi akranlarıyla eğitim etkinliklerini sınıflarında ya da sınıf dışında çeşitli öğretim yaklaşımlarıyla yapılması durumudur. Bu eğitim faaliyetleri, öğretim programı çerçevesinde hazırlanan planlara göre gerçekleştirilerek özel yetenekli öğrencilerin potansiyellerinin en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir (Oruç ve Çağır, 2020).

Hızlandırma, özel yetenekli öğrencilerin ihtiyaçları doğrultusunda eğitim programında daha hızlı ilerlemesini ya da erken yaşlardan itibaren eğitim sürecine dahil olmalarını sağlayan bir eğitim düzenlemesidir. Bu yaklaşımda, öğretimin seviyesi, karmaşıklığı ve hızı, öğrencinin sahip olduğu motivasyonuna ve hazır bulunuşluk seviyesine uygun olarak düzenlenmektedir. Bu durum, öğrencinin zorlanması anlamına gelmemektedir. Öğrenme motivasyonu ve hazır bulunuşluluğu yeterli olmayan öğrencilerde bu yaklaşım uygulanmaz (Sak, 2020).

Farklılaştırma, özel yetenekli öğrencilerin eğitimlerinde kullanılan önemli eğitim stratejilerinden biridir. Farklılaştırma, özel yetenekli öğrencilerin bireysel ihtiyaçları doğrultusunda gelişimsel potansiyellerini ortaya çıkarmak için kullanılan uygun yaklaşım, yöntem ve ortamın sağlanmasını içeren bir stratejidir (Kaya, Mertol, Turhan, Araz ve Uçar, 2022).

Zenginleştirme, özel yetenekli öğrencilerin süreç ve içerik kazanımlarına ulaşmak için kullanılan bir eğitim yaklaşımıdır. Süreç kazanımları, yaratıcı düşünme, problem çözme, eleştirel düşünme, bilimsel düşünme ve diğer üst düzey düşünme becerilerini içermektedir. İçeri kazanımları ise süreçlerin geliştirildiği konu, projeler ve faaliyetleri içermektedir (Rimm ve diğerleri, 2022).

2.4. Fen Eğitiminde Mühendislik Uygulamaları ve Biyomimikri

2.4.1. Fen Eğitiminin Tanımı ve Amaçları

Fen eğitimi, bilimsel bilginin, becerilerin ve tutumların geliştirilmesini sağlamaktadır. Fen eğitimi ile öğrencilerin var olan bilimsel içerikle buluşturulmasını sağlamakla yetinmeyip onları bilimsel düşünmeye de teşvik etmektedir (Acar, Tola, Karaçam ve Bilgin, 2016). Fen eğitiminin tanımı bilimsel yöntemleri de kullanarak sistematik bilgi edinmeyi ifade etmektedir. Fen eğitimi, yalnızca bir disiplin değil öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemlerini çözmelerini ve bu problemlere anlam vermelerini sağlamaktadır (Coştu, Ünal ve Ayas, 2007). Fen eğitimi, bilimsel yöntemi ve doğaya ilişkin olguları bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerileri gibi becerilerle örtük bir şekilde sunar (İlhan ve Hoşgören, 2017). Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme yeteneklerini arttırır, bilimsel araştırma yapmalarını ve bu araştırmalarıyla deneysel etkinlik yapmalarını sağlamaktadır(Acar ve diğerleri, 2016; Ardi, Ananda, Rusdinal, Giastituati ve Hervi, 2024; Öztürk, Akdeniz ve Bakırcı, 2017; Zheltukhina ve diğerleri, 2023).

Fen eğitiminin temel amacı, öğrencilerin günlük yaşamlarında gerçekleşen problemleri tanımlaması, gözlem yapması, hipotez kurması, deney yapması, sonuç çıkarması, analiz etmesi, genelleme yapması ve elde ettiği bilgi ve gerekli becerileri uygulamasıdır. Bu nedenle fen, bir ürün olmasının yanında; hayatın tüm anlarını etkileyen bir süreç olarak ifade edilebilir (Aktamış ve Ergin, 2006). Fen eğitiminin diğer bir amacı ise fen okuryazarı

bireyler yetiştirmektedir. Fen okuryazarlığı, öğrencilerin araştıran ve sorgulayan, eleştirel düşünen, problem çözebilen, karar verebilen, hayat boyu öğrenen ve evren hakkında merak duyguları olan bireyler yetiştirilmesini sağlar. Aynı zamanda fen okuryazarlığıyla öğrencilere fen bilimleri ile ilgili beceri, tutum, değer, anlayış ve bilgilerin birleşimini bir arada sunulmaktadır (Kavak, Tufan ve Demirelli, 2006). Fen eğitimi, fen okuryazarlığını arttırarak öğrencilerin bilimi ve bilimsel gelişmeleri günlük hayatlarında karşılaştıkları olaylarda kullanmalarını sağlar ve onların bilimsel bilgiye eleştirel bakış açısıyla yaklaşmalarını teşvik etmektedir (Bal-Taştan ve diğerleri, 2018; Wu, Truong, Lu, Tseng ve Chang, 2019).

Son yıllarda fen eğitimi alanında birçok yenilikçi farklı yaklaşım ortaya atılmaktadır. Bu yöntemler arasında 21. yüzyıl becerileri, yapay zekâ, tasarım tabanlı öğrenme, STEM eğitimi yaklaşımı, mühendislik tasarım süreci, biyomimikri ve daha pek çok eğitim yaklaşımı yer almaktadır. Mühendislik tasarımı süreci ve biyomimetik tasarım yaklaşımlarının her ikisinin de fen okuryazarlığının amaçlarına benzer amaçlar içermesi nedeniyle fen eğitiminde önemli bir yere sahip oldukları düşünülmektedir (Merril ve Daugherty, 2010; Moore, Guzey, Roehrig ve Lesh, 2018; Morrison, 2006).

2.4.2. Fen Eğitiminin Geleceği

Fen eğitiminin geleceğini bilimdeki ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak pedagojik yaklaşımlarla disiplinler arası öğrenmenin artan önemi ile bu alanda kayda değer gelişmelerin yaşanacağı düşünülmektedir. Araştırma, sorgulama ve aktif öğrenme yaklaşımlarının fen eğitimindeki öneminin daha da artacağı düşünülmektedir. Bu yaklaşımlara yönelik geliştirilen yeni pedagojik yaklaşımlar, öğrencilerin bilimsel kavramlarla daha derin bir şekilde etkileşime girmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca teorik bilginin yanında uygulamalı öğrenme ve eleştirel düşünme de bu yaklaşımda önemlidir. Kanıtlara ve sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini tanımlamalarını ve bunları çözmek için kilit rolde olan bilimsel sorgulama becerilerinin geliştirilmesine yardımcı olduğunu göstermektedir (Ogegbo, Ramnarain ve Krajcik, 2024). Bu pedagojik yaklaşımların kullanımı, öğrencilerin fen bilimlerine yönelik motivasyonunu ve öz yeterliliğini de arttırabilir ve özellikle farklı akademik başarıya sahip olan öğrenci

grupları arasında daha fazla akademik başarının elde edilmesine katkıda bulunabilir (Ballen, Wieman, Salehi, Searle ve Zamudio, 2017).

Fen eğitiminde disiplinler arası yenilikçi pedagojik yaklaşımların kullanılmasıyla fen okuryazarlığı artarak ülkelerin işgücünün gelişimine katkıda bulunması düşünülmektedir. Dolayısıyla STEM eğitimi yaklaşımına ve mühendislik tasarımına yönelik ülkelerin rağbetinin artması beklenmektedir. Bu durum sadece yeni bilim insanlarının yetiştirilmesini içermemektedir diğer yandan öğrencilerin bilimsel düşünceye sahip olmasını ve bilimsel gelişmelerle anlamlı etkileşime girmelerini sağlamayı da içermektedir (Smith, 2021).

Küresel problemlerin artması ve bu problemlerin birbirleriyle ilişkili olması fen eğitiminin disiplinler arası bir paradigma ile bu sorunların çözümünde rol almasını zorunlu hale getirmektedir. Bu şekilde ortaya konan bir pedagojik yaklaşım, öğrencilerin karmaşık problemleri sosyal, kültürel, psikolojik, ekonomik ve çevresel bağlamlarda ele almasına yardımcı olacaktır. Ayrıca öğrenciler, bu küresel problemlere ilişkin bağlamlarına uygun olarak çözüm geliştirecekler ve epistemolojik olarak yeni bilgi sentezleyeceklerdir (Ednie ve diğerleri, 2023).

Fen eğitimi, disiplinler arası pedagojik yaklaşımları kullanarak eleştirel düşünme ve iş birliğini teşvik ederek öğrencilerin geleceğin küresel problemlerini çözmeye yönelik hazırlayacaktır. Bu yönüyle yapılandırmacılık, öğrencilerin bilgiyi oluşturmasında aktif olmalarını ve sosyal etkileşimler yoluyla öğrenmelerinin altını çizmektedir (Vintere, 2018). Alan yazın incelendiğinde, öğrencilerin farklı bakış açılarına sahip olmasının öğrencilerin problem çözme becerilerini ve işbirliği yeteneklerini geliştirdiğini göstermektedir (Asrial, Syahrial, Kurniawan, Perdana ve Nugroho, 2019). Bu açıdan incelendiğinde mühendislik tasarım sürecinin yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına uygun olması, öğrencilerin karmaşık küresel problemlere yenilikçi ve etkili bir şekilde çözüm bulmalarına imkan sağlar (Syukri, Halim, Mohtar ve Soewarno, 2018).

2.5. Mühendislik Tasarım Sürecinin Tanımı ve Eğitimdeki Yeri

Mühendislik tasarım süreci (MTS), mühendislerin problemleri çözmeleri için kullandıkları döngüsel bir süreçtir. MTS, özellikle fen ve matematik eğitimine entegre edilen önemli bir eğitim yaklaşımıdır. MTS, mühendislik uygulamaları ve STEM eğitimi yaklaşımında kullanılan bir uygulama şeklidir (Parker, Smith, McKinney ve Laurier, 2016). Eğitimciler

tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır. MTS, bir tasarım problemine karşı problemi belirleme, problem hakkında araştırma yapma, problemin çözümüne yönelik taslak tasarımlar ortaya koyma, bu taslaklardan birini seçerek ürün haline getirme ve bu ürünü geliştirme yöntemi olarak tanımlanabilir. MTS, mühendislik problemlerine yönelik yaratıcı çözümler geliştirmek için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Eğitimde mühendislik tasarım sürecinin önemli bir yeri vardır. MTS, öğrencilere gerçek dünya problemlerini çözme becerisi kazandırarak eleştirel düşünmenin geliştirilmesine katkıda bulunur (Mulligan, Simper ve Mulligan, 2018; Schubert, Jacobitz ve Kim, 2012). MTS'nin amacı, kriterler ve kısıtlamalar doğrultusunda kaynakları, zamanı ve maliyeti dahilinde herhangi bir tasarım problemine çözüm üretmektir. Bu süreçte öğrencilerin öğrenmeye yönelik tam merkezde yer aldığı bir yaklaşım benimsenmektedir (Fidai, Barroso, Capraro ve Capraro, 2020). MTS, öğrencileri, gerçek dünya problemleri ile bağ kurmasına imkan verir ve bunun yanında fen bilimleri, matematik, teknoloji, mühendislik gibi STEM disiplinlerini de işe koşarak öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirme fırsatı sunmaktadır (Okulu ve Oğuz Ünver, 2021; Özkan ve Sarıkaya, 2023).

Eğitimde, MTS, öğrencilere çok disiplinli bir bakış açısı kazandırması nedeniyle onlara zenginleştirilmiş bir öğrenme çerçevesi sunmaktadır. Dolayısıyla, öğrencilere farklı disiplinlerin bir arada sunulması, karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümlerinin ortaya konmasında önemli olarak görülmektedir (Kahraman, Yecan, Taskın Ekıcı ve Kara, 2023). Sonuç olarak, MTS, eğitimde bir öğretim stratejisinin çok ötesinde öğrencilerin günlük yaşam ve karmaşık dünya problemlerinin çözülmesinde kullanılan kilit role sahip olan bir araç olarak düşünülmelidir.(Buxton ve Buxton, 2010; Ercan ve Şahin, 2015; Okulu ve Oğuz Ünver, 2021; Özkan ve Sarıkaya, 2023).

2.5.1. Mühendislik Tasarım Süreci Aşamaları

MTS, temelde bir tasarım problemi ile başlayan süreç yenilikçi ve yaratıcı çözüm önerileri, tasarım çözümü ile bu çözümün değerlendirilmesini içeren aşamalardan oluşmaktadır (Hallström ve Ankiewicz, 2023). Ancak tek bir MTS'den bahsetmek mümkün değildir. Bu süreç, mühendislerde de olduğu gibi tasarımın ihtiyacına göre değişkenlik göstermektedir. Eğitimde kullanımında da oldukça fazla MTS aşamalarına rastlanılmaktadır. Bu çeşitliliğe rağmen eğitsel kullanımına dair bazı temel özellikler, Berland, Steingut ve Ko (2014)

tarafından tanımlanmıştır. Bu tanımlanan temel özellikler: (1) tasarım süreci bir problemin tanımlanması ile başlar; (2) tasarım probleminin birçok olası çözümü olmalıdır ve mühendisler bu çözüm önerileri arasından tasarımlarına uygun olanı seçim yapmak için sistematik yaklaşımlar kullanmalıdır; (3) tasarım bir prototipleme ve bunun analizini içermelidir; ve (4) tasarım süreci yinelemeli (iterative) olmalıdır, diğer bir ifadeyle süreçte yanlış veya eksik bırakılan yerlere hemen dönüp oradaki problemlerin giderilmesine imkan verecek şekilde esnek yapıda olmalıdır (Berland ve diğerleri, 2014). Ayrıca Okulu ve Oğuz Ünver (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise fen ve mühendislik uygulamalarına yönelik nitelikler, (1) sorular sorma ve problemleri tanımlama, (2) modelleri geliştirme ve kullanma, (3) araştırmayı planlama ve gerçekleştirme, (4) verilerin analizi ve yorumlanması, (5) matematiği ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma, (6) açıklamalar oluşturma ve çözümleri tasarlama, (7) kanıta dayalı argümanlarla meşgul olma, (8) bilgiyi sağlama, değerlendirme ve bilgi iletişimi şeklinde sıralamışlardır.

Fen bilimleri ve ilişkili olduğu diğer alanlarda gerçekleştirilen araştırmalarda kullanılan MTS aşamaları Winarno ve arkadaşları (2020) tarafından sistematik literatür taraması ile belirlenmiştir. Tablo1'de fen eğitiminde kullanılan MTS'ye yer verilmiştir.

Tablo 1

Fen Bilimlerinde Kullanılan MTS Aşamaları

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
English, Hudson ve Dawes (2012)	Problemi tanımlama, tasarım yapma, tasarımı test etme, prototip oluşturma ve test etme, nihai prototip
Dohn (2013)	Tasarımın icat edilmesi, tasarımın test edilmesi, icadın işlevselliği, iş birliği
Wendell ve Rogers (2013)	Problemleri tanımlama, bilgi toplama, modelleme ve potansiyel çözümleri analiz etme, prototipleme, test etme, prototipin performansını analiz etme
Moore vd. (2014)	Tanımlama, öğrenme, planlama, deneme, test etme, karar verme
Capobianco, Yu & French (2015)	Gözlem yapma, sorular oluşturma, sorgulamalar yapma, analiz etme, yansıtma
English, King ve Smeed (2017)	Problem, beyin fırtınası, deney, tasarım, inşa etme, yeniden tasarım/test etme, çözüm
Siew, Goh ve Sulaiman (2016)	Problemi tanımlama ve sorgulama, olası fikirleri çizme, mümkün olan en iyi çözümü seçme, test etme, değerlendirme, iletişim
Wendell, Wright ve Paugh (2017)	Çoklu çözümleri ifade etme, değerlendirme, çözümleri seçme, çözümün performansını yeniden söyleme, çözümleri analiz etme, iyileştirmeler
Capobianco, DeLisi ve Radloff (2018)	Problemi tanımlama, bir plan geliştirme, oluşturma, test etme, sonucu iletme, iyileştirme ve yeniden test etme

Tablo 1

Fen Bilimlerinde Kullanılan MTS Aşamaları (Devamı)

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Maeng, Whitworth, Gonczi, Navy ve Wheeler (2017)	Problemi tanımlama, model tasarımı, model oluşturma ve modeli geliştirme, iletişim
Watkins vd. (2018)	Problemleri tanımlama, olası çözümleri araştırma, oluşturma, test etme, analiz etme, optimize etme
McFadden ve Roehrig (2019)	Tasarlama, yapılandırma, test etme, yeniden tasarlama
Guzey, Ring-Whalen, Harwell ve Peralta (2019)	Tasarlama, inşa etme, test etme, yeniden tasarlama, yeniden inşa etme, yeniden test etme
Fan ve Yu (2015)	Problemi tanımlama, kriterleri tanımlama, fikirler üretme, değerlendirme
Lie, Aranda, Guzey ve Moore (2019)	Analiz yapma, problem çözme, öğrenme, geliştirme, problemlere çözüm üretilmesi, tutarlı bir bütüne entegre edilmesi ve temel bir insan faaliyeti
Wendell, Andrews ve Paugh (2019)	Öğren, planla, öğret, yansıt
Mesutoglu ve Baran (2020)	Problemi tanımlama, olası çözümleri planlama, olası çözümü seçme, tasarlama, test etme, yeniden tasarlama, iletişim

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 8(4). doi:10.17478/jegys.766201

Tablo 1'de alan yazında fen bilimleri eğitiminde kullanılan mühendislik tasarım süreci aşamaları görülmektedir. Alanyazında yer alan MTS aşamalarında göze çarpan ortak detaylar olmasıdır. Bunlardan ilki, MTS'ye genellikle problemin tanımlanması veya belirlenmesi ile başlanmasıdır. Ancak alanyazındaki (Capobianco ve diğerleri, 2015; Dohn, 2013; Guzey ve diğerleri, 2019; Wendell ve diğerleri, 2017, 2019; Lie ve diğerleri, 2019; McFadden ve Roehrig, 2019) bazı araştırmalarda problemin tanımlanması aşaması ile başlanmamaktadır. MTS'ye tasarım probleminin tanımlanması ile başlanması, öğrencilerin tasarım problemini anlamalarına yardımcı olmaktadır. Diğer bir ortak detay, planlama veya olası çözümler sunma ya da taslak tasarım yapmadır. Bu aşama da genellikle alan yazında ortaya konan ortak MTS'ye aşamalarındandır. Bu aşamanın da kullanılmadığı araştırmalar da (Capobianco ve diğerleri, 2015; Dohn, 2013; Justin McFadden, Justin McFadden, Roehrig ve Roehrig, 2019) alan yazında yer almaktadır. Planlama aşaması, öğrencilerin tasarım fikirlerini bir kâğıda döktükleri ilk aşamadır. Bu aşamada öğrenciler, tasarımlarına ilişkin fikirlerini kâğıt üzerinde düşünerek test ederler. Diğer bir ortak detay ise prototipleme, deneme veya oluşturma aşamasıdır. Bu aşama alan yazındaki araştırmaların

tümünde yer almaktadır. Böylece öğrencilerin hayal ettikleri tasarımları somut bir ürün haline getirmeleri nedeniyle önemli bir aşamadır. Alan yazında MTS'nin aşamalarıyla ilgili karşılaşılan diğer bir ortak detay, test etme aşamasıdır. Bu aşamada bir önceki detay gibi tüm araştırmalarda yer almaktadır. Bu aşama öğrencilerin oluşturduğu somut ürünlerin belirlenen kriterlere ve kısıtlamalara uygunluğunun ortaya konması açısından çok önemlidir. Öğrenci bu aşamada test etme sonuçları doğrultusunda tasarımında karşılaştığı problemleri yeniden tespit edip çözmeye çalışır ve tasarımını geliştirir. Son olarak alan yazında MTS aşamalarıyla ilgili yer alan diğer bir ortak detay ise iletişim veya iş birliğidir. Bu durum bir aşama olmasa da aşamalarda öğrencilerin takımlar halinde bir problemi çözmeye odaklanmalarını vurgulamaktadır. Dolayısıyla öğrencilerin süreç boyunca hem bilişsel hem duyuşsal hem de psikomotor becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Tablo 2'de ise fizik alanında kullanılan MTS'ye yer verilmiştir.

Tablo 2

Fizikte Kullanılan MTS Aşamaları

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Schnittka (2012)	Tasarım zorluğu ile tanışma, inşa etme, test etme, tasarımları tartışma, yeniden inşa etme/test etme, son test etme
Bamberger ve Cahill (2013)	Problemi tanımlama, bilgi toplama, planlama, inşa etme, test etme, değerlendirme, yeniden tasarlama, iletişim
Marulcu ve Barnett, (2013)	Problemi tanımlama, olası çözümleri araştırma, en iyi çözümü seçme, prototip tasarlama, test etme, ihtiyaç duyulan herhangi bir adımı tekrarlama, tasarımı geliştirme
Valtorta ve Berland (2015)	İhtiyacı açıklama, ihtiyacı karakterize etme, kavram oluşturma, bir kavram seçme, kavramı somutlaştırma, test etme ve değerlendirme, tasarımı sonlandırma ve paylaşma, tasarım sürecini yansıtma
Shahali, Halim, Rasul, Osman ve Zulkifeli (2016)	Sorma, hayal etme, planlama, oluşturma, geliştirme
King ve English (2016)	Problem, beyin fırtınası, tasarlama, inşa etme, test etme, yeniden tasarlama, çözüm
(English, King ve Smeed (2017)	Tasarlama, yapılandırma, test etme, değerlendirme

Tablo 2

Fizikte Kullanılan MTS Aşamaları (Devamı)

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Zhou vd. (2017)	Taslak yapma, prototip oluşturma, tasarım amaçları, tasarım hakkında tahminler, tasarım fikirleri oluşturma, yapının tasarımı, sistemin/sürecin tasarımı, malzemeler, iş birliği
Chao vd. (2017)	Temsil, analiz ve yansıtma
Syukri vd. (2018)	Sorma, hayal etme, planlama, oluşturma, geliştirme
Chase vd. (2019)	Tasarım, zıt durumlar oluşturma, okuma
Nurtanto, Pardjono, Widarto ve Ramdani (2019)	Bir problemi tanımlama, bilgi toplama, olası çözümleri tanımlama, prototip oluşturma/bir model yapma, modeli test etme, yansıtma ve yeniden tasarlama, iletişim

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 8(4). doi:10.17478/jegys.766201

Fen bilimleri eğitiminden sonra alan yazında MTS'ye yönelik aşamaların fizik alanında ortaya konduğu görülmektedir. Fen bilimleri eğitiminde olduğu gibi fizik eğitiminde de problemin tanımlama, planlama, prototip oluşturma, test etme gibi aşamalara yer verildiği görülmektedir. Fizik eğitiminde, fen bilimleri eğitimine nazaran MTS aşamalarının arttığı ve dolayısıyla daha ayrıntılı hale getirildiği görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin düzeyine uygun bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Ayrıca fen bilimleri eğitiminden farklı olarak fizik eğitiminde iş birliğine daha az yer verilmiştir. Tablo 3'te kimya alanında kullanılan MTS'ye yer verilmiştir.

Tablo 3

Kimyada Kullanılan MTS Aşamaları

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Chiu ve Linn (2011)	Fikirleri ortaya çıkarma, ekleme, ayırt etme, sıralama
Hammack, Ivey, Utley ve High (2015)	Araştırma yapma, modelleme, uygulama, ölçme, iletişim
Aydın-Günbatar, Tarkin-Çelikkıran, Kutucu ve Ekiz-Kıran (2018)	Beyin fırtınası çalışması, tasarlama, inşa etme ve test etme, yeniden tasarlama, değerlendirme

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 8(4). doi:10.17478/jegys.766201

Kimya eğitiminde fizik eğitimine nazaran mühendislik tasarım sürecine yönelik daha az araştırmacı tarafından aşama önerildiği görülmektedir. Bu aşamalar incelendiğinde kimya eğitimine uygun olacak şekilde fikirlerin belirlenmesi, modelleme yapılması, test etme gibi aşamalara yer verilmiştir. Fizik eğitimine nazaran daha az ayrıntılı olarak aşamalar belirlenmiştir. Kimya eğitiminde MTS aşamalarına ilişkin hiçbir araştırmacının açıkça iş birliğine yer vermemesi de dikkat çekmektedir. Tablo 4'te biyoloji alanında kullanılan MTS'ye yer verilmiştir.

Tablo 4

Biyolojide Kullanılan MTS Aşamaları

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Crotty vd. (2017)	Problem, planlama, uygulama, test etme ve değerlendirme
Lie vd. (2019)	Problemi tanımlama, planlama, araştırma yürütme, tasarlama, değerlendirme, yeniden tasarlama
Johnston, Akarsu, Moore ve Guzey (2019)	Problem, planlama ve uygulama, test etme, değerlendirme

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 8(4). doi:10.17478/jegys.766201

Biyoloji eğitiminde kimya eğitimiyle benzer şekilde mühendislik tasarım sürecine yönelik yalnızca üç araştırmacı tarafından aşama önerildiği görülmektedir. Bu aşamalar incelendiğinde problemin tanımlanması, planlama, uygulama, test etme ve değerlendirme aşamalarına ortak olarak yer verildiği görülmektedir. Biyoloji eğitiminde de kimya eğitimi gibi MTS aşamaları basit bir şekilde oluşturulmuştur. Biyoloji eğitiminde de MTS aşamalarına ilişkin hiçbir araştırmacının açıkça iş birliğine yer vermemesi de dikkat çekmektedir. Tablo 5'te ise fen bilimleri ve diğer alanlarda kullanılan MTS'ye yer verilmiştir.

Tablo 5

Fen Bilimleri ve Diğer Alanlarda Kullanılan MTS Aşamaları

Aşamaları Geliştirenler	MTS aşamaları
Hynes et. al (2012)	Problemi tanımlama, problemi araştırma, olası çözümü seçme ve geliştirme, tasarlama, test etme, değerlendirme, iletişim, yeniden tasarlama
Berland et. al (2013)	Problemi anlama, ihtiyacı ölçme, kavramın mühendislik dilinde ifade edilmesi, tasarımın uygulanması, tasarıma son halinin verilmesi
Berland et. al (2014)	Problemi tanımlama, olası çözümleri seçme ve oluşturma, modelleme, analiz etme, yineleme
Park, Park & Bates (2016)	Problemleri tanımlama, tasarlama, optimize etme
Ward, Lyden, Fitzallen & Barra (2015)	Öğretmen hazırlığı, öğretim programı içeriği ve bağlam, kaynaklar, kısıtlamalar, hedefler, tasarım süreçleri, temsil ve yapılandırma, iş birliği, değerlendirme, belgeleme ve raporlama

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 8(4). doi:10.17478/jegys.766201

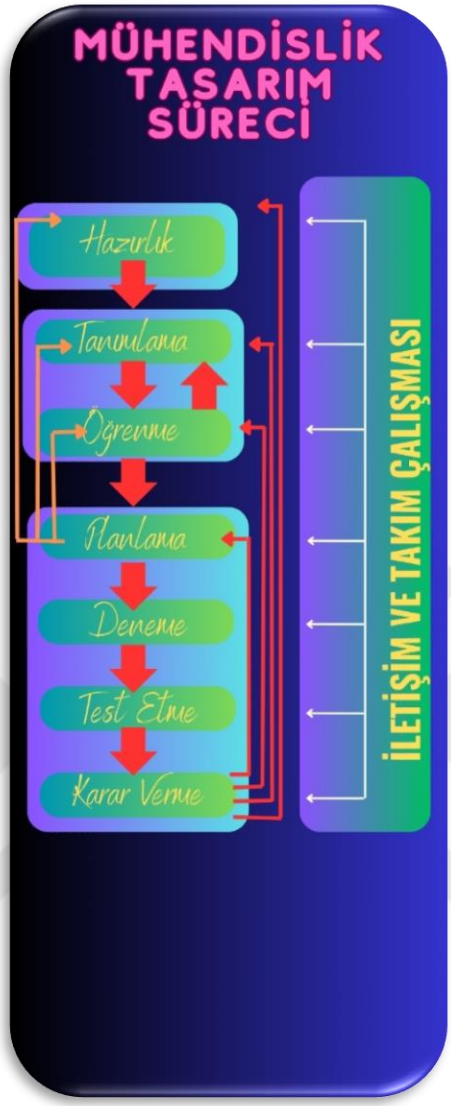
Tablo 5 incelendiğinde Winarno, Rusdiana, Samsudin, Susilowati, Ahmad ve Afifah (2020) tarafından yapılan araştırmaya göre en çok fen bilimleri ile matematik alanlarında birlikte mühendislik tasarım sürecinin kullanıldığı görülmektedir. Araştırmacılar tarafından ortaya konan mühendislik tasarım süreci aşamalarında ise problemi tanımlama, olası çözümleri seçme, prototipleme ve tasarıma son halini verme şeklinde ortak aşamalar yer almaktadır. Burada ortak olan diğer bir unsur ise iş birliğine yer verilmesidir.

Sonuç olarak, Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5 incelendiğinde fen bilimleri, fizik, kimya, biyoloji ile fen bilimleri ile diğer alanlarda kullanılan mühendislik tasarım süreci aşamaları benzer aşamaları içermesine rağmen birbirlerinden farklı aşamalara sahip oldukları görülmektedir.

2.5.2. Araştırmada Kullanılan Mühendislik Tasarım Süreci

Araştırma, (Moore, Stohlmann, ve diğerleri (2014) tarafından belirlenen MTS temelinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu araştırmada "hazırlık" aşaması da eklenerek mühendislik tasarım sürecinin kapsamı genişletilmiştir.

Araştırmada MTS, biyomimikri teması kapsamında zenginleştirilmiştir. Bu doğrultuda Janine Benyus'un kurucusu olduğu Biomimicry Institute (2017) tarafından önerilen biyomimikri tasarım döngüsü basamakları, MTS aşamalarına entegre edilmiştir.



Şekil 3. Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım süreci. Moore, T. J., Stohlmann, M., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. ve Roehrig, G. H. (2014). Engineering in precollege settings: Researh into practice. S. Pruzer, J. Strobel ve M. Cardella (Ed.), *Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education* içinde (ss. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press kaynağından erişilerek uyarlanmıştır.

MTS'ait aşamalar adım adım ilerlemektedir. Bu aşamalar yinelenebilir veya tekrarlanabilir (iterative) bir süreç olarak ifade edilmektedir (Tank, Moore ve Gajdzik, 2017). Şekil 3'te verilen şemada renkli ve beyaz oklar yer almaktadır. Bu şemadaki renkli oklar, bu sürecin tekrarlanabilir bir süreç olduğunu göstermektedir. Örneğin öğrenciler, MTS'nin planlama aşamasındayken tanımlama veya öğrenme aşaması ile ilgili eksik veya yanlış giden bir şeyler olduğunu düşünürlerse yeniden problemin tanımlanması aşamasına dönüp eksiklerini veya yanlış öğrenmelerini düzelterek adım adım ilerleyebilirler. Başka bir ifadeyle süreç

içerisinde pek çok kez geri dönüp eksikler tamamlanır ve tamamlanan yerden devam edilerek süreç adım adım devam ettirilir. Bu nedenle öğrencilere MTS'nin hazırlık aşamasında çok iyi anlatılmalıdır. Eğer bu durumu öğrenciler anlamazlarsa onların etkinlikleri yapamama durumlarının oluşmasına neden olabilir. Bu durumda da pes edip öğrenme sürecini yarıda bırakabilirler. Ayrıca bu tür olumsuzluklar öğrencilerin öğrenme durumlarına yönelik ön yargılı olmalarına ve kaygılanmalarına neden olacaktır. Eğer öğrenci tüm aşamalarda neyi, nasıl yapacağını iyi bir şekilde kavrarsa bu durum öğrencinin süreci çok daha iyi bir şekilde yönetmesine yardımcı olacaktır (Tank, Moore ve Gajdzik, 2017).

Döngüdeki beyaz oklar ise öğrencilerin takım çalışması yoluyla problem durumuna yönelik sorunun çözümü için ortaya koyacakları tasarımda problem durumunda geçen olaydaki kişi veya kişilerin kriterlerini ve ihtiyaçlarını nasıl karşıladığını takım arkadaşları ile tartışırlar. Bu yolla öğrenciler takımlarında yer alan arkadaşlarının bakış açılarını da göz önünde bulundurarak problemi çözmeye çalışırlar. Bu yönüyle öğrencilerde takım çalışması yapılır. Takım çalışmaları, öğrencilerin iletişim becerilerini ve olaylara farklı açılardan bakmalarını sağlar. Ayrıca öğrencilerde olaylara eleştirel açılardan bakmayı da öğretecektir. Bu yönüyle bakıldığında MTS'nin tamamında bu becerilerin öğrenciler tarafından işe koşulması öğretmen tarafından sağlanmalıdır. Bu becerileri kullanmayan takımlara öğretmen rehberlik ederek bu süreci başlatacak açık uçlu sorular yöneltmeli ve öğrencilerin bu tartışma sürecine katılmalarını teşvik etmelidir. Ayrıca bu tür durumlarda öğrenciler, olumlu pekiştireçlerle öğretmen tarafından motive edilmelidir (Tank ve diğerleri, 2017).

2.5.2.1. Hazırlık Aşaması

Hazırlık aşamasında, problem durumu verilmeden önce öğretmen, öğrencilere ilk olarak modül hakkında nasıl bir eğitim alacaklarını, uygulamanın nasıl olacağını, süreçteki adımların nasıl ilerleyeceğini detaylı bir şekilde anlatarak öğrencileri bilgilendirir. Bu sırada öğrencilerden varsa soruları alınır. Öğrencilerin sorduğu sorular ayrıntılı olarak cevaplandırılır. Böylece öğrencilerin bu süreçte nelerle karşılaşacakları ve hangi sorun karşısında ne yapacakları kendilerine ifade edilmiştir. Sürecin anlaşılmasının ardından takımlar ve takım kuralları belirlenmiştir. Öğrenciler, öğretmen tarafından sınıf mevcuduna uygun olacak şekilde takımlara ayrılır. Araştırmada yer alan katılımcıların özel yeteneklerinin genel yetenek düzeyinde olmalarından dolayı takımların oluşturulması kura

çekilerek sağlanmıştır. Takım sayısı kadar (T1, T1, T2, T2, T3, T3, …) küçük kağıtlara takımlar yazılır. Rastgele aynı kâğıdı seçenler aynı takıma geçerler. Bu şekilde öğrencilerin farklı kişilerle de takım kurmaları sağlanmıştır. Takımlar oluşturulduktan sonra takımlarda değişiklik yapılmasına izin verilmemiştir. Böylece öğrencilerin süreç içerisinde etkin bir şekilde çalışmaları sağlanmıştır. Ayrıca öğrencilerin birbirlerinden farklı bakış açılarını öğrenmeleri ve takım içinde iletişim becerilerinin de geliştirilmesine olanak sağlar (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 127).

İkinci olarak, Şekil 3'te verilmiş olan MTS görseli öğrencilere dağıtılmıştır ve MTS'nin ve aşamalarının ne olduğu ve ne amaçla kullanıldığı, bu şeklin neyi ifade ettiği öğrencilere açıklanmıştır. Adım adım süreç boyunca nelerle karşılaşacakları tek tek anlatılmıştır. Bütün sürecin aslında tekrarlı adımlardan oluştuğu ve Şekil 3'te belirtilen renkli oklar öğrencilerin süreç aşamalarını görerek süreci tanımaları sağlanmıştır. Başka bir ifadeyle bir adımda meydana gelen bir hata yapılması veya eksik öğrenmelerinin olması durumunda belirtilen MTS'inde ilgili aşamaya giderek eksik ya da hatalı olduğunu düşündüğü adımda gerekli düzeltmeleri yaparak ve eksiklerini tamamlayarak adım adım MTS aşamalarını izler (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 127).

Bu aşamada bir diğer adım ise öğrencilerin süreçte kullanacakları malzemelerin tanıtılması ve bunları nasıl kullanacakları hakkında açıklamaların yapılmasıdır. Bu amaçla öğrencilerden "mühendislik tasarım defteri" kullanmaları istenir. Öğretmen tarafından verilen büyük boy çizgisiz bir defter bu amaç için kullanılmıştır. Bu defterin kullanımında neler yapılacağı ve nelere dikkat edilmesi gerektiği öğrencilere açıklanmıştır. Mühendislik tasarım defteri, öğrencilerin MTS'de her bir aşamada yaptıklarını kaydettiği ve bunların üzerinde düşündüğü, bu verileri yorumladığı, araştırmalarına ait bilgilerin yer aldığı, takım arkadaşları ile yapmış olduğu tartışma notlarının, çıkarımların bulunduğu bir defterdir. Bu açıdan uygulama sürecinin tümünde öğrencilerin bu deftere hem bireysel olarak tuttukları notları hem de takımlarına ait notları, araştırmaları sonucunda veya arkadaşlarından öğrendiği bilgileri, takım arkadaşları ile ortaya koydukları yorumları, hipotezleri ve sorularını yazması açısından çok önemli bir yere sahiptir. Bu defter öğretmen tarafından her ders sonunda alınarak incelenir. İnceleme ile öğrencilerin süreçteki her bir adımda ilerlemeleri takip edilmiştir. Bu defter, aynı zamanda öğretmenin öğrencisini süreçte değerlendirmesine de imkân vermektedir. Ayrıca MTS aşamalarında öğrencilerin mühendislik tasarım defterlerine süreçte yapılan etkinlikler sonucunda ortaya koydukları

metinlerin, çizimlerin her adımda kontrol edilmesi çok önemlidir. Bu durum öğretmen tarafından öğrencilerin hatalarının hemen fark edilmesini sağlar. Öğretmenin yönlendirmesiyle öğrencilerin süreçte eksik ya da hatalı öğrenmelerini fark etmelerine ve düzeltmelerine yardımcı olur. Bu durumun kontrolünü sağlamak için öğretmen her bir adımda öğrencilerin yapmış oldukları tüm metin ve çizimler için öğretmenden imza ya da onay almaları istenir. Bu adımlar gerçekleştirilmeden takımların bir diğer aşamaya geçemeyecekleri ifade edilmiştir.

Bu aşamada öğrencilere mühendisler ve mühendislik mesleği hakkında çeşitli sorular yöneltilir. Bu sorularla öğrencilerin takım arkadaşlarıyla tartışmalar yapmaları sağlanır. Ardından takımların atölyedeki diğer takımlarla bu konu hakkında tartışmaları sağlanır. Böylece öğrencilerin takım arkadaşlarından ve diğer takımlardan mühendisliği anlamaları ve öğrenmeleri sağlanır (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 128).

Son olarak bu aşamada biyomimetik kavramına, biyomimetik tasarım örneklerine ve bu tasarım yaklaşımına ilişkin basamaklara ve yaşam ilkelerine yer verilmektedir.

2.5.2.2. Tanımlama Aşaması

Tanımlama aşamasının amacı, öğrencilerin ne yapacağına veya nasıl tasarlayacaklarına karar vermeleri değildir. Ortaya konan problem, öğrenciler tarafından neyi, kimin için ve hangi bağlamda yapılması gerektiğinin anlaşılmasıdır (Biomimicry Institute, 2017). Bu nedenle MTS'de öğretmen, gerçek hayat problemini bir olay örgüsü içinde öğrencilere sunarak tasarım sürecini başlatmıştır Verilen gerçek hayat problemi öğrencilerin çeşitli sorular sorabilmesine imkân vermelidir. Öğrenciler kendilerine verilmiş olan günlük hayatta karşılaşabilecekleri problem durumunda "Problemi olan kişi kim? Bu kişinin neye ihtiyacı var? Kişi buna neden ihtiyaç duymaktadır? Problem ile ilgili çözüm önerileri neler olabilir? Problemin çözümü için ortaya konan kriterler ve sınırlıklar nelerdir? Problemin kapsamı açısından kimin neye ihtiyacı vardır ve neden buna ihtiyacı vardır?" şeklinde çeşitli sorulara yanıtlar aramaktadırlar (Tank ve diğerleri, 2017).

Öğrencilerin kendilerine verilen problemin çözümüne ilişkin gereksinimlerini ve sınırlılıklarını sorgulayarak ortaya koymaları, MTS'nin sonraki aşamalarında belirtilen bu durumları düşünerek hareket etmesi, süreçte öğrencilerin problemi çözme başarılarına dair ihtimali artıracaktır. Tanımlama aşamasından itibaren öğrenciler takım arkadaşlarıyla

birlikte çalışmaya başlarlar. Önce problemi kendileri anlamaya çalışırlar, sonra takım arkadaşları ile tartışarak beraberce anlamlandırmak için çabalarlar. Buna ek olarak problemin çözülmesi için gerekenleri birlikte bulmaya çalışırlar. Problemin iyi bir şekilde tanımlanabilmesi için problemin çözümünün farklı yollarının bulunması gerekir (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 129).

Problem durumunu ortaya koymada bağlam da çok önemli bir yere sahiptir. Bağlam ile çalışma yapmak, çalışmanın sınırlarını ortaya koyar. Çalışmayı daha belirgin hale getirir. Problemin bağlamı pek çok faktörü bünyesinde barındırabilir. Bu nedenle bağlam, problemi etkileyecek durumların gereksinimleri, tasarımın kullanım alanları açısından çok büyük öneme sahiptir. Bu şekilde düşünülecek olursa bağlamın ortaya konmadığı durumlarda tasarımı ele almak çok zor olacaktır. Çünkü çok geniş bir alanda başarının yakalanması mümkün olamamaktadır. Aksine bağlamın çok dar da tanımlanmaması gerekir. Tasarım sürecine başlamadan önce problem durumu ile ilgili bağlam öğretmen tarafından genel bir çerçeve ile sınırlandırılmalıdır. Ayrıca çok fazla kısıtlama konulduğunda ise problemin çözümüne yönelik olasılıklar ve çözümler de azalmaktadır. Öğrenciler, çalışmanın başında doğru sorular yöneltmelidirler. Bu konuda öğretmen öğrencilere rehberlik etmelidir. Böylece bağlamın net olması çalışırlarken öğrencilere yol gösterecektir. Ayrıca yenilikçi ve etkili çözümlere öğrencilerin ulaşma şanslarını arttıracaktır (Biomimicry Institute, 2017). Bunun yanında gerçek hayata dair problem oluşturulurken bağlam problemin çözümüne ilişkin farklı disiplinlerin kullanılmasına da imkân vermelidir. Problemin çözümünde disiplinler arası yaklaşımların bir arada kullanılması, öğrencilerin farklı çözüm yolları bulmalarını sağlar. Ayrıca, gerçek olaylardan oluşturulan problem, farklı disiplinlerle oluşturulan bir içerik ile oluşturulması, öğrencilerin odaklanmalarını, güdülenmelerini ve ilgilerini artırarak farklı disiplinleri ilişkilendirmelerine yardımcı olur (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 129). Problemin tanımlanması aşaması, aslında süreç içerisindeki en zor basamaktır. Çünkü problemin ne istediğini, sınırlarını, kısıtlamalarını kavrayamayan öğrencinin problemin çözümünü düşünmesi ve onu çözmesi beklenemez. Öğretmen bu süreç boyunca öğrencilerin zihinlerinde eksik bir şey kalmaması için öğrencilere problem durumunu çeşitli sorular sorarak problemin anlaşılmasını sağlamalıdır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise öğrencinin problemi anladığını düşünerek bir sonraki aşamaya geçmeye çalışmasıdır. Problem anlaşılmadan diğer basamağa geçilmesi MTS'de sıkıntılara neden olur. Tekrar başa dönmelerden dolayı zaman kayıplarına yol açmaktadır. Bu durumun

önlenebilmesi için öğrencilere problemi tanımlamalarına yönelik ihtiyaç duydukları süre verilmelidir. Problemin tam olarak anlaşıldığından emin olmak için öğretmenin bu durumu çeşitli sorular sorarak tespit etmesi, süreci daha verimli kılacaktır. Ayrıca mühendislik tasarım uygulamaları, uzun zaman alan süreç olması nedeniyle problem durumunun öğrenciler tarafından unutulmasının önüne geçmek için her dersin başında belirli bir süre problemin hatırlatılması çok önemlidir. Yoksa öğrenciler, problem durumunda geçen kriterleri, sınırlılıkları ve kendilerinden istenilenleri unutarak problemdeki bağlamdan farklı bir bağlama saparak beklenilen tasarımdan farklı bir tasarıma yönelebilirler. Bu durumda problemin çözümünde etkisi olmadığı için tekrar baştan tasarıma geçildiğinden dolayı bu sürecin uzamasına neden olacaktır. Bu nedenle öğretmen bu konuda gerekli hassasiyeti göstermelidir (Akarsu, Okur Akçay ve Elmas, 2020).

2.5.2.3. Öğrenme Aşaması

Öğrenme basamağı, MTS'de çok önemli bir aşamadır. Bu aşamada problemin tanımlanmasından sonra ortaya konan veriler doğrultusunda problemle ilgili ve problemin çözülmesi için ihtiyaç duyulan fen bilimleri ve matematik alanlarına ait bilgilerin öğrenilmesini içerir. Bu aşama, öğrencilere bilgi yüklemekten ziyade onların ihtiyaç duyacakları bilgilere ulaşmalarını sağlamak için yapılmaktadır. Çok fazla bilginin paylaşılması öğrencilerin problem durumunda belirtilen bağlamdan kopmalarına neden olur. Bu aşamada öğrencilerin konuyu kavramaları öğretmen tarafından sağlanır. Ayrıca öğretmen, takım içi ve takımlar arası tartışma ortamları sağlayarak öğrencilerin problemin çözümüne ilişkin fikir üretmelerine yardımcı olur ve problemin çözümü için öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyleri de artırılacaktır. Tartışma ortamlarında öğretmen, öğrencilerin biyomimikri, fen bilimleri ve matematik gibi alanlarda verilen problemi çözmek için hipotezler kurmalarına yardım etmelidir. Öğrencilerin kurdukları bu hipotezleri yoluyla öğrenmeleri daha kalıcı olacaktır. Problem durumu ile ilişkili olacak şekilde öğrencilere biyomimikri, fen bilimleri ve matematik alanlarında onların seviyelerine uygun ve hedeflenen amaç doğrultusunda kazanımlar belirlenir. Böylece öğrencilerin bu kazanımları zihinlerinde yapılandırmaları sağlanır. Gerçekleştirilecek olan mühendislik tasarımları uzun zaman alması nedeniyle öğretmen süreçte öğrencilerin problem durumunu unutmamaları

için derslerde onlara problem durumu çeşitli sorular yönelterek hatırlatmalıdır (Yılmaz-Bilir, 2021, s. 24).

2.5.2.4. Planlama Aşaması

Planlama aşamasında öğrenciler, kendilerine sunulan probleminin çözümü hakkında planlar yaparlar. Problemlerinin çözümünü doğada ararlar. Öncelikle bireysel olacak şekilde öğrenme aşamasında öğrendiklerini de kullanarak Mühendislik Tasarım Defterine "Doğa nasıl…?" ve "Doğada nasıl …?" şeklinde sorular yöneltirler. Bu sorular öğrencilerin problem durumunu biyolojikleştirmeleri için ilk adımdır. Bu adım öğrencilerin doğanın bir durum karşısında nasıl bir şekilde davrandığını kavramalarını sağlar. Bu basitleştirilmiş soru, problemin zorluğunun neyle ilgili olduğunun özünü ifade etmektedir (Biomimicry Institute, 2017).

Daha sonra takım içindeki öğrenciler birbirlerine yazdıkları sorularını paylaşırlar ve kendilerince doğru olduğunu düşündükleri soruları seçerler. Ayrıca öğrenciler, problemin çözümü hakkında karar verdikleri soruları neden seçtiklerini mühendislik tasarım defterine yazarlar. Soruların seçiminin ardından öğrenciler takım arkadaşlarıyla birlikte doğadaki benzer yaşam, işlevler ve bağlamlar hakkında tartışırlar. Böylece öğrenciler problemin çözümüne benzer durumlarda doğadaki canlıların hangi yapılarını veya bu yapıların hangi işlevlerini kullandıkları hakkında oluşturdukları soruları birbirlerine yöneltirler. Başka bir ifadeyle problem durumu ile doğadaki yaşam sürecini bir arada düşünürler. Bu şekilde düşünerek canlıların işlevini ve bağlamını biyolojik olarak tanımlamanın pek çok yolunu keşfedeceklerdir. Problemin çözümüne dair bu şekilde tartışarak aynı zamanda problemin çözümü için birden fazla olasılığı göz önünde bulunduracaklardır. Elde ettikleri bilgileri yine mühendislik tasarım defterine yazacaklardır (Biomimicry Institute, 2017).

Sonraki adımda ise ilk adımda sorulan "Doğa nasıl…?" ve "Doğada nasıl…?" şeklinde yazılan biyolojikleştirilmiş soruların tersten sorulmasını içermektedir. Örneğin, öğrencilerin problemin çözümüne ait biyolojikleştirilmiş soruları "Doğa sıvıları nasıl tutar?" şeklindeyse bu soru kimi zaman zihin açmak ve farklı çözüm yollarına ulaşmak için "Doğa sıvıları nasıl iter?" şeklinde de sorulabilir. Soruların bu şekilde sorulması problemin çözümüne dair aynı mekanizmaların kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Öğrenciler, tersten sordukları soruları da mühendislik tasarım defterine yazarlar (Biomimicry Institute, 2017).

Planlama aşamasında iken öğrencilerin aceleci davranmalarının önüne geçilmelidir (Biomimicry Institute, 2017). Öğrencilere bu çalışmalarını yapmaları için gereken süre verilmelidir. Kimi zaman öğrencilerin bir şey bulamamaları onların sıkılmalarına, görevi yapmamalarına ve çalışmayı bırakmalarına neden olabilir. Böyle durumlarda öğrenciler, öğretmen tarafından motive edilerek sürece dahil olmaları sağlanmalıdır.

Sonraki adımda öğrencilerin problemle ilgili oluşturdukları çözümleri doğada arayarak keşfetmeleri sağlanmıştır (Biomimicry Institute, 2015). Bu adımda okul bahçesi uygunsa öğrencilerle bahçeye inilerek problemlerinin çözümünü öncelikle bahçede aramaları istenir. Ayrıca öğrencilerin yaşadıkları yerlerdeki doğal çevrelerinde de problemin çözümünü aramaları istenir. Ancak bu durum giderek artan kentleşme nedeniyle pek de mümkün olamamaktadır. Yaşanılan ilin şartlarına göre öğrencilerle doğa gezileri düzenlenerek doğal alanlarda keşif yapmaları sağlanabilir. Öğrencilerin doğayı gözlemlemeleri onların doğaya olan farkındalıklarını da artıracaktır. Buradayken elde ettikleri bilgileri, neden başarısızlık yaşadıklarını, neler yapılırsa çözüm bulabileceklerini mühendislik tasarım defterlerine yazarlar (Biomimicry Institute, 2015).

Aşama içerisinde yine de öğrenciler çözüm bulamayabilirler ya da farklı çözüm yolları da arayabilirler. Bu tür durumlarda öğrenciler, seviyelerine uygun bilim dergileri, kitaplar, görseller, videolar ve internet siteleri gibi görsel işitsel öğrenme araçlarından yardımlar alırlar. Elde ettikleri tüm bilgileri mühendislik tasarım defterine not alırlar. Öğretmen ise bu adımda öğrencilerin ilgili kaynaklara ulaşmalarında onlara yardım eder ve rehberlik yapar. Ayrıca öğrencilerin istekleri doğrultusunda problemin çözümü konusunda üniversitelerdeki biyologlardan da yardım alınabilir. Bu anlamda öğrencilerin bir üniversiteye gezi yoluyla giderek problemlerini biyoloğa anlatarak problemlerinin çözümünü doğadan almaları konusunda yardım alabilirler. Yine elde ettikleri bilgileri mühendislik tasarım defterlerine not ederler.

Sonraki adımda not ettikleri tüm bu biyolojik stratejileri problemin çözümüne yönelik olarak tasarım stratejilerine dönüştürmeye çalışırlar. Bu amaçla ilk olarak problem durumunun çözümüne yönelik olarak elde edilen biyolojik stratejinin temel unsurları öğrencilerin ilgilendikleri işlevi yerine getirmek için nasıl çalıştığını doğadaki örneklerden yakalayarak özetlerler. Bunları kendi cümleleriyle mühendislik tasarım defterlerine bir veya iki paragraf halinde yazarlar. Ardından bu paragraf halinde özetlenen bilgiler tasarıma dönüştürülmek

üzere mühendislik tasarım defterine eksizler şeklinde çizilir. Bu yapılan karalama hızlı bir şekilde basit bir çizim veya diyagram olabilir. Öğrencilerin biyolojik stratejiyi yazarlarken aynı anda çizim yapmaları stratejinin görselleştirmesine ve daha sonra sözlü olarak ifade etmelerine de yardımcı olacaktır (Biomimicry Institute, 2015).

Daha sonra öğrenciler, mühendislik tasarım defterlerine not ettikleri biyolojik stratejiden, problemin çözümü için stratejiyi etkili kılan işlevlere ve mekanizmaları açıklayan anahtar kelimeleri ve kelime öbeklerini vurgularlar veya altını çizerler. Öğrenciler herhangi bir biyolojik terim için disiplinlerden bağımsız düşünülerek terimlerin eş anlamlılarını bulmaya çalışırlar. Örneğin, "kürk" kavramı "lifler" ile veya "deri" kavramının "zar" ile değiştirilmesi gibi kullanılabilir. Sonrasında ise öğrenciler bu anahtar kelimeleri ya da kelime öbeklerinden yola çıkarak biyolojik terimleri kullanmadan ve bilimsel hata yapmadan problemin çözümüne dair tasarımlarına ait stratejiyi mühendislik tasarım defterine yeniden yazarlar (Biomimicry Institute, 2015).

Öğrenciler, ele aldıkları tasarım stratejisinin problemin çözüleceği bağlama göre istedikleri işlevi açıkça belirtmelidirler. Bu ifade tasarıma ya da problemin çözümüne yönelik bir açıklama değildir. Bu ifade, öğrencilerin problemin olası çözümlerini beyin fırtınası yoluyla takım arkadaşlarıyla birlikte ortaya koymalarına imkân vermek için ateşleyici olacaktır. Öğrenciler takımlarındaki arkadaşları ile tartışarak karar verdikleri bilgileri not ettikten sonra herkes bireysel olarak bu tasarım stratejisi metnine göre mühendislik tasarım defterine tasarımlarını çizerler. Bu şekilde çizim yapılarak ilerlenmesi öğrencilerin stratejiyi anlamalarını sağlar. Aynı zamanda öğrendikleri bilgileri disiplinler arası kullanmalarına da imkân vermektedir. Ortaya konan tasarım stratejisini gösteren çizim, biyolojik strateji çiziminin basit bir kopyasından öte biyolojiye ait bilgilerin olmadığı işlevsel unsurların yer aldığı bir görseldir. Bu adımda her bir öğrenci kendisini bir mühendis gibi düşünerek biyolojik öğeleri kullanmadan çizim yapmak için stratejisini mekanik bir sistem inşa etmek olarak hayal etmelidir. Öğretmen, öğrencilere bu konularda dönütlerde bulunmalıdır. Her bir öğrencinin çizimi takım arkadaşları tarafından eleştirel bakış açısıyla incelenir. Diğer bir deyişle ortaya konan çizimin problemi çözmeye yetip yetemeyeceğine koymuş oldukları kriterleri doğrultusunda karar vermeye çalışırlar. Kendilerince problemi çözebileceğine inandıkları bir çizimi seçerler. Seçilen çizimi mühendislik tasarım defterine takımdaki herkes çizer. Eğer çizimlerin seçiminde ortak karara varılamazsa takım arkadaşlarının stratejilerini kullanarak daha iyi bir tasarımı da ortak bir şekilde yeniden mühendislik tasarım

defterlerine çizerler (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 131; Biomimicry Institute, 2015; Yılmaz-Bilir, 2021, s. 24).

Öğrenciler, takım olarak belirlemiş oldukları planı sınıf arkadaşlarına bir sunum veya poster yoluyla anlatırlar. Bu sunumda öğrenciler, bu planı neden hazırladıklarını kanıtlarıyla diğer takımlarda yer alan sınıf arkadaşlarına anlatırlar. Süreç içerisinde öğretmen, tüm takımları takip eder ve onlara ihtiyaçları olması halinde çeşitli yerlerde sorular sorarak öğrencilerin planlarını delillendirmelerinde yardımcı olur. Böylece öğretmen, rehber konumunda öğrencilerin süreç boyunca aktif bir şekilde çalışmalarına ve problemin çözümüne yönelik amaçtan sapmamalarına ve ona ulaşmalarına yardımcı olur (Yılmaz-Bilir, 2021, s. 24).

2.5.2.5. Deneme Aşaması

Deneme aşamasında ise öğrencilerin takım arkadaşlarıyla beraberce karar verdikleri planlarını deneyerek bu plana uygun bir prototip oluştururlar (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 131). Bu aşamada öğrenciler, tasarım planlarının prototipini gerçekleştirmeye çalışırlar. Prototip oluşturulması, öğrenciler tarafından planlanan veya hayali kurulan tasarımın gerçekleştirilmesi sonucunda bu ürünün nitelikli bir yapıda olması ve ortaya konan üründe eksikliğin olup olmadığının belirlenmesi açısından çok önemli bir adımdır. Örneğin, oluşturulan prototipin tasarımı problemin çözümüne uygun mudur, problemde verilen kapsam ile ilişkili midir, prototipte bir canlıdan ilham alındı mı veya tasarlanan ürün ortaya konmadan önce başka farklı çözümler denendi mi gibi sorular bu basamakta öğrenciler tarafından yanıtlanması gereken sorulardır. Bu yönüyle planlama aşaması öğrencilerin takımları aracılığıyla tasarladıkları ürünü taslak halinden gerçek ürüne dönüştürülmesini içeren bir aşamadır. Aynı zamanda öğrencilerin kendi takımlarının dışındaki diğer takımlardaki öğrencilere de fikirlerini yansıttıkları aşamadır (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 131).

MTS'de tasarlanacak ürünün ortaya konmasında bazı kriterlerin ve kısıtlamaların göz önüne alınması gerekmektedir. Bu durum aslında öğrencilerin problemi doğru bir şekilde çözmelerine ve yapmış oldukları tasarımlarının ilgili sınırlamalara uyduğunun göstergesidir. Bu nedenle prototip oluşturulması sürecinde en kısa zamanda, en ucuz ürün olması ve bu ürünün istenilen özellikleri de bünyesinde barındırması gerekmektedir. Bu şekilde öğrenciler tarafından ortaya konan ürünün problem durumunu dikkate alarak problemi başarılı bir

şekilde ele aldığını ortaya koyar. Prototip oluşturulmasında diğer bir kriter ise ürünün bir kullanım amacının bulunmasıdır. Burada öğrenciler, problemde yer alan durum için uygun bir amaçta prototip oluşturmalıdırlar. Başka bir kriter ise ortaya konan ürünün görünüm açısından da hem kendilerine hem de diğer takım arkadaşlarına hoş görünmesidir. Oluşturulan prototipin estetik özelliklere sahip olması gerektiği öğrencilere vurgulanmalıdır (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 132).

2.5.2.6. Test Etme Aşaması

Problemi çözmek üzere hazırlanan ve doğadan ilham alan ürün, artık test edilir. Bu aşamada, öğrenciler tarafından yapılan ürünün problem durumunda belirtilen ölçütlere ve sınırlamalara uyup uymadığı kontrol edilir. Bu kontrol bir bakıma araştırma sürecine benzemektedir. Bu araştırma sürecinde öğrenciler, hipotez ortaya attılarsa, kendilerine ait olan bu hipotezlerin test edilmesi için gerekli bilgileri toplarlar. Öğrenciler bu bilgileri analiz ederler ve hipotezlerini yorumlarlar. Bilgilerin analiz edilmesinde problemin çözümüne ilişkin olumlu ve olumsuz yanları takımda yer alan öğrenciler tarafından tartışılarak belirlenir. Bu nedenle öğrencilerin tartışarak bu bilgilere ulaşmaları farklı bakış açılarını görmelerinden dolayı çok önemlidir. Elde edilen bilgiler ışığında bulunan çözümün problem durumu için yeterli olup olmadığı öğrenciler tarafından karar verme aşamasında görüşülecektir (Akarsu ve Guzey, 2022, s. 132).

2.5.2.7. Karar Verme Aşaması

Karar verme aşamasında, bir önceki aşamada ortaya konan bilgiler doğrultusunda mühendislik tasarımının problem durumuna yönelik olarak uygun olup olmadığına karar verildiği yerdir. Diğer bir ifadeyle problemde geçen olayda, problemi çözmek için ortaya konan tasarımın kullanılıp kullanılamayacağının görüşüldüğü aşamadır. Problemin çözümü için ortaya konan tasarımın sorunda geçen kriterleri ve sınırlılıkları içerip içermediğine bakılır. Ayrıca önceki aşamada elde edilen test sonuçlarına ve problem durumunda sorunu yaşayan kişi veya kişilerin gelen geri bildirimlerine dayalı olarak tasarım başka nasıl tasarlanabilir sorusuna da yanıt ararlar. Eğer ortaya konan tasarım, problem durumunda geçen sorunu çözemiyorsa öğrenciler yeniden tasarlama sürecine geçerek sorunu çözebileceklerini düşündükleri yeni bir tasarımı hazırlarlar. Sonrasında ise öğrenciler,

takımlarında planlama aşamasında elde ettikleri bilgileri ve tasarımlarını atölyedeki diğer takımlarda yer alan arkadaşlarına bir sunum veya poster aracılığıyla anlatarak karara varmaya çalışırlar (Tank ve diğerleri, 2017; Yılmaz-Bilir, 2021, s. 26).

MTS, tekrarlanabilen ya da yinelenebilir bir süreç olarak ifade edilmektedir (Tank ve diğerleri, 2017). Öğrenciler karar verme aşamasında iken ortaya koydukları tasarım çözümünün, problem durumunda yer alan sorunu çözmek için gerekli olan kriterleri ve sınırlılıkları karşılamadığını düşünürlerse, bu durumda ortaya koydukları çözümleri ile ilgili neden hatalı olduklarını veya sorun bulunan yerin neresi olduğunu tespit etmeye çalışırlar. Bu çalışma şekliyle araştırmalar ve analizler sonucunda hatalı olduğu belirlenen kısım veya sorun olduğunu düşündükleri aşamaya tekrar dönerek o aşamada olan eksikliklerini gidererek adım adım ilerleyip yeniden karar verme aşamasına kadar gelip karara varmaya çalışırlar. Bu yüzden öğrenciler, süreç içerisinde tüm aşamalarda gerekli gördükleri her yerde değişiklik yapabilirler. Bu nedenle yapılacak yeni planlamalar doğrultusunda problemin çözümüne yönelik önceki tasarımlarından tamamen farklı yeni bir tasarımı da oluşturabilirler. Burada da yine probleme yönelik diğer aşamalarda kritik öneme sahip olan her şey tek tek irdelenir ve adım adım ilerleme sağlanır. Bu nedenle MTS'inde aşamalar arası geçiş mümkündür, kolaydır ve de çok önemlidir (Tank ve diğerleri, 2017; Yılmaz-Bilir, 2021, s. 27).

2.6. Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı

İnsanların doğadan ilham alarak çeşitli problemlerini çözmeleri çok eski tarihlere dayanmaktadır. İnsanlar çevrelerinde yer alan organizmalardan ilham alarak onların yapı, işlev, davranış gibi özelliklerini problemlerine çözüm üretmeleri için yüzyıllardır kullanmaktadırlar. Ovid'in aktadığı en eski Yunan efsanelerinden birinde, Daedalus ve oğlu Icarus'un ada hapishanelerinden kaçmak için kuşların uçuşunu taklit etme girişimine odaklanmışlardır. Rönesans döneminde yaşamış olan Leonardo da Vinci'nin en ünlü icatlarından biri ise yarasaların ve kuşların hareketlerini gözlemlemesinden sonra onların hareketlerini taklit eden bir makine tasarlamasıydı. Günümüze yakın zamanlarda ise İsviçreli mühendis olan George de Mestral, Alp Dağlarında yürüyüş yaparken köpeğinin derisinin üzerinde bulunan dikenli bir bitki olan pıtrağı fark etmiştir. Pıtrağın köpeğin derisine yapışma mekanizması ilgisini çekmiştir. Pıtrağın bağlanma şeklini inceledikten sonra bu

yapışma mekanizmasına uygun olarak bu işlevi taklit etmiştir. Bu ilham alınan özellik halk arasında cırt cırt olarak anılan bir yapı ile ayakkabı, çanta, pantolon ve kaban gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Lurie-Luke, 2014).

Kullanımı çok eskilere dayanmasına rağmen biyomimetiğin ya da biyomimikrinin kavramsallaştırılması ise kullanımına göre çok yenidir. Biyomimetik kavramı diğer bir deyişle biyomimikri, alan yazın incelendiğinde ilk olarak 1969 yılında Otto H. Schmitt adlı bilim insanı tarafından kullanılmıştır (Schmitt, 1969). Ancak 1997 yılında Janine Benyus tarafından yazılan "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" adlı kitabın bu kavramın yayılmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Benyus, 1997).

Biyomimikri, "bios" ve "mimesis" kavramlarından türetilmiş bir kavramdır. Bu iki kavramın kökeni ise Yunancadan gelmektedir. Yunancada 'bios' kavramı, hayat ve yaşam anlamına gelirken 'mimesis' kavramı ise takit ve benzetim anlamına gelmektedir (Benyus, 2022, s. 21).

Biyomimikri, doğanın kaynaklarının tüketilmesine değil, ondan neler öğrenebileceğimize dair yepyeni umut dolu yeşil bir çağı başlatmaktadır. Artık doğa hakkında öğrenmekten ziyade doğanın öğreticiliği ile onun öğrenmeye geçişi, zihinlerde yeni bir sorgulama yöntemine, yeni bir bakış açısıyla odak noktası olmaya ve hepsinden daha ziyade önemli olan ise yeni bir alçakgönüllülüğe geçişi ifade etmektedir (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter, ve Benyus, 2013, s. 81)

Biyomimikri, doğanın milyonlarca yılda oluşturduğu birikim baz alınarak çeşitli problemlere yönelik doğanın bilgeliğinde çözüm yolları aramaya dayanan, doğadan ilham alan, doğaya zarar vermeyen, onun çalışma prensipleri ile çalışan, çevreci yaklaşıma sahip olan bir yenilikçi mühendislik ve tasarım yaklaşımıdır. Hali hazırda doğada yaşayan canlılar doğayı taklit ederek yılların vermiş olduğu bu birikimleri kullanarak doğaya uyum sağlamaktadırlar.

Biyomimikri, doğadan ilham alınan derslerle insanlar için daha sağlıklı, sürdürülebilir teknolojik yeniliklerin icat edilerek uygulanmasını ifade etmektedir. Bu amaçla biyomimetik tasarımcılar veya diğer bir ifade ile "biyomimikler", sürdürülebilir bir çevre için sürdürülebilir tasarımlar ve teknolojiler yaratmak için canlıların doğal koşullara karşı geliştirdikleri adaptasyon stratejilerini kullanarak onları anlamaya, öğrenmeye ve taklit etmeye odaklanmaktadırlar (Biomimicry Institute, 2015).

Janine M. Benyus, biyomimikri kavramını "*yaşamın dehasının bilinçli öykünmesi*" olarak tanımlamaktadır. Buradaki "*bilinçli*" sözcüğü ile vurgulanmak istenen, doğadaki bir özelliğin amaca dayalı olarak kasıtlı bir şekilde transfer edilmesini ifade eder. "*Öykünme*" sözcüğü doğada yaşayan canlıların öğreticiliğinde onlardan öğrenmek ve edinilen bilgilerin insanların problemlerini çözmek için kullanmalarını açıklamaktadır. Son olarak "*yaşamın dehası*" sözcüğü ise hayatın, sınırlı kaynaklarla var olan bir gezegenin bu kısıtlamaları baz alınarak zamana direnebilen ve iyi bir şekilde adapte olmuş çözümlere ulaştığını kabul etmeyi açıklamaktadır (Biomimicry Institute, 2015). Doğa; mühendislere, insanların yaşamlarında karşılaşmış oldukları sorunlara yönelik biyolojiden alınan çözümlerin transfer edilerek benimsenmesi konusunda ilham kaynağı olmaktadır (Cho ve Wood, 2016).

Biyomimikri yaklaşımı çerçevesinden bakıldığında bu yaklaşım ile bağlantılı olan başka bir kavramda biyomimetik tasarım kavramıdır. Biyomimetik tasarım, biyolojik sistemlerin ayrıntılı olarak incelenmesi, sistemlerin işlevlerinin analizi, baz alınan modellerin o canlıdan soyutlanması, soyutlanan özelliğin ihtiyaç duyulan sorunun çözümüne aktarılması ve uygulanması ile pratik olarak çözülebilecek sorunları ortadan kaldırmak amacıyla biyoloji, teknoloji veya diğer yenilikçi alanların disiplinler arası işbirliği yapmaları şeklinde tanımlanabilir (Hayes, Desha ve Baumeister, 2020).

Biyomimetik, biyomimikri ve biyonik tasarım, organizmalara ait olan canlılık özelliklerini taklit etme ve bu özellikleri yenilikçi ürünlerin tasarımında uygulamaya dayanan yaklaşımlardır. Ancak birbirlerinden felsefi temeller olarak ayrılmaktadırlar. Özellikle Biyomimikri ve Biyomimetik birbiri yerine de kullanılsa da biyonik kavramı, diğer ikisinden ayrılmaktadır. Biyonikten farklı olarak bu iki kavramın "ethos" adı verilen etik ve ahlaki değerlere uygun olması ve sürdürülebilirliği vurgulamasıdır (Iouguina, Dawson, Hallgrimsson ve Smart, 2014). Biyomimetik tasarım ile "ekolojik inovasyon" veya "eko-inovasyon" olarak da anılan yaklaşım yoluyla çeşitli bilim alanlarına ait problemlere sürdürülebilir tasarım çözümleri sunulmaktadır (Chen ve Chen, 2014). Biyomimetik tasarım süreç becerilerinde temel strateji, biyolojik potansiyellerin tanımlanmasını ve bir şekilde bunları mühendislik problemleriyle ilişkilendirmeyi içermektedir. Biyolojiden mühendisliğe, özelliğin tanımlanması, analiz edilmesi, soyutlanması, uygulanması ve test edilmesini içeren bir dizi adımda biyomimetik tasarımsal süreçleri uygulayanlar iki büyük zorlukla karşılaşırlar: (1)"Mühendisler ve biyologlar farklı dilde konuşurlar" yani her iki grubun olaylara bakış açıları ve tanımlamaları farklılık göstermektedir; ancak biyomimetik,

sorunları biyomimetik tasarım süreç becerileri aracılığıyla çözmek için biyolojik çözümleri biyologlar ve mühendisler tercüme ederler ve (2)biyolojik evrimsel süreçlerin uyumuna yönelik potansiyeli olması gerekenden daha fazla tahmin edebilirler (Adriaens, 2019).

2.6.1. Biyomimetik Tasarım Süreci Basamakları

Biyomimetik tasarım süreci basamakları; tanımlama, biyolojikleştirme, keşfetme, soyutlama, taklit etme ve değerlendirme olmak üzere altı basamaktan oluşmaktadır. Biyomimetik tasarım süreci basamakları, Biomimicry Instute (2017) tarafından oluşturulmuştur. Bu basamaklar, Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Biyomimetik tasarım süreci basamakları. Biomimicry Institute. (2015). The Biomimicry Process. *Biomimicry Toolbox*. https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/ sayfasından erişilerek Türkçeleştirilmiştir.

2.6.1.1. Tanımlama Basamağı

Tanımlama basamağında bireylerin ya da takımların ele almak istedikleri belirli zorluğu veya problemi belirlemeyi içermektedir. Diğer bir ifadeyle tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar belirlenir. Bu basamakta, biyolojik çözümleri bulmaya başlamadan önce tasarımın bağlamını belirlemek ve anlamaya vurgu yapan problem tabanlı yaklaşım ile uyumludur. Bu basamak çok önemli bir basamaktır. Çünkü biyolojik stratejilerin keşfi için önemlidir. Başarılı bir biyomimetik tasarımın iyi ifade edilmiş tasarım problemi ile mümkün olacağı düşünülmektedir (Elibol, Dündar Türkkan ve Bezci, 2021; E. B. Kennedy ve Niewiarowski, 2018; Stevens, Whitehead ve Singhal, 2022). Bu basamağın amacı, tasarımın ne olduğu, kimin için tasarlandığı ve nerede kullanılacağının açıklanmasıdır. Bu basamakta gerekli araştırmalara da yer verilir. Tasarım hakkında gerekli araştırmaların ve öğrenme sürecinin yer aldığı aşamadır. Bu araştırmalar, çeşitli kaynaklardan olabileceği gibi uzmanlardan da yardım almayı içerebilir. Ayrıca bu basamakta tasarım problemi sorularla ifade edilir. Bu basamak acele edilmeden tasarım problemi iyice tanımlandığında diğer basamağa geçilebilir (Biomimicry Institute, 2017).

2.6.1.2. Biyolojikleştirme Basamağı

Tasarım probleminin tanımlanmasının ardından bu açıklamaların biyolojik bir dile dönüştürülmesini içermektedir. Bu duruma biyolojikleştirme denilmektedir. Bu ifade aslında tasarım problemlerinin çözümünde doğadan ilham almayı mümkün kılan adımdır. Bu basamak, tasarım problemine yönelik ortaya konması düşünülen temel yapılarla ve işlevlerle tasarımın kullanılacağı ortamı analiz etmektir (Kennedy ve Niewiarowski, 2018). Bu basamakta tanımlama aşamasında sorulan soruların "doğa/doğada nasıl?" sorularıyla yeni sorular sorulur. Bu şekilde sorular biyolojikleştirilerek yanıtlarının doğada aranması kolaylaşır. Bu basamakta tek başına soru sorulması yeterli değildir. Bu soruların yapılarla, işlevlerle ve bağlam ile ilişkilendirilmesi önemlidir. Sorular çeşitli kombinasyonlarla ve zıt anlamlarla yeniden sorularak doğadan aranacak yanıtın kolaylaşması sağlanır. Çünkü bazen aranan bir işlev ya da yapıyı zıttı ile bulabilmek daha kolaydır (Biomimicry Institute, 2017). Ayrıca, bu basamak, biyolojik çeşitliliğin farkında olmanın yanı sıra biyolojik işlevleri tasarımın kriterlerine ve kısıtlamalarına dönüştürme becerisi gerektirir. Bu durum da genellikle karmaşık olabilen bir görevdir (Rowland, 2017).

2.6.1.3. Keşfetme Basamağı

Biyomimetik, biyolojik bilgilere dayanan eşsiz bir tasarım yaklaşımıdır. Bu nedenle biyolojik modelleri ve stratejileri keşfetmek tasarımcılar için olmazsa olmaz bir beceridir. Keşfetme basamağı, tasarımcının doğayla iç içe olduğu ve doğayı gözleyerek onun yüzyıllardır var olan birikimini tasarım probleminin çözümüne yönelik keşfetmesidir. Bu durum yalnızca doğada değil kitaplar ve çevrimiçi kaynaklar yoluyla da sağlanabilir. Buradaki amaç, çevredeki canlıları yakından gözlemleyerek "doğa bilimci zihniyetini" kazanmaktır. Doğa bilimciler iyi gözlemcidirler. Bu insanların gözlemlerinden elde ettikleri eksiz çizimleri ve notlar aldıkları günlükleri vardır. Ayrıca AskNature adı verilen internet sayfasından doğaya çıkmadan canlılara ait yapı, işlev ve biyolojik stratejilere ulaşabilmek mümkündür. Böylece bu basamakta, tasarım probleminin çözümü doğada aranmaktadır (Biomimicry Institute, 2017).

2.6.1.4. Soyutlama Basamağı

Soyutlama basamağı, temelde tasarım probleminin çözümüne yönelik biyolojik dildeki bilgilerin tasarım diline dönüştürülmesidir (Stevens, Fehler, Bidwell, Singhal ve Baumeister, 2022). Bu basamak esasen biyomimikri tasarım basamaklarının en zor basamağıdır. Bu durumun nedeni ise biyolojik olarak var olan yapının, işlevin ve biyolojik stratejinin tasarım diline dönüştürülmesinde biyoloji bilgisinin önemidir. Biyolojiyi bilmeden bu basamakta başarılı olmak zor olabilir. Bu nedenle bu konuda bir uzmandan yardım alınması gerekmektedir. Bu basamakta, keşfetme basamağında ortaya konan biyolojik strateji özetlenerek başlanır. Ardından bu stratejinin çizimi yapılır. Stratejide yer alan yapılara ve işlevlere ilişkin anahtar kelimeler belirlenir. Bu anahtar kelimelerden yola çıkılarak tasarım stratejisi yazılarak ifade edilir. Tasarım stratejisi yazıldıktan sonra ise yazıma uygun olarak bu stratejinin çizimi yapılır. Son olarak bu çizim gözden geçirilerek basamak sona erer (Biomimicry Institute, 2017; Rovalo ve McCardle, 2019).

2.6.1.5. Taklit Etme Basamağı

Taklit etme basamağında, tasarım probleminin çözümüne yönelik doğadan ilham alınır. Bu doğrultuda öncelikle tasarım stratejisi ortaya konarak bu stratejide belirlenen ortak ve farklı

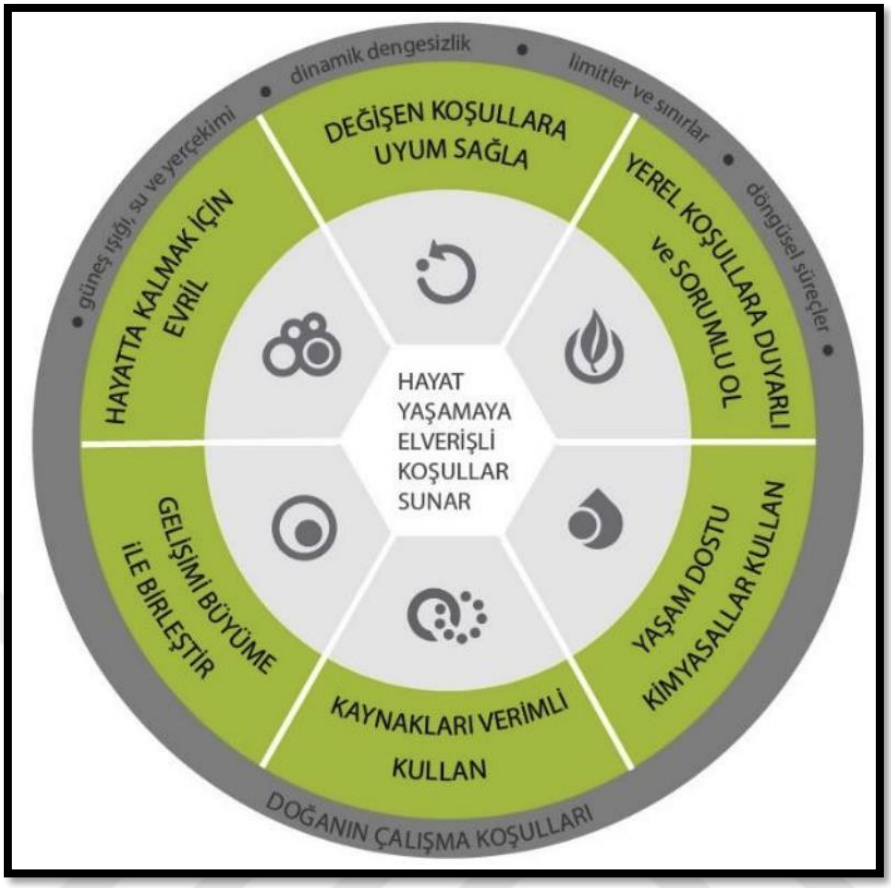
noktalara odaklanılır. Tasarım probleminde ortaya konan kriterler ve kısıtlamalar takım tarafından beyin fırtınası ile karşılanacak şekilde fikirler ortaya atılır. Bu tasarım fikirleri, beyin fırtınası, zihin haritalama veya çizim yapma gibi teknikler kullanılarak daha fazla tasarım fikrine ulaşılmaya çalışılır. Doğada tasarım problemine benzer problemlerin nasıl çözüldüğüne odaklanılır. Bu yolla tasarım çözümüne ulaşılmaya çalışılır (Biomimicry Institute, 2017; Hinkelman, Yang ve Zuo, 2023).

2.6.1.6. Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağı, tasarım probleminin kriterleri ve kısıtlamaları ne düzeyde karşıladığını değerlendirmeyi içermektedir. Diğer bir ifadeyle bu basamakta, geliştirilen tasarım çözümünün tasarım problemini ne ölçüde çözdüğüne yönelik incelemeleri kapsamaktadır (McGregor, 2013). Ancak bu basamak, biyomimetik tasarım sürecinin son basamağı olarak görülse de süreç yinelemelidir. Uygulanabilir çözümün elde edilmesine kadar önceki adımlara dönülüp eksiklerin giderilip yeniden gözden geçirilmesini içerebilmektedir (Biomimicry Institute, 2017).

2.6.2. Yaşam İlkeleri

Biyomimikride yer alan yaşam ilkeleri, doğada görülen sürdürülebilir stratejiler taklit edilerek oluşturulan kapsamlı bir kılavuzdur. Bu ilkeler, insanların oluşturdukları tasarımları değerlendirmek ve onlara ilham vermek, mühendislik sistemlerinin ve ürünlerinin doğanın milyarlarca yıl boyunca oluşturduğu süreçlerin verimli, dayanıklı ve uyarlanabilir stratejilerle uyumlu olmasını sağlamak için ortaya konmuştur (McGregor, 2013; Stevens, Fehler, Bidwell, Singhal ve Baumeister, 2022).



Şekil 5. Biyomimikri 3.8'in yaşam ilkeleri lensi. Öztoprak, Z. (2020). Yaşamın İlkeleri ile Kenti Yeniden Düşünmek: Biyomimikri Temelli Bir Yaklaşım. *İdealkent Dergisi*, *11* (Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı), 1180-1204 kaynağından erişilmiştir.

Yaşamın ilkeleri lensinde temel strateji olarak doğanın bu stratejilerin uygulanmasına imkân veren nitelikleri ve aksiyonları bulunmaktadır. Bu lens, ürünlerin tasarlanmasından pazarlanmasına kadar oldukça fazla çalışma alanında çözüm veya çözümler ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır (Öztoprak, 2020).

Yaşam ilkeleri lensinde de görüldüğü üzere en dış kısımda doğanın çalışma koşullarına vurgu yapılmaktadır. Doğanın çalışması; güneş ışığı, su ve yer çekimi gibi fiziksel özellikler, dinamik dengesizlik ve döngüsel süreçlerle ilişkilidir. Yaşam ilkeleri temel olarak birbiri içerisine organize edilerek yerleştirilmiştir. Ortak olan ilkeler başlıklar altında toplanmıştır. Bu başlıklar, hayatta kalmak için evrimleşmek, değişen koşullara uyum sağlamak, yerel koşullara duyarlı ve sorumlu olmak, yaşam dostu kimyasallar kullanmak, kaynakları verimli kullanmak, gelişimi büyüme ile birleştirmek şeklindedir. Bu ilkelerin temelinde ise tüm canlılar için yaşamaya elverişli koşullar sunmaktır.

Yaşam ilkeleri, tasarım sistemlerinin kaynakları verimli kullanmasını ve oluşan atıkları en aza indirecek şekilde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Doğa oluşan bir atık, diğer sistemler için besin haline gelerek döngüsel süreçler işlemektedir. İnsan sistemlerinin tüketim odaklı olmaması gerekmektedir. Bu durumun yerine yaşam ilkelerinde ekosistemlerde olduğu gibi kapalı devre döngülerinin taklit edilerek yeni bir model benimsenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Ariffin ve Gad, 2017; Stevens, Fehler, ve diğerleri, 2022).

Yaşam ilkeleri canlıların hayatta kalmak için doğayla uyum içinde olması gerektiğini de vurgulamaktadır. Dolayısıyla yaşam ilkeleri, tasarımların da canlıların hayatta kalmak için doğaya uyum sağlamasına benzer şekilde değişen çevre koşullarına uygun olarak yanıt verebilmesi gerektiğini belirtmektedir (McGregor, 2013; Stevens, ve diğerleri, 2022). Bu uygun olma durumu genellikle tasarımların çevresel koşullara karşı direnç göstermesine ve olumsuz durumları bertaraf etme kapasitesine odaklanan stratejilere dönüşür. Bu durumda da ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uzun vadede daha çok yaklaşmalarını sağlamaktadır.

Yaşam ilkelerinin tümüne tasarımlarda yer verilmesi durumunda ortaya konan ürünler doğa dostu ve sürdürülebilir ürünler olması beklenmektedir (Öztoprak, 2020). Dolayısıyla da erken yaşlardan itibaren öğrencilere bu bilincin kazandırılması gelecek kuşaklara yaşanabilir bir doğa bırakmak adına önemlidir. Ayrıca ülkelerin ekonomik, biyolojik vb. kaynaklarının daha verimli kullanılmasını ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine daha kolay ulaşılmasını sağlar.

2.7. Mühendisliğin Doğası

Mühendisliğin fen eğitimine entegre edilmesiyle Yeni Nesil Bilim Standartları'nın (NGSS) tanıtılmasıyla bu durumun eğitimin reformunda önemli olduğu düşünülmektedir. NGSS, incelendiğinde mühendislik kavramlarına yönelik bilimsel araştırma ve sorgulamanın ve mühendislik tasarım sürecinin birbiriyle kesişim halinde olduğunu ve önemini vurgulamaktadır. Mühendislik uygulamalarının ortaokul öğretim programlarına dahil edilmesinin öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirerek süreç içerisinde elde ettikleri bilgilerini çeşitli bağlamlarda kullanmalarına yardımcı olduğunu göstermektedir (Boesdorfer ve Staude, 2016; Gale, Koval, Ryan, Usselman ve Wind, 2018).

Uluslararası araştırmaların yanı sıra mühendislik, Türkiye'de de fen bilimleri öğretim programına 2018 yılında fen ve mühendislik uygulamaları şeklinde dahil olmuştur. Bu programa göre mühendisliğin insanların ihtiyaçları doğrultusunda tasarım yapmaya dayanan uygulama süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu uygulamaların öğrencilerin mühendislik, bilim ve teknoloji arasında disiplinler arası bağ kurmalarına imkan vererek yaşantılarının gelişimine yardımcı olacağı vurgulanmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Ardından 2025 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli adındaki öğretim programında bütüncül bir öğretim yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda öğretim programı çeşitli becerilere ayrılarak model açıklanmıştır. Bu becerilerden biri de tasarım becerileridir. 2018 yılındaki mühendislik uygulamalarından daha kapsamlı olarak mühendislik, biyomimikri, STEM, STEAM gibi tasarım yaklaşımlarından yola çıkılarak tasarım becerileri tanımlanmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2025). Bu bakımdan incelendiğinde 2018 ve 2025 öğretim programlarında mühendislik ve tasarım süreçlerine yönelik vurguların yapıldığı görülmektedir.

Mühendisliğin yapısına benzer konuları içermesinden dolayı mühendisliğin doğası, bilimin doğasına benzetilerek kavramsallaştırılmıştır. Bu kavramsallaştırmada mühendisliğin nasıl tanımlandığı, nasıl çalıştığı, mühendislerin tasarım sürecini nasıl gerçekleştirdikleri, mühendisliğin ve bilimin çalışma alanları arasındaki ilişkiyi, mühendisliğin toplumdan nasıl etkilendiği ve toplumu nasıl etkilediği konularına odaklanılmaktadır (Pleasants ve Olson, 2019).

Ortaokul düzeyinde öğrencilerin eğitiminde mühendisliğin doğasının kavramlarına ve tanımlanmasına yönelik bir fikir birliği bulunmamaktadır (Karataş, Bodner ve Unal, 2016). Mühendisliğin doğasına yönelik olması gereken yönler, (1) mühendislik çözümlerinin geçici olması, (2) yaratıcılık, hayal gücü ve diğer disiplinlerden gelen bilgilerin bütünleştirilmesi, (3) güncel bilimsel ve matematiksel teorilerin kullanılması ve önceki tecrübelerinden ders çıkarmak, (4) belirli kriterlere ve kısıtlamalara etik hususları göz önüne alarak karar verme, (5) sosyal ve kültürle iç içe olduğu, (6) insan istek ve ihtiyaçlarını odağa alması, (7) bütüncül düşünmeyi gerektirir, (8) bir soruna birden fazla çözüm önerme şeklinde ifade edilmektedir (Deniz, Kaya, Yesilyurt ve Trabia, 2020; Karatas, 2009). Başka bir araştırmada ise mühendisliğin doğasının yönleri, (1) bir soruna birden fazla çözüm yolunun olması, (2) mühendislik tasarımları yaratıcılığa dayalıdır, (3) mühendislik tasarımlarında başarısızlıktan dersler çıkarılarak yinelemeli olarak mühendislik tasarım süreci ile ulaşılmaktadır, (4)

mühendislik tasarımları matematiksel, görsel ve fiziksel modellemelerle gerçekleştirilir, (5) mühendislik tasarımları iletişime dayalıdır, (6) mühendislik tasarımları belirli kriterlere ve kısıtlamalara göre değerlendirilir, (7) mühendislik tasarımları, iş birliğine ve takım çalışmasına bağlıdır, (8) mühendislik, bilim ve diğer disiplinlerle benzerliklere sahip olan benzersiz bir bilgi edinme yoludur (Deniz ve diğerleri, 2020; Hartman, 2016). Bu iki araştırma incelendiğinde bazı yönlerin benzer özellik gösterdiği görülmektedir. Bunlar, önceki başarısızlıklarından ders çıkarmak, yaratıcılık, tasarımlarda matematiksel ve bilimsel teorilerin kullanımı, kriterlerin ve kısıtlamaların kullanımı ve mühendislik tasarımların birden fazla çözüm yolunun olması şeklinde sıralanabilir.

2.8. Karar Verme Becerileri

Karar verme becerisi, özellikle değişen günümüz dünyasında karmaşıklaşan seçenekler arasından birinin bireyler tarafından etkili bir şekilde seçimine dayanan karar verme sürecini içeren bir beceridir. Bu beceri, kişisel yaşamdan iş yaşamına kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan birisi de eğitim alanıdır. Etkili karar verme çok boyutlu bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bu doğrultuda mantıklı bir değerlendirme ve eleştirel düşünmeyi gerektirmektedir.

Karar verme, bireylerin tüm yaşamı için gerekli olan eleştirel ve öğrenilebilen bir bilişsel süreçtir. Karar verme sürecinde, insanlar etkin olarak yer alırlar ve karar verme sonucunda olumlu kazanımlar elde edebilirler. Dolayısıyla, karar verme süreci ve bu sürecin etkin bir şekilde yürütülmesi kişilerin yaşam süresini, yaşam kalitesini ve kişilerin birbirleriyle olan ilişkilerini etkileyebilir (Colakkadioglu ve Celik, 2016).

Karar verme, bir problemi çözüme kavuşturmak, karar alınacak problemle ilgili seçenekleri oluşturmak ve bunların arasından en uygun seçeneği seçmek için gerekli bilgilerin toplanma süreci şeklinde tanımlanabilir. Karar verme, aniden gelişen bir durumdan öte bir problem ya da ihtiyacın giderilmesine ilişkin bir süreci ifade etmektedir (Samancı ve Mazlumoğlu, 2023).

Karar verme sürecinin öğrenilebilen bir süreç olması nedeniyle öğrencilerde bu becerinin kazandırılması önemlidir. Bu becerinin kazandırılmasının uzun vadeli olarak öğrencilerde faydalı olduğu alan yazında belirtilmektedir. Weller, Moholy, Bossard ve Levin (2015), daha küçük yaşlarda başlayan karar verme becerisine ilişkin eğitimin yetişkinlikte sosyal ve sağlık

açısından daha başarılı performanslara dönüşebileceğini ifade etmektedirler. Pekdoğan ve Ulutaş (2018) ise bu eğitimlerin okul öncesi dönemden başlanarak tasarlanan öğretim programlarının bu yaştaki çocukların bilişsel ve karar verme becerilerini harekete geçireceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle öğrencilerin uygun eğitim yaklaşımlarına maruz bırakılması gerekmektedir.

Mühendislik tasarım sürecinde karar almanın merkezinde Herbert Simon'un zekâ, tasarım ve seçim adlı üç temelden oluşan yapılandırılmış yaklaşımı yer almaktadır. Bu yaklaşım, mühendislerin problemleri belirlemesine, bu probleme yönelik çözümler sunmasına ve problemlerine en uygun olan çözüm önerilerinden birinin seçilmesine yardımcı olmaktadır (Prilandita, McLellan ve Tezuka, 2016). Meyer (2018)'e göre eğitimcilerin mühendislik tasarım sürecine yönelik etkinliklerde öğrencilerin karar verme süreçlerinin öğrenme ve bireysel gelişimlerini nasıl etkilediğini anlamaları kilit role sahiptir. Bu durum, eğitim ortamlarında karar verme becerilerinin gelişimine ve bu alanda gerçekleştirilecek daha iyi etkinliklerin tasarlanmasına katkı sağlayacaktır (Meyer, 2018).

BÖLÜM III

YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışma grupları, ölçme aracının geliştirilme süreci, veri toplama araçlarının uygulanması, geçerlik ve güvenirlik çalışmaları, demografik değişkenlere göre verilerin analizinde kullanılan istatiksel yöntem ve tekniklere ilişkin bilgiler alt başlıklar halinde yer verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu araştırma karma yöntem yaklaşımıyla yürütülmüştür.

Karma yöntem, bir çalışmada nitel ve nicel araştırma desenlerinden elde edilen verilerin birleştirilmesini veya bütünleştirilmesini içeren bir yaklaşımdır (Creswell ve Creswell, 2021, s. 14). Diğer bir ifadeyle karma yöntem araştırma yaklaşımı, araştırma probleminin anlaşılması için tek bir araştırma veya bir araştırma dizisi içerisinde hem nicel hem de nitel verilerin toplama, analize tabi tutma ve bir araya getirme yöntemidir (Creswell, 2020, s. 697).

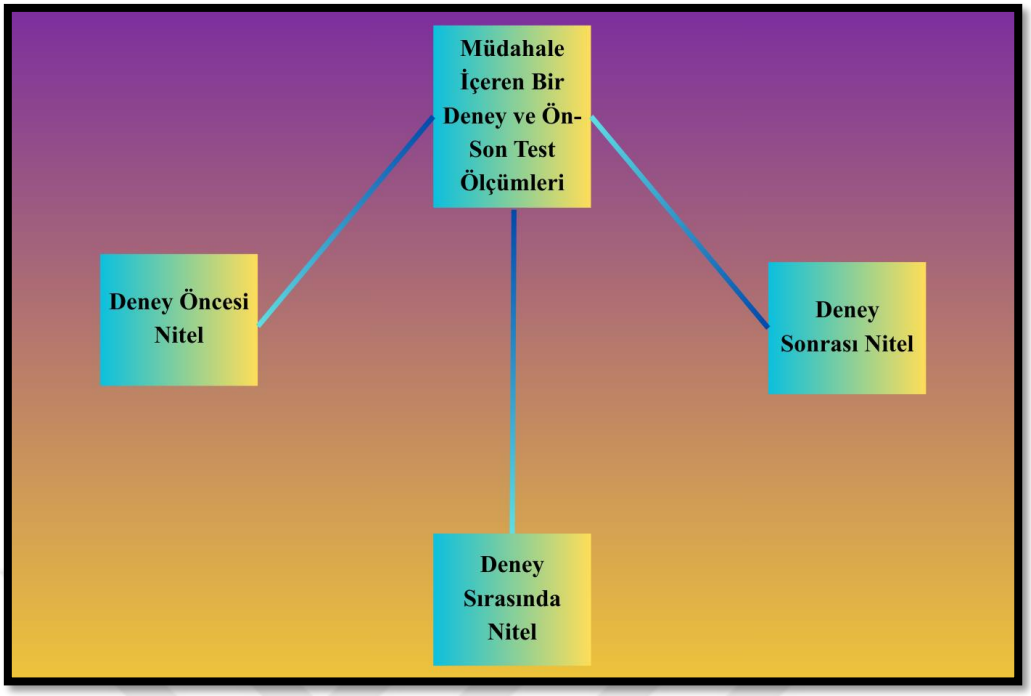
Karma yöntem araştırma yaklaşımını kullanmanın güçlü yanları Creswell ve Plano Clark, (2020, s. 14-15) tarafından şu şekilde bildirilmiştir:

- Hem nitel hem de nicel araştırma desenlerinin zayıf yönlerini telafi etmektedir.

- Karma yöntem araştırma yaklaşımı, bir araştırma problemine yönelik nicel veya nitel araştırma deseninin tek başına sunduğuna kıyasla daha fazla kanıt sunar.
- Karma yöntem araştırması yaklaşımı, yalnızca nicel ya da nitel araştırma deseni ile açıklanamayacak olan araştırma sorularının yanıtlanmasına imkân vermektedir.
- Karma yöntem araştırması yaklaşımı, belirli dünya görüşünün nicel araştırma desenleriyle, bazılarının da nitel araştırma desenlerinde kullanılması yerine çoklu paradigmaların kullanımını teşvik etmektedir.
- Karma yöntem araştırması yaklaşımı, araştırmacının bir araştırma problemini açıklamaya ilişkin var olan yöntemlerin tümünü araştırmasına yansıtabilmesi bakımından uygulanabilirdir.

Karma yöntem araştırması yaklaşımında kullanılan desenleri temel ve gelişmiş desenler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Temel desenleri birleştirme (çeşitleme), açıklayıcı ardışık ve keşfedici ardışık desenden oluşmaktadır. Gelişmiş desenleri ise müdahale, sosyal adalet ve çok aşamalı değerlendirme desenlerinden oluşmaktadır (Creswell, 2021, s. 36). Bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden keşfedici durum çalışması ve nicel araştırma desenlerinden zayıf tek grup ön-son test ile birleştirilmiştir. Zayıf deneysel desende var olan sürece müdahale edilmesinden ötürü araştırmada gelişmiş karma yöntem desenlerinden müdahale desenine yer verilmiştir. Bu desende temel tasarım, araştırma sürecine bir müdahalenin (deney) işe koşulmasıdır. Araştırmacılar, bu yolla işe koşulan müdahalenin (deney) herhangi bir anında nitel verileri de ekleyerek müdahalenin (deney) etkisini anlamlandırmaktadırlar.

Bu kapsamda özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının incelendiği bu araştırmada, geliştirilen etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerine ve mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerine etkisini belirlemek ve BMTD, Biyo-MTS ve ürünlerindeki performanslarını nasıl değiştirdiğini derinlemesine incelemek üzere bu araştırmada karma yöntem araştırması müdahale (deneysel) desene yer verilmiştir.



Şekil 6. Müdahale Deseni. Creswell, J. W. (2021). *Karma yöntem araştırmalarına giriş*. (İ. H. Acar, Çev.) (3. baskı.). Ankara: Pegem Akademi kaynağından erişilmiştir.

Deneysel araştırmalar, araştırma sürecinde yer alan değişkenler arasında neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmeye çalışıldığı bir araştırma şeklidir (Keser Özmantar, 2020, s. 60). Deneysel araştırmalarda yalnızca gerçek deneysel desenlerde örneklem havuzundan seçkisiz atamayla gruplar belirlenir. Deneysel araştırma türlerinden birisi de zayıf deneysel desenlerdir. Zayıf deneysel desenler, eğitim alanında yapılan araştırmalarda şartların elverişsiz olması, insan kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda zorunlu hallerde veri türlerini destekleme amacıyla kullanılabilmektedir (Akbay, 2021, s. 163). Zayıf deneysel desenlerde genel olarak tek grupla ve ön-test ve son-test uygulamasıyla araştırma süreci yürütülür (Keser Özmantar, 2020, s. 62). Araştırmada BİLSEM'lerde eğitim alan tek bir grupla farklı yaş düzeyinde yer alan özel yetenekli öğrencilerle derinlemesine çalışılması nedeniyle zayıf deneysel desene yer verilmiştir. Deneyden önce ve sonra bu gruba "Karar Verme Becerileri Testi" ve "Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu" uygulanmıştır. Bu nedenden ötürü zayıf deneysel desenden ön-test son-test deseni kullanılmıştır. Bu desende seçkisiz atamaya yer verilmemektedir. Ön test uygulaması yapıldıktan sonra denel işlem uygulanmaktadır. Sürecin sonunda ise son test uygulaması yapılarak testlerin analizi

yapılmaktadır. Testlerden elde edilen analizlere göre kullanılan deneysel işlemin tek grupta anlamlı bir farkı oluşturup oluşturmadığı ortaya konmaktadır (Keser Özmantar, 2020, s. 62).

Müdahale sürecinde araştırmada nitel araştırma yöntemine yer verilmiştir. Nitel araştırma, sosyal olayları, var oldukları bağlam içerisinde (ortam, kültür, tarihsel geçmiş vb.) araştırılmasını ve anlaşılmasını odağa alan bir yaklaşımdır. Nitel araştırma yaklaşımı, daha önce bu konu hakkında ortaya konmamış bazı sonuçların birbirleriyle olan ilişkisini anlamaya ve anlamlandırmaya çalışan ve bu durumu açıklayan bir model olarak tanımlanabilir. Nitel araştırma ile araştırma süreci boyunca araştırmacının esnek olmasına yardımcı olmaktadır. Böyle esnek araştırma faaliyetlerinde bulunan araştırmacı, topladığı verilere göre araştırma sürecini yeniden gözden geçirerek aksayan yönlerini biçimlendirebilmektedir. Bu yaklaşımın kullanılmasının en önemli yanı ise araştırılan problem durumuna yönelik olarak birbirleriyle etkileşimde bulunan bireylerin bakış açılarından olayları görebilmeyi sağlar. Ayrıca bu fikirlerin oluşumunu sağlayan bağlam ve süreçlerin ortaya konmasını sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2021, s. 37).

Özel yetenekli öğrencilerin birbirleriyle olan etkileşimleri uzun süre boyunca ve derinlemesine incelenmek amacıyla nitel araştırma yaklaşımlarından biri olan keşfedici durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum çalışması, bir bireyin, grubun veya kültürel durumun anlaşılması, tanımlanması, tahmin edilmesi veya kontrol edilmesini sağlayan bir nitel araştırma desenidir (Akar, 2019).

Durum çalışması, karmaşık konuların keşfedilmesinde ve daha anlaşılır hale getirilmesinde kullanılan bir araştırma desenidir. Bu desen, bireylerin, konuların, problemlerin veya yeni programların çok yakından irdelenmesine imkân vermektedir. Pek çok sosyal bilim alanında durum çalışmasından yararlanılmaktadır. Bu alanlardan birisi de eğitim bilimleridir. Örneğin, belirlenen yeni bir fen bilimleri öğretim programının öğrencilerde amaçlanan hedeflere ulaşıp ulaşmadığını, verimli olup olmadığını ortaya koymak açısından çok önemli yere sahiptir (Güçlü, 2021, s. 363).

Durum çalışması deseninin kullanılabilmesi için en az üç önemli hususun bulunması gerekir. Birincisi ve en önemli olanı, problem durumunun "ne oluyor ya da ne oldu?" gibi betimleyici bir soruyla veya "bir şeyler nasıl ya da neden oldu?" gibi açıklayıcı bir soruyla başlaması halinde kullanılması gerekir. İkincisi, bu desende gerçek dünya bağlamında bir olay, olgu veya durumun çalışılması halinde toplanacak verilerin doğal ortamlardan elde edilmesini

tercih etmektedir. Son olarak ise değerlendirme yapılmasında günümüzde pek çok alanda yaygın bir şekilde kullanılabilmesidir (Yin, 2017, s. 5).

Durum çalışması deseni türlerinden birisi de keşfedici durum çalışmasıdır. Keşfedici durum çalışması, ayrıntılı ön araştırma eksikliğinin olduğu ve metodoloji seçimini sınırlayan belirli bir araştırma ortamı ile karakterize edilen farklı durumları araştırmaktadır. Keşfedici durum çalışması türü, araştırma sorularının açıkça tanımlanmadığı ve formüle edilmediği görece yeni bir bilimsel araştırma alanını araştıran genel nedensel veya açıklayıcı bir araştırma tasarımının ön adımı olarak sıklıkla uygulanmaktadır (Mills, Durepos ve Wiebe, 2010, s. 372). Bu araştırmada keşfedici durum çalışması deseninin kullanılma nedeni, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin nispeten yeni bir yaklaşım olmasıdır.

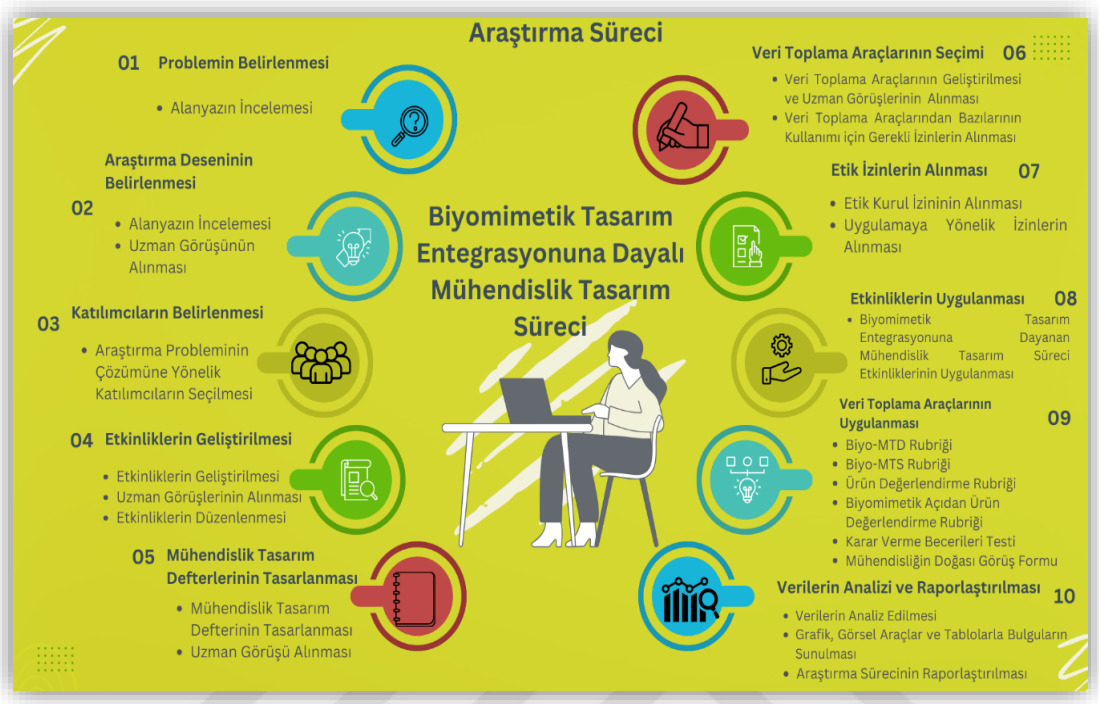
Keşfedici durum çalışmasının en temel ve önemli amacı, daha öncesinde bilinmeyenin araştırılması olduğu için bu araştırma alanındaki sorunları kolayca ortaya çıkaran durumlardan çokça yararlanmaktadır. Tek durum çalışmaları da dahil olmak üzere tek tek ayrıntılı gözlemlerden genel gözlemlere doğru devam eden tümevarımsal olarak kullanılan yaygın bir uygulamadır. Bu durum, özellikle araştırmacının veri toplaması açısından belirli sınırlılıklar veya analiz edilen durum açısından kısıtlayıcı bir araştırma ortamıyla karşı karşıya kaldığında geçerli olmaktadır. (Mills ve diğerleri, 2010, s. 372). Keşfedici durum çalışmasının bir diğer amacı ise sosyal kavramları doğal ortamında gözlemleyerek bir durumu keşfetmektir.

Keşfedici durum çalışması, genel olarak açıkça belirtilmemiş ve hipotezlerin ortaya konabilmesi için hala veri gerektiren bir araştırma bağlamında uygulandığından, araştırmacı tarafından gerek duyulan bilimsel geçerlilik ve güvenilirlik kriterlerinin yerine getirilmesi sonucunda araştırmacıya, araştırma tasarımı ve veri toplama konusunda çok büyük oranda esneklik ve bağımsızlık sağlamaktadır. Bu nedenle, keşfedici bir durum çalışması, nitel veya nicel olması konusunda sınırlı tutulmamaktadır (Mills ve diğerleri, 2010, s. 372).

3.2. Araştırma Süreci

Araştırmacıların araştırmalarının tasarlanmasında veya desenlenmesinde vurgulamaları gereken bir dizi durum vardır. Bu durumların ayrı ayrı tanımlanması gerekmektedir. Araştırmanın her aşamasını mümkün olduğunca ayrıntılı olarak planlamak araştırmanın

başarılı bir şekilde ilerlemesini ve sonlandırılmasını sağlar (Cohen ve diğerleri, 1980). Bu kısımda araştırma sürecine yönelik bilgilendirme yapılmıştır.



Şekil 7. Araştırma süreci

Araştırma sürecine problemin belirlenmesi ile başlanmıştır. Alan yazın incelemesi ile fen eğitimi alanında ihtiyaç duyulan bir araştırma problemi belirlenmiştir. Bu problemin sınırlarının belirlenmesi için alan yazın incelemesine devam edilmiştir. Alan yazın incelemesi sonucunda araştırma problemi hakkında elde edilen veriler doğrultusunda danışman ve Tez İzleme Komitesi başta olmak üzere fen eğitiminde uzmanlaşmış insanların görüşleri alınmıştır. Alan uzmanlarının görüşleri doğrultusunda belirlenen araştırma probleminin çözümüne yönelik çalışılması düşünülen katılımcı grubuna karar verilmiştir. Ardından katılımcı grubunun özelliklerine uygun olacak şekilde ders planı ve etkinlikler tasarlanmıştır. Ders planı ve etkinlikler, fen eğitimi alan uzmanlarına, program geliştirme alanında bir uzmana ve ölçme ve değerlendirme alanında bir uzmana gönderilerek görüş alınmıştır. Uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda ders planının ve etkinliklerin nihai haline karar verilmiştir. Ders planı ve etkinliklere uygun olacak şekilde mühendislik tasarım defterleri hazırlanmıştır. Hazırlanan defterler hakkında tez izleme komitesindeki uzmanlardan görüş alınmıştır. Ders planına ve etkinliklere uygun veri toplama araçları

belirlenmiştir. Bu veri toplama araçları öğrenme çıktılarına uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan veri toplama araçlarına yönelik iki ayrı uzman grubundan görüş alınmıştır. Alınan görüşler doğrultusunda ilgili veri toplama araçlarında düzenlemeler yapılmıştır. Araştırmacı tarafından hazırlanmayan veri toplama araçlarının araştırmada kullanılması için ilgili araştırmacılardan bu araçların araştırmada kullanımı konusunda mail yoluyla izin alınmıştır. Tüm veri toplama araçlarının kullanımı için ise Gazi Üniversitesi Etik Kurul Komitesi'nden ve uygulamanın yapıldığı il olan Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır.

3.2.1. Araştırmanın Uygulama Süreci

Araştırmanın uygulanması 2023-2024 eğitim ve öğretim yılında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın uygulama süreci 22 Kasım 2023 Çarşamba günü başlamış olup 12 Haziran 2024 Çarşamba günü ise sona ermiştir. Araştırmanın uygulama sürecinde tek grup halinde 15 özel yetenekli öğrenci ile çalışılmıştır. Uygulamalar, araştırmanın gerçekleştirildiği bilim ve sanat merkezinde STEM Eğitimi Atölyesi açılarak haftada dört ders saati olacak şekilde planlanmıştır. Ders planı, tasarım problemine yönelik bir modül şeklinde hazırlanmıştır. Bu modülde yer alan tüm etkinlikler için 21 haftalık etkinlik ve tasarım sürecine yer verilmiştir. Ayrıca araştırmada kullanılan nicel veri toplama araçlarından elde edilen ön ve son testlerle birlikte araştırma süreci 23 haftayı bulmaktadır. Etkinlikler, biyomimetik ve mühendislik tasarım sürecine uygun olarak yürütülmüştür. Özel yetenekli öğrencilerin kura yoluyla cinsiyet, sınıf düzeyi gibi değişkenler açısından homojen olacak şekilde takımlara ayrılmıştır. Bu takımlardan biri üç, diğerleri ise dört öğrenciden oluşmaktadır. Üç kişilik takım üyesine sahip olan Geleceğin Mühendisleri Takımı, araştırmanın başında 4 öğrenciden oluşmaktaydı. Kız öğrencilerden birinin özel bir sebep nedeniyle araştırmadan ayrılma kararı almıştır. Araştırmanın uygulama sürecinde ilerlenmesi nedeniyle yeni bir katılımcı alınmamıştır. Dolayısıyla bu takım üç kişi olarak süreci tamamlamıştır.

Araştırmanın uygulama süreci özetlenmiş olarak Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Araştırmanın Uygulama Sürecinin Haftalara ve Ders Saatlerine Göre Dağılımı

Hafta	Aşama	Ders Saati	Etkinlikler
1	Uygulamanın Başlangıcı	1-4	• Tanışma ve Araştırma Süreci Hakkında Bilgilendirme • Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formunun Ön Testinin Uygulanması • Karar Verme Becerileri Testinin Ön Testinin Uygulanması
2	Hazırlık	5-8	• Mühendislik Tasarım Sürecinin Tanıtımı
3	Hazırlık	9-12	• Biyomimikri Öğretimi-1
4	Hazırlık	13-14	• Biyomimikri Öğretimi-2
5	Hazırlık	15-16	• Yapıyı Keşfediyorum-1
5	Hazırlık	17-18	• Yapıyı Keşfediyorum-2
6	Hazırlık	19-20	• Yapıyı Keşfediyorum-3
6	Hazırlık	20-23	• Yapı ve İşlev İlişkisi
7	Hazırlık	24-27	• Tasarımcılar Doğadan Nasıl İlham Alırlar?
8	Hazırlık	28-31	• Biyomimetik Tasarım Sürecinin Tanıtımı
9	Tanımlama	32-35	• Tasarım Probleminin Tanımlanması
10	Öğrenme	36-39	• Kütleyi ve Hacmi Ölçüyorum
11	Öğrenme	40-43	• Yoğunluğu Hesaplıyorum
12	Planlama	44-47	• Tasarım Zorluğunu Belirleme ve Biyolojikleştirme Basamağı
13	Planlama	48-51	• Keşfetme Basamağı
14	Planlama	52-55	• Soyutlama Basamağı
14	Planlama	56-59	• Taklit Etme Basamağı
15	Planlama	60-63	• Değerlendirme Basamağı
16	Planlama	64-67	• Değerlendirme Basamağı
17	Deneme	68-71	• Tasarım Ürünü Oluşturma (Prototipleme)
18	Deneme	71-74	•
19	Test Etme	75-78	• Tasarım Ürünün Test Edilmesi
20	Test Etme	79-82	• Test Sonuçlarının Rapor Edilmesi
21	Karar Verme	83-86	• Tasarım Ürününe Nihai Haline Karar Verme
22	Karar Verme	87-90	• Tasarım Ürününü Sunma
23	Uygulamanın Bitişi	91-94	• Araştırma Sürecinin Sonunda Katılımcı Belgesi Verilmesi • Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formunun Son Testinin Uygulanması • Karar Verme Becerileri Testinin Son Testinin Uygulanması

3.3. Araştırma Ortamı

Araştırmacılar, kendi çalıştıkları kurumlarda araştırmalarını yapmaktadırlar. Bu sebepten ötürü araştırmacılar, daha kolay araştırma ortamına erişmektedirler. Araştırmanın gerçekleştirilebilmesi için bağlantılar da daha kolay kurulmaktadır. Ayrıca bu durum profesyonel ve kişisel yaşamları için de yararlı olmaktadır ve daha önemli olan kısmı ise gerekli olan zaman ve para miktarı da azalmaktadır. Diğer yandan tanıdıkların yer aldığı durumlarda kişisel olarak kurulan bu bağlantılar ve bağlılıklar sebebiyle çeşitli sorunlara da neden olabilmektedir. Araştırma alanı ve tanıdık olan bireylerle gerçekleşen deneyimler etkili bir şekilde verilerin toplanmasını sınırlandırabilmekte ve hatta engelleyebilmektedir. Ancak eleştirilen bu araştırma yaklaşımı aslında bir kurumda çalışan ve birbiri ile etkileşimi süren çalışanlar arasındaki durumu ifade etmektedir. Başka bir ifade ile bu araştırmalarda uygun görülmeyen durum hem meslektaşlık hem arkadaşlık hem de araştırmacı rolünün olması durumunda zorluklara yol açmaktadır. Oysa öğretmen araştırmacılar, genellikle öğrencilerinin okul deneyimlerini geliştirebilmek için kendi sınıflarında araştırmalarını gerçekleştirmektedirler. Bu türde yapılan araştırmalar ise eleştirilen bu tür karmaşaların oluşumuna izin vermemektedir. Zaten o kurumda öğretmen ve öğrenci rolleri belirgindir. Bu nedenle okuldaki çalışmaların gerçekleştirilmesinde kurumundaki öğretmenin araştırmacı olması oldukça önemli bulunmaktadır. Çünkü araştırmalar genellikle uzun ve değişime dayalı bir sürecin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Glesne, 2013, s. 55).

Araştırmanın özel yetenekli öğrencilerin bulunduğu kurumda gerçekleştirilmiş olmasının nedeni, normal eğitim-öğretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği okullarda, öğretim süreçlerinde fen bilimleri öğretim programının bir plan dahilinde gerçekleştirilmesi, müfredatın yoğun olmasından dolayı uzun sürecek olan bu etkinliklere öğrencilerin zaman ayıramayacağı düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca araştırmayı gerçekleştirecek olan araştırmacının bilim ve sanat merkezinde öğretmen olmasından dolayı zaman ve para kaybını en aza indirmekten ileri gelmektedir.

3.4.Araştırmanın Çalışma Grubu

Araştırmanın nitel ve nicel boyutunda aynı örneklem kullanılmıştır. Araştırmada örneklem seçiminde amaçlı örnekleme yöntemine yer verilmiştir. Amaçlı örnekleme, araştırmacıların ana duruma ilişkin bilgi edinmelerini ya da bu durumu anlamaları için bireyleri ve

araştırmanın gerçekleşeceği alanı istekleri doğrultusunda bir amaçla seçerler. Katılımcıların ve araştırmanın yapılacağı alanın seçiminde ortaya konan standart, araştırmaya dahil olan bireylerin çalışmaya yönelik bilgilerinin zenginliği açısından onları incelemektir. Bu nedenle amaçlı örnekleme ile hem bireyler hem de onların doğal oldukları alanlara uygulanmaktadır (Creswell, 2020, s. 267).

Araştırmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan benzeşik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Benzeşik örnekleme, bazı grupların derinlemesine tanımlanmalarına imkân veren örnekleme türüdür. Bu örnekleme tipinde durumun açıklanması için araştırmada yer alacak bireylerin tamamı benzer özelliklere sahip olan bireylerden seçilir (Glesne, 2013, s. 61).

Araştırma, 2023-2024 eğitim öğretim yılında Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı bir bilim ve sanat merkezinde (BİLSEM) öğrenim görmekte olan özel yetenekli öğrencilerin yer aldığı bir STEM atölyesi sınıfından oluşmaktadır. Sınıf bu kurumda öğrenim gören genel yetenek alanında tanılanmış 15 özel yetenekli öğrenciden oluşmaktadır. Bu öğrencilerin demografik bilgileri Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7

Özel Yetenekli Öğrencilerin Demografik Bilgilerine Göre Dağılımı

Demografik Bilgiler		f	%
Cinsiyet	Kız	7	47
	Erkek	8	53
Sınıf Düzeyi	5. Sınıf	3	20
	6. Sınıf	9	60
	7. Sınıf	3	20

Tablo 7'de özel yetenekli öğrencilerin cinsiyetlerinin ve sınıf düzeylerinin dağılımı verilmiştir. Bu tabloya göre araştırmaya katılan özel yetenekli öğrencilerin %47'si (n = 7) kızlardan, %53'ü (n = 8) ise erkeklerden oluşmaktadır. Bu öğrencilerin %20'si (n = 3) 5. ve 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerden oluşurken %60'ı (n = 9) ise 6. sınıf düzeyindeki öğrencilerden oluşmaktadır.

Tablo 8.

Takımlar ve Takım Üyelerine Yönelik Bilgiler

	Öğrencinin Takma Adı	Cinsiyeti	Sınıf Düzeyi
Doğacı Mühendisler	Damla	Kız	5. Sınıf
	Gazi Kemal	Erkek	6. Sınıf
	Lina	Kız	7. Sınıf
	Asaf Miralayer	Erkek	6. Sınıf
Tasarım Şefleri	Poyraz	Erkek	6. Sınıf
	Hermione	Kız	6. Sınıf
	Ahmet	Erkek	5. Sınıf
	Lizy	Kız	7. Sınıf
Geleceğin Mühendisleri	Atlas	Erkek	7. Sınıf
	Semra	Kız	5. Sınıf
	Muslera	Erkek	6. Sınıf
Ay Mühendisleri	Sirius	Erkek	6. Sınıf
	Eda	Kız	6. Sınıf
	Çınar	Erkek	6. Sınıf
	Arden	Kız	6. Sınıf

Takımlar kura yoluyla belirlenmiştir. Takımlar, öğrencilerin sınıf düzeyi ve cinsiyetlerine eşit dağılım gösterecek şekilde oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Ancak 6. sınıf düzeyindeki öğrencilerin sayısının fazla olması nedeniyle bir takım yalnızca bu sınıf düzeyinden oluşmaktadır. Takımlar, süreç boyunca Tablo 8'de belirtildiği şekilde çalışmalarının sürdürmüşlerdir. Takım isimleri, özel yetenekli öğrencilerin araştırmaya olan motivasyonlarını arttırmak amacıyla takımlar oluşturulduktan sonra takım üyelerinin hem kendilerine hem de takımlarına isim bulması istenmiştir.

Doğacı Mühendisler Takımı; Damla, Gazi Kemal, Lina ve Asaf Miralayer'den oluşmaktadır. Bu takımdaki öğrencilerin tümü farklı devlet okullarında öğrenim görmektedirler. Tasarım Şefleri Takımı Poyraz, Hermione, Ahmet ve Lizy'den oluşmaktadır. Bu takımdaki öğrencilerin tümü de farklı devlet okullarında öğrenim görmektedirler. Geleceğin Mühendisleri Takımı Atlas, Semra ve Muslera'dan oluşmaktadır. Bu takımdaki öğrenciler farklı okullarda öğrenim görmektedirler. Bu öğrencilerden yalnızca Semra, özel bir okulda öğrenim görmektedir. Araştırma sürecinde Geleceğin Mühendisleri Takımı da diğer takımlar gibi 4 takım üyesinden oluşurken bir kız öğrencinin özel durumu nedeniyle araştırma sürecinden ayrılmak istemesi üzerine bu takımın üye sayısı 3'e düşmüştür. Araştırma süreci

ilerlediği için yeni bir katılımcı alınamamıştır. Ayrılan bu öğrencinin doldurmuş olduğu etkinlikler, analiz sürecine dahil edilmemiştir. Ay Mühendisleri Takımı ise Sirius, Eda, Çınar ve Arden'den oluşmaktadır. Bu takımdaki öğrencilerin tümü farklı okullarda öğrenim görmektedir. Bu takımdaki öğrencilerden yalnızca Eda özel bir okulda öğrenim görmektedir. Araştırmaya katılan özel yetenekli öğrencilerden küçük bir kısmı kurumdaki atölyelerde birbirleriyle tanışmışken geriye kalan çoğunluğu ise bu araştırmadan dolayı bir araya gelmişlerdir. Takımlardan birbirini tanıyan öğrencilerin yer aldığı tek takım Doğacı Mühendisler Takımıdır. Bu takımdaki Gazi Kemal ve Asaf Miralayer daha önce tanışmaktadırlar. Dolayısıyla takımların çoğunluğu, yeni karşılaşan özel yetenekli öğrencilerden oluşmaktadır.

Tablo 9

Sınıf Düzeylerine göre Cinsiyet Dağılımı

Sınıf Düzeyi	Kız Öğrenci Sayısı	Kız Öğrencilerin Yüzdesi	Erkek Öğrenci Sayısı	Erkek Öğrencilerin Yüzdesi
5. Sınıf	2	%67	1	%33
6. Sınıf	3	%33	6	%67
7. Sınıf	2	%67	1	%33
Toplam	7	%47	8	%53

Tablo 9'da da görüldüğü üzere araştırmaya katılan özel yetenekli öğrencilerin %47'si kız ve %53'ü ise erkek öğrencilerden oluşmaktadır. 5. Sınıf ve 7. Sınıf düzeyinde katılımcıların %67'si kız öğrencilerden, %33'ü erkek öğrencilerden oluşurken 6. sınıf düzeyinde ise katılımcıların %67'si erkek öğrencilerden, %33'ü kız öğrencilerden oluşmaktadır.

3.5.Araştırmanın Etik Boyutu

Araştırmada bilgilendirilmiş onam formuna yer verilmiştir. Bilgilendirilmiş onam formu, nitel araştırmanın odağının insan olmasından ötürü araştırmada katılımcı olarak yer alacak bireylere bu süreçte neler olduğunun, ne ile karışılacaklarının ve araştırmanın nasıl potansiyel riskleri olduğu konusunda yapılan bilgilendirme formudur. Araştırmada ne tür verilerin toplanacağı, bu verilerin nasıl kullanacağı bu formda ayrıntılarıyla belirtilmiştir. Alınan verilerin gizlilik içerisinde saklanarak muhafaza edildiği bu formda yer almaktır. Araştırmaya katılan hiçbir öğrencinin gerçek ismine yer verilmemiştir. Öğrencilerin

kendilerine bir takma isim bulmaları istenmiştir. Süreç başında bu belirlenerek öğrencilerin isimlerinin gizli tutulmasına gereken önem verilmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin gizliliği konusunda bulut harddiskler vasıtasıyla şifreli bir şekilde korunması sağlanmıştır (Berg ve Lune, 2021, s. 80).

Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Etik Kurul Komisyonu'ndan 17.10.2023 tarih ve E-77082166-302.08.01-780220 sayısı 17 nolu toplantı kararı doğrultusunda etik kurul izni alınmıştır. Bu izne Ek 1'de yer verilmiştir. Ayrıca uygulamanın gerçekleştirilmesi için Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli izin süreci tamamlanmıştır. Bu durumun ardından kurum izni de alınmıştır. Bu izne de Ek 2'de yer verilmiştir. Bu izin alma sürecinin tamamlanmasının ardından katılımcıların yaşlarının 18 yaşından küçük olması nedeniyle velilerinden de katılımcı onay belgesini doldurarak izinleri alınmıştır.

3.6.Mühendislik Tasarım Sürecine İlişkin Problem Kâğıdı

Araştırmada, özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım süreçlerini belirlemek amacıyla denizaltı problem kâğıdı hazırlanmıştır. Problem kağıdında araştırmanın amacı doğrultusunda denizaltı keşif aracı tasarım problemi bir olay örgüsü içerisinde öğrencilere sunulmuştur. Öğrencilere sunulan problem kâğıdı, ders planı ve etkinliklerin bir kısmı Ek 7'de yer almaktadır. Öğrencilere sunulacak problem durumu, öncelikle öğrencilerin yaşlarına ve Millî Eğitim Bakanlığı'nın ortaya koyduğu kazanımlara uygun olarak hazırlanmıştır. Ders planı ve etkinliklerin geliştirilmesinden sonra iki fen bilimleri eğitimi alanında iki doçent, program geliştirme alanında doktora mezunu bir öğretmen ve özel yeteneklileri alanında doçent unvanlı uzmanlardan özel yeteneklilere ve fen eğitimine uygunluğuna yönelik görüş alınmıştır. Alınan görüşlere göre ders planının ve etkinliklerin revizyonu gerçekleştirilerek nihai haline karar verilmiştir.

3.7.Veri Toplama Araçları

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırma sürecinde kullanılan veri toplama araçları ve analiz yöntemi Tablo 10'da yer almaktadır.

Tablo 10

Araştırma Sürecindeki Veri Analizi Araçları

Araştırma Süreci	Veri Toplama Aracı	Veri Analizi Araçları
Araştırma Öncesinde	Mühendisliğin Doğası Görüş Formu	
	Karar Verme Becerileri Testi	
Hazırlık Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
Tanımlama Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
Öğrenme Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
Planlama Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
Deneme Aşaması	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
	Ürünler	Ürün Değerlendirme Rubriği
		Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği
Test Etme Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
Karar Verme Aşaması	Mühendislik Tasarım Defteri	Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği
	Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği
	Ürünler	Ürün Değerlendirme Rubriği
		Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği
Araştırma Sonrasında	Mühendisliğin Doğası Görüş Formu	
	Karar Verme Becerileri Testi	

3.7.1. Mühendislik Tasarım Defteri

Mühendislik Tasarım Defteri, öğrencilerin süreç boyunca hem bireysel hem de takımca ortaya koydukları soruları, fikirleri, görüşleri, sorularına yönelik cevapları, çeşitli yerlerde aldıkları notları, yapacakları tüm çizimleri, hesaplamaları ve çeşitli etkinlikleri barındıran bir defterdir. Bu defter öğrencilerin süreç içerisinde öğrendiği tüm bilgileri barındırması nedeniyle öğrencilerin önceki öğrendiklerini unutmamalarına ve tekrar etmelerine olanak

sağlar. Ayrıca öğretmenin süreçte öğrencilerin karşılaştıkları sorunları fark etmesini sağlamaktadır. Bu nedenle öğretmenin de süreci takip etmesini kolaylaştırmaktadır. "Mühendislik tasarım defteri", her dersin sonunda öğrencilerden alınır ve öğrencilerin yapmış oldukları çalışmalar öğretmen tarafından incelenir. Ayrıca öğrencilerin bireysel ve takım çalışmalarında ortaya koydukları bilgilerin hangisinin kendilerine ait olduğu hangisinin takımca ortaya konduğunu anlamak için öğrencilerin renkli tükenmez kullanmalarına imkân verilmektedir. Örneğin yeşil tükenmez kalem bireysel çalışmalarda kullanılacakken, kırmızı kalem ise takım çalışmalarında kullanılacaktır. Böylece öğrencilere ait tüm bilgiler silinmeden bu defterde kalmaktadır. Biyomimetik tasarımlarının değerlendirilmesi sürecinde öğretmenin tüm aşamalarda öğrenciler tarafından ortaya konan bilgilerin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde kullandıkları mühendislik tasarım defterlerindeki performanslarının değerlendirilmesi için *"Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği"* kullanılmıştır.

3.7.1.1. Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriğinin Geliştirilmesi

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde kullandıkları mühendislik tasarım defterlerindeki performanslarının değerlendirilmesi için *"Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği"* geliştirilmiştir. Bu rubriğin geliştirilmesinde Moore, Stohlmann, ve diğerleri (2014) tarafından oluşturulan MTS temel alınmıştır. Geliştirilen bu rubrik, öğretmenin mühendislik tasarım defterini hem aşama boyutuna hem de defter özellikleri boyutuna göre analiz etmesine imkân veren bir rubriktir. Aşama boyutuna göre bu rubrikte hazırlık aşaması iki kriterden, tanımlama ve öğrenme aşamaları birer kriterden, planlama aşaması iki kriterden, test etme ve karar verme aşamaları ise iki kriterden oluşmaktadır. Deneme aşamasında ise mühendislik tasarım defterinde etkinlik yer almaması nedeniyle bu aşamaya ilişkin değerlendirme yapılmamıştır. Defter özellikleri boyutuna göre bu rubrikte yenilik/orijinallik, uygulanabilirlik, mühendislik tasarım defterlerindeki bireysel etkinliklerin ile takım etkinliklerinin tamamlanması durumunda ve mühendislik tasarım defterinin sağlamlığı ve

düzeninde birer kriterden oluşmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde mühendislik tasarım defteri performansları hem aşama hem de defter özellikleri boyutuyla bu rubrik ile analize tabi tutulmuştur. Rubrikte en yüksek performans, beklenen düzeyin çok üstünde (5 puan) ve en düşük performans ise başarısızdır (0 puan).

Bu rubriğin geliştirilmesinde iki ayrı uzman grubundan görüş alınmıştır. İlk uzman grubu fen bilgisi eğitimde bir doktor öğretim üyesi, doktor ünvanlı bir fen bilimleri öğretmeni, biyoloji eğitiminde bir doktor öğretim üyesi, ölçme ve değerlendirme alanından bir doçent ile iki doktor öğretim üyesi ve özel yeteneklilerin eğitimi alanında bir doçent olmak üzere yedi alan uzmanından oluşmaktadır. Bu uzman grubundan bu rubriğin geçerliği konusunda görüş alınmıştır. Alınan görüşler doğrultusunda bu rubrik yeniden gözden geçirilerek gerekli düzenlemeler yapılıp aynı uzman grubuna yeniden yollanmıştır. Bu uzman grubundan olumlu yanıt alınmasının ardından iki fen eğitimi alanında profesör unvanlı ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmeninden oluşan diğer uzman grubundan bu rubrikte yer alan maddelerin ilgili performansları ölçmeye uygun olup olmadığına yönelik görüş alınmıştır. Uzmanlardan uygun bulmadıkları maddeleri neden uygun bulunmadıklarını da açıklama ile belirtmeleri istenmiştir. Alınan görüşler ve istatistiksel hesaplamalar sonucunda *"Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği"*ne son hali verilmiştir. Bu rubriğe Ek 3'te yer verilmiştir.

3.7.2. Mühendislik Tasarım Süreci

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının hem takım içinde hem takımlar arasında hem mühendislik tasarım defterlerinde hem de ürünlerinde bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki tüm performanslarının değerlendirilmesi için *"Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği"* kullanılmıştır.

3.7.2.1. Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriğinin Geliştirilmesi

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin değerlendirilmesine yönelik *"Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği"* geliştirilmiştir. Bu rubriğin geliştirilmesinde Moore ve diğerleri (2014) tarafından oluşturulan MTS temel alınmıştır. Ayrıca, NASA'ya ait olan ve Uzel (2019) tarafından Türkçeye uyarlanan Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriğinden de faydalanılmıştır. Geliştirilen bu rubrik, öğretmenin özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının aşamalara göre değerlendirmesine imkân veren bir rubriktir. Bu rubrik, hazırlık aşamasında bir, tanımlama aşamasında iki, öğrenme aşamasında bir, planlama aşamasında üç, deneme aşamasında iki, test etme aşamasında sekiz, karar verme aşamasında bir ve sürecin tümünde özel yetenekli öğrencilerin iletişim ve takım çalışmasına yönelik iki kriterden oluşmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde mühendislik tasarım süreci performansları aşamalara göre bu rubrik ile analize tabi tutulmuştur. Rubrikte en yüksek performans beklenen düzeyin üstünde gerçekleşmiştir (3 puan) ve en düşük performans başarısızdır (0 puan).

Bu rubriğin geliştirilmesinde iki ayrı uzman grubundan görüş alınmıştır. İlk uzman grubu fen bilgisi eğitimde bir doktor öğretim üyesi, doktor ünvanlı bir fen bilimleri öğretmeni, biyoloji eğitiminde bir doktor öğretim üyesi, ölçme ve değerlendirme alanından bir doçent ile iki doktor öğretim üyesi ve özel yeteneklilerin eğitimi alanında bir doçent olmak üzere yedi alan uzmanından oluşmaktadır. Bu uzman grubundan bu rubriğin geçerliği konusunda görüş alınmıştır. Alınan görüşler doğrultusunda bu rubrik yeniden gözden geçirilerek gerekli düzenlemeler yapılıp aynı uzman grubuna yeniden yollanmıştır. Bu uzman grubundan olumlu yanıt alınmasının ardından fen eğitimi alanında yer alan profesör unvanlı bir öğretim üyesinden ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmeninden oluşan diğer uzman grubundan bu rubrikte yer alan maddelerin ilgili performansları ölçmeye uygun olup olmadığına yönelik görüş alınmıştır. Alınan görüşler ve istatistiksel hesaplamalar sonucunda *"Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği"*ne son hali verilmiştir. Bu rubriğe Ek 4'te yer verilmiştir.

3.7.3. Ürünler

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde ortaya koydukları ürünlerin performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda özel yetenekli öğrencilerin ürün performanslarının mühendislik tasarımı açısından değerlendirilmesine yönelik *"Ürün Değerlendirme Rubriği" ve* biyomimetik bakımdan değerlendirilmesine yönelik *"Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği"* kullanılmıştır.

3.7.3.1. Ürün Değerlendirme Rubriği

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinde ortaya koydukları ürün performanslarının mühendislik tasarımı açısından değerlendirilmesine yönelik *"Ürün Değerlendirme Rubriği"* kullanılmıştır. Puanlama anahtarları, öğrencilere mühendislik süreci başında sunulan problem durumunda yer alan değerlendirme kriterleri doğrultusunda geliştirilmiştir. Bu problem durumu denizaltı keşif aracı tasarımı tasarımıdır. Bu tasarım görevi için değerlendirme kriterleri, biyomimikri kullanımı, boyut, maliyet, su içindeki konum, görünüş, değişen koşullara karşı uyum, zaman, malzeme, yaşam ilkeleri ve doğada yok olma süresidir. Değerlendirme kriterlerinde yer alan ve Biomimicry Institute (2017) tarafından belirlenen 20 alt yaşam ilkesinin kullanımına dayanmaktadır. Rubrikte en yüksek performans 2 puan ve en düşük performans 0 puandır.

Bu rubriğin geliştirilmesinde iki ayrı uzman grubundan görüş alınmıştır. İlk uzman grubu fen bilgisi eğitimde bir doktor öğretim üyesi, doktor ünvanlı bir fen bilimleri öğretmeni, biyoloji eğitiminde bir doktor öğretim üyesi, ölçme ve değerlendirme alanından bir doçent ile iki doktor öğretim üyesi ve özel yeteneklilerin eğitimi alanında bir doçent olmak üzere yedi alan uzmanından oluşmaktadır. Bu uzman grubundan bu rubriğin geçerliği konusunda görüş alınmıştır. Alınan görüşler doğrultusunda bu rubrik yeniden gözden geçirilerek gerekli düzenlemeler yapılıp aynı uzman grubuna yeniden yollanmıştır. Bu uzman grubundan olumlu yanıt alınmasının ardından fen eğitimi alanında yer alan profesör unvanlı 2 öğretim üyesinden oluşan uzman grubundan bu rubrikte yer alan maddelerin ilgili performansları ölçmeye uygun olup olmadığına yönelik görüş alınmıştır. Alınan görüşler ve istatistiksel hesaplamalar sonucunda *"Ürün Değerlendirme Rubriği"*ne son hali verilmiştir. Bu rubriğe Ek 5'te yer verilmiştir.

3.7.3.2. Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği

Özel yetenekli öğrencilerin ortaya koydukları ürün performanslarının biyomimetik tasarım ilkeleri açısından değerlendirilmesine yönelik *"Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği"* geliştirilmiştir. Rubrik; Stevens, Kopnina, Mulder ve De Vries (2021)'in araştırmasında yer alan değerlendirme kriterlerine benzer şekilde geliştirilmiştir. Değerlendirme kriterleri olarak yapı kullanımı, işlev kullanımı, yapı-işlev ilişkisi, ekosistem kullanımı ve yaşam ilkelerinden oluşmaktadır. Değerlendirme kriterlerinde yer alan ve Biomimicry Institute (2017) tarafından belirlenen 20 alt yaşam ilkesinin kullanımına dayanmaktadır. Rubrikte en yüksek performans 3 puan ve en düşük performans 0 puandır.

Bu rubriğin geliştirilmesinde iki ayrı uzman grubundan görüş alınmıştır. İlk uzman grubu fen bilgisi eğitiminde bir doktor öğretim üyesi, doktor ünvanlı bir fen bilimleri öğretmeni, biyoloji eğitiminde bir doktor öğretim üyesi, ölçme ve değerlendirme alanından bir doçent ile iki doktor öğretim üyesi ve özel yeteneklilerin eğitimi alanında bir doçent olmak üzere olmak üzere yedi alan uzmanından oluşmaktadır. Bu uzman grubundan bu rubriğin geçerliği konusunda görüş alınmıştır. Alınan görüşler doğrultusunda bu rubrik yeniden gözden geçirilerek gerekli düzenlemeler yapılıp aynı uzman grubuna yeniden yollanmıştır. Bu uzman grubundan olumlu yanıt alınmasının ardından fen eğitimi alanında yer alan profesör unvanlı bir öğretim üyesinden ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmeninden oluşan diğer uzman grubundan bu rubrikte yer alan maddelerin ilgili performansları ölçmeye uygun olup olmadığına yönelik görüş alınmıştır. Alınan görüşler ve istatistiksel hesaplamalar sonucunda *"Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği"*ne son hali verilmiştir. Bu rubriğe Ek 6'da yer verilmiştir.

3.7.4. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu

Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin gelişimine ilişkin gerçekleştirilecek araştırmada, öğrencilerin süreçteki mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerini almak amacıyla mühendisliğin doğası görüş formu kullanılmıştır. Bu formun hem nicel hem de nitel boyutu bulunmaktadır. Görüş formu, Yesilyurt, Deniz ve Kaya (2019) tarafından geliştirilmiştir. Bu ölçek Yesilyurt ve diğerleri (2019) tarafından Bilimin Doğasına yönelik Görüş Anketi'nin E sürümünün (VNOS-E) (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell ve Schwartz, 2002) değiştirilmesi ve Draw-an-Engineer-

Test (DAET)'in eklenmesi yoluyla geliştirilmiştir (Knight ve Cunningham, 2004). 6 ilköğretim 3-5. Sınıflarında öğrenim görmekte olan öğrenciye uygulayarak ilköğretim öğrencilerinin mühendisliğin doğası görüşlerini bir mühendislik tasarım deneyimi ile belirlemişlerdir. Öğrencilere mühendisliğin doğası görüş formu çalışmanın başında ve sonunda uygulanmıştır. Veri analizinde yanıtlar, yazarlar tarafından geliştirilen her bir mühendisliğin doğası yönünü tanımlayan mühendisliğin doğası çerçevesine dayalı olarak analiz edilmiştir (Deniz, Yesilyurt, Kaya ve Trabia, 2017). Mühendisliğin doğası çerçevesi, ilkokul öğretmenlerinin önceki çalışmalarındaki NOE görüşlerini değerlendirmek için bilimin doğası araştırma çerçevesinin uyarlanmasıyla geliştirilmiştir (Deniz ve diğerleri, 2017). 6 öğrencinin mühendisliğin doğasına yönelik yazılı cevapları, mühendisliğin doğasının yönlerine göre üç araştırmacı tarafından toplu bir şekilde sınıflandırılmış olup her bir mühendisliğin doğası yönü için verilen cevapları, bu çalışmada geliştirilen rubrik ile puan atanarak araştırmacılar tarafından ayrı ayrı analiz edilmiştir (Deniz ve diğerleri, 2017). Bu analizler sonucunda görüş formu için değerlendiriciler arası güvenilirliği yüzde 90'ın üzerinde elde etmişlerdir.

Yesilyurt ve diğerleri (2019) tarafından geliştirilen mühendisliğin doğası görüş formu, Aydoğan (2019) tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Türkçeye uyarlanan bu form için bir fen bilgisi eğitimi profesörüne, bir fen bilimleri öğretmenine ve araştırmacının danışmanı tarafından uzman görüşü alınmıştır. Formun değerlendiriciler arası güvenirliği yüzde 89 olarak tespit edilmiştir.

Araştırmada kullanılan mühendisliğin doğası görüşme formu için hem ilk olarak gerçekleştirilen çalışmanın araştırmacılarından Yesilyurt ve arkadaşlarından (2019) hem de Türkçeye uyarlayan araştırmacı ve danışmanından (Aydoğan, 2019) izin alınmıştır. Bu form araştırmanın başında ve sonunda uygulanmıştır. Bu forma Ek 8'de yer verilmiştir.

3.7.5. Karar Verme Becerileri Testi

Özel yetenekli öğrencilerin mühendislik temelli biyomimetik tasarım süreç becerilerinin gelişimine ilişkin gerçekleştirilecek araştırmada, öğrencilerin süreçteki karar verme becerilerindeki değişimi belirlemek amacıyla Ercan ve Bozkurt (2013) tarafından geliştirilen "Karar Verme Becerileri Testi" kullanılmıştır. Bu testin ön test ve son test şeklinde uygulanmıştır. Karar verme becerileri testi, günlük yaşam içerisinde bazı örnek olaylar

üzerinden karar verilmesine dayanan sorulardan oluşmaktadır. Testte toplam 11 soru yer almaktadır. Testteki her bir soru için A'dan F'ye kadar altı seçenek yer almaktadır. Öğrenciler, kendilerine sunulan bu testteki sorulara seçeneklerden birini seçerek cevap vermiştir. Bu test için araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen hesaplamada Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısı değeri .71 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılan karar verme becerileri testini araştırmada kullanmak için geliştiren araştırmacıdan izin alınmıştır (Ercan ve Bozkurt, 2013). Bu teste Ek 9'da yer verilmiştir.

3.8.Verilerin Analizi

Bu bölümde araştırmada kullanılan nitel ve nicel verilerin analizlerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

3.8.1. Nitel Verilerin Analizi

Araştırmada biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterinin nitel analizinde Miles ve Huberman (2016) tarafından önerilen veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz yöntemine göre analiz, verilerin azaltılması, verilerin gösterilmesi ve sonuçların ortaya konması ve doğrulanması adımlarıyla yapılmaktadır. Verilerin azaltılması adımında biyomimetik tasarım defterleri kodlanmıştır. Oluşan kodlar belirli kategoriler ve temalar altında toplanmıştır. Ardından elde edilen kodlar kullanılarak verilerin kod bulutu şeklinde gösterimi sağlanmıştır. Son olarak kod bulutu yorumlanarak sonuçlar ortaya konmuştur. Verilerdeki kodlayıcılar arası güvenirliğin hesaplanmasında Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen güvenirlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bu hesaplama yöntemi, "Güvenirlik = [Görüş Birliği/(Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)] x 100"dir. Bu hesaplamanın yapılması için fen bilimleri alanında yüksek lisans derecesine sahip bir uzmandan bir öğrencinin mühendislik tasarım defterinin tamamını kodlaması istenmiştir. Kodlama hakkında kendisine gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. Kodlanan bölümlerin analizi belirtilen hesaplama yöntemi ile hesaplanmış ve kodlayıcılar arasındaki uyumun %96,46 olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç Miles ve Huberman (1994)'e göre güvenilir kabul edilmiştir.

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formunun nitel verileri, nicel sonuçlarını desteklemek için kullanılmıştır. Özel yetenekli öğrencilerin Mühendisliğin Doğasına

Yönelik Görüş Formundaki ön test ve son test yanıtları, her bir mühendisliğin doğası yönüne yönelik ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Öğrencilerin Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşleri yetersiz, yeterli ve bilgilendirilmiş şeklinde kategorize edilmiştir. Ayrıca, fen eğitimi alanında yüksek lisans mezunu ve doktora öğrencisi olan iki fen bilimleri öğretmeni de özel yetenekli öğrencilerin Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerini bu başlıklara göre kategorize etmiştir. Bu nedenle, araştırmacı ile diğer iki araştırmacı bireysel analizlerini birbirleriyle karşılaştırarak oluşturdukları için nitel veri analizinde değerlendiriciler arası anlaşma yöntemi kullanılmıştır. Mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerin kategorizasyonuna Ek 8'de yer verilmiştir.

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki 4. sorunun (Lütfen bir mühendisi çalışma ortamında hayal edin ve hayalinizdeki bu mühendisi aşağıdaki kutuya çizin ve bu mühendis hakkında bilgi verin.) analizleri için, öğrencilerin çizimi, araştırmacı tarafından kelimelere dökülerek tekrar eden yanıtlar kodlara dönüştürülmüştür. Çizimlerin analizlerinde öncelikle mühendisin cinsiyetleri analiz edilmiştir. Kısa saçlı ve saçsız mühendisler erkek, uzun saçlı mühendisler ise kadın olarak kodlanmıştır. Çizimlerdeki her bir görüntü veya tasarım bir kez kodlanmıştır. Ardından öğrencilerin çizimleri hakkında daha iyi bir fikir edinebilmek için yazılı ve çizimler temalara göre gruplandırılmıştır.

3.8.2. Nicel Verilerin Analizi

3.8.2.1. Rubriklerin Değerlendiriciler ve Puanlayıcılar Arası Güvenirliğine İlişkin Analizi

Alan uzmanı değerlendiriciler birbirlerinden bağımsız olarak rubrikleri "uygun" veya "uygun değil" şeklinde değerlendirmişlerdir. Uzmanlardan elde edilen veriler kategorik sayısal verilere dönüştürülmüştür. Bu verilerle değerlendiriciler arası güvenirlik hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında uzmanların ilgili rubrikleri değerlendirmelerinin ardından araştırmacı tarafından özel yetenekli öğrencilerin performanslarını değerlendirmiştir. Araştırmacı ile alan uzmanları arasında puanlayıcı güvenirliğine de yer verilmiştir. Bu amaçla her ikisi de yüksek lisans derecesini bitirmiş olan alan uzmanları, birbirlerinden bağımsız olarak ilgili rubriklere göre bir özel yetenekli öğrencinin veya bir

takımın performansını değerlendirmişlerdir. Toplamda araştırmacıyla birlikte 3 kişi bu rubriklere ilişkin performansları değerlendirmiştir.

Puanlayıcılar arası güvenirlik, birden fazla uzmanın bir durumu aynı şekilde ölçmesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Diğer bir ifadeyle, Puanlayıcılar arası güvenirlik birden fazla puanlayıcının verdiği puanlar arasındaki uyumun hesaplanmasına dayanmaktadır. İki ve ikiden fazla uzman arasındaki uyum veya tutarlılığın derecesini ifade etmektedir (Bilgen ve Doğan, 2017).

3.8.2.2. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği Değerlendiriciler ve Puanlayıcılar Arası Güvenirliğine İlişkin Verilerin Analizi

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinin uygunluğunu belirlemek amacıyla fen bilgisi eğitiminden iki profesör ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmeninin yer aldığı üç uzmana ilişkin değerlendirici güvenirliğini belirlemek için öncelikle Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. Uzmanların rubrik değerlendirilmelerinin çoğunluğu tek bir kategoride (uygundur) toplanmasına rağmen Fleiss Kappa katsayısı ($\kappa=-0.26$) hesaplanmış ve bu değerin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür ($p=0.869$). Bu durum, literatürde "Kappa Paradoksu" olarak ifade edilmektedir. Kappa paradoksu, yüksek mutlak uyuşma olmasına rağmen düşük bir κ değerini ortaya koymaktadır. Bu sonuç ise var olan durumun gerçekliğini yansıtmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yüksek uyuma rağmen dengesiz veri dağılımında ortaya çıkan bir sonuçtur (Derksen, Bruinsma, Goslings & Schep, 2024). Bu durumun oluşturduğu olumsuzluk nedeniyle Gwet's AC_1 analizi ile puanlayıcılar arası güvenirlik hesaplanmıştır.

Analizler irrCAC paketi (v1.0) ile R 4.3.2 ortamında yürütülmüştür. Gwet's AC_1 katsayısı, rastgele şans uyumunu düzeltir ve Kappa değerine nazaran pozitif yönde önyargısız bir istatistiksel analizdir (Gwet, 2008).

Landis ve Koch (1977)'a ait olan Kappa istatistiklerinin yorumlanmasına ilişkin değer aralıkları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11

Kappa İstatistiğinin Yorumlanmasına İlişkin Değer Aralıkları

κ	Uyum Gücü
<0.00	Zayıf
0,00< κ < 0,20	Önemsiz
0,21< κ <0,40	Kabul Edilebilir
0,41< κ <0,60	Orta
0,61< κ <0,80	Önemli
0,81< κ <1,00	Mükemmel

Biyomimetik entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğine yönelik değerlendiriciler arası güvenilirliğini belirlemek amacıyla, bağımsız değerlendiriciler arası uyum Gwet's AC_1 istatistiği ile test edilmiştir. Analiz sonuçları değerlendiriciler arasında istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde uyum olduğunu göstermiştir (Gwet's AC_1 = .946, %95 GA [.822, 1.000], p< .001) (Gwet, 2008; Landis ve Koch, 1977). Bu bulgu, ölçümlerin şansa bağlı olmadığını ve veri toplama sürecinin güvenilir olduğunu desteklemektedir.

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri değerlendirme rubriğinin puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. 13 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından bir özel yetenekli öğrenciye ait mühendislik tasarım defteri performansının ilgili rubrikle değerlendirilmesi sonucunda elde edilen hesaplama sonucunda puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve puanlayıcılar arasında mükemmel düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur, (κ = .82, %95 GA [.61, 1.00], p < .001) (Fleiss, 1971; Landis ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriğinin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcıların tutarlı kararlar verdiğini göstermektedir.

3.8.2.3. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği Değerlendiriciler ve Puanlayıcılar Arası Güvenirliğine İlişkin Verilerin Analizi

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım süreci rubriğinin değerlendiriciler arası güvenirliğini belirlemek amacıyla fen bilgisi eğitiminden bir profesör ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmenden görüş alınmıştır. Bu uzmanların ilgili rubriğin maddelerinin tümüne ilişkin uygundur ifadelerinden ötürü kappa değeri hesaplanamamıştır. Bu değer 1,00 olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç değerlendiriciler arasındaki uyumun Landis ve Koch (1977)'a göre mükemmel olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ölçümlerin şansa bağlı olmadığını ve veri toplama sürecinin güvenilir olduğunu desteklemektedir.

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinin puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. 20 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından bir özel yetenekli öğrenciye ait mühendislik tasarım defteri performansının ilgili rubrikle değerlendirilmesi ile elde edilen hesaplama sonucunda puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur ($\kappa = .881$, %95 GA [.711, 1.052], $p < .001$) (Fleiss, 1971; Landis ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinin mükemmel düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcılar arasında tutarlı kararlar verildiğini göstermektedir.

3.8.2.4. Ürün Değerlendirme Rubriği Değerlendiriciler ve Puanlayıcılar Arası Güvenirliğine İlişkin Verilerin Analizi

Ürün değerlendirme rubriğinin değerlendiriciler arası güvenirliğini belirlemek amacıyla fen bilgisi eğitiminden iki profesörün görüşü yer almaktadır. Bu uzmanların ilgili rubriğin maddelerinin tümüne ilişkin uygundur ifadelerinden ötürü kappa değeri hesaplanamamıştır. Bu değer 1,00 olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç değerlendiriciler arasındaki uyumun Landis ve Koch (1977)'a göre mükemmel olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ölçümlerin şansa bağlı olmadığını ve veri toplama sürecinin güvenilir olduğunu desteklemektedir.

Ürün değerlendirme rubriğinin puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. 11 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından

bir takıma ait ürün performansının ilgili rubrikle değerlendirilmesi ile elde edilen hesaplama sonucunda, puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve önemli düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur (κ = .780, %95 GA [.487, 1.073], $p < .001$) (Fleiss, 1971; Landis ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, ürün değerlendirme rubriğinin önemli düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcılar arasında tutarlı kararlar verildiğini göstermektedir.

3.8.2.5. Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği Değerlendiriciler ve Puanlayıcılar Arası Güvenirliğine İlişkin Verilerin Analizi

Biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriğinin değerlendiriciler arası güvenirliğini belirlemek amacıyla fen bilgisi eğitiminden bir profesörün ve 1 doktor unvanlı fen bilimleri öğretmeninin görüşü yer almaktadır. Bu uzmanların ilgili rubriğin maddelerinin tümüne ilişkin uygundur ifadelerinden ötürü kappa değeri hesaplanamamıştır. Bu değer 1,00 olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç değerlendiriciler arasındaki uyumun Landis ve Koch (1977)'a göre mükemmel olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ölçümlerin şansa bağlı olmadığını ve veri toplama sürecinin güvenilir olduğunu desteklemektedir.

Ürün değerlendirme rubriğinin puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. 5 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından bir takıma ait biyomimetik açıdan ürün performansının ilgili rubrikle değerlendirilmesi ile elde edilen hesaplama sonucunda, puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve önemli düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur (κ = .797, %95 GA [.437, 1.158], $p < .001$) (Fleiss, 1971; Landis ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriğinin önemli düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcılar arasında tutarlı kararlar verildiğini göstermektedir.

3.8.2.6. Karar Verme Becerileri Testi ve Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu

3.8.2.6.1. Karar Verme Becerileri Testi Normallik Dağılımı

Karar verme becerileri testi ve Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu ile ilgili verilerin analizi ve çözümlenmesinde öncelikle parametrik hipotez varsayımları incelenmiştir. Örneklemlerin alındığı evren dağılımlarının bilindiği varsayımına dayanan hipotez testlerine parametrik hipotez testleri denir. Diğer bir ifade ile parametrik hipotez testleri, elde edilen test istatistikleri var olan formüller ile hesaplanırken bulunan verilere yönelik evren değerlerinin yani parametre değerlerinin veya bunları yordamak için kullanılan ortalama ($\bar{x}$), oran (p) ve standart sapma (S) gibi ölçülerin kullanılmasına dayanmaktadır. Parametrik hipotez testleri için iki veya daha fazla gruba ait parametrik hipotez testi için (iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi, tek yönlü varyans analizi vs.) iki varsayım bulunmaktadır: (1) Örneklem veya örneklemlerin alındığı evren veya evrenlerin normal dağılım göstermesi ve (2) Evren varyanslarının homojen olması gerekir. Bahsedilen varsayımların sağlanması durumunda parametrik hipotez testleri kullanabilmek için örnekleme ait gözlem sayısı hakkında bir sınır bulunmamak ile birlikte bu sayının 10'un üzerinde olması istenmektedir. Normal dağılımın olmadığı durumlarda parametrik testlerin kullanılabilmesi için örneklemdeki gözlem sayısının 30 veya üzerinde olması istenmektedir. Aksi durumda parametrik olmayan hipotez testler kullanılmaktadır. Parametrik olmayan hipotez testlerinde ise parametrik hipotez testlerinin varsayımlarının karşılanamadığı ya da evrenin dağılımı konusunda herhangi bir varsayımın bulunmadığı testlerdir (Alpar, 2018, s. 234).

Toplanan verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 27.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki veri toplama aracının analizi için parametrik veya parametrik olmayan analiz testinin kullanılmasına karar vermek için bu veri toplama araçları ile toplanan verilerin normal dağılım yapıp yapmadığı test edilmiştir. Araştırmada yer alan örneklemin 50 kişiden az olması nedeniyle verilerin normal dağılımını test etmek için "Shapiro-Wilks" değeri kontrol edilmiştir. Elde edilen değer alfa değerinden (.05) daha büyükse, varsayım ihlal edilmediği için örnekleme ait verilerin dağılımı normal olarak kabul edilir. Aksi halde verilerin normal dağılım göstermediği sonucuna ulaşılır (Pallant, 2017, s.

75). Karar verme becerileri testinden elde edilen verilerin normal dağılımının test edilmesine ilişkin sonuçlar Tablo 12'de yer almaktadır.

Tablo 12.

Karar Verme Becerileri Testinden Elde Edilen Verilerin Normallik Testi Sonuçları

	Shapiro-Wilks		
	İstatistik	sd	p*
Ön Test	.914	15	.156
Son Test	.961	15	.712

*p> .05

Tablo 12'de görüldüğü üzere karar verme becerileri testi normallik testinde ön testte (.156) ve son testte (.712) elde edilen p değerleri alfa değerinden (.05) daha büyüktür. Bu nedenle karar verme becerileri testinden toplanan verilerin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç verilerin analizinde parametrik analiz tekniklerinin kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda karar verme becerileri testinin analizinde ilişkili t-testi kullanılmasına karar verilmiştir.

3.8.2.6.2. Karar Verme Becerileri Testi Güvenirlik Hesaplaması

Karar verme becerileri testinin araştırma sonucunda elde edilen verilere göre iç tutarlık kat sayısı .704 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Alpar, (2018)'a göre 0,60-0,79 değerleri arasında yer alması nedeniyle oldukça güvenilir olarak sınıflandırılmaktadır (s. 548). Elde edilen sonuç bu değer aralığının arasında yer alması nedeniyle karar verme becerileri testinin son testi, güvenilir olarak kabul edilmiştir.

3.8.2.7. Mühendisliğin Doğası Görüş Formu Normallik Dağılımı

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu hem nitel hem de nicel verileri barındıran bir ankettir. Bu veri toplama aracından toplanan veriler, Deniz, Kaya, Yesilyurt ve Trabia (2020) tarafından hazırlanan Mühendisliğin Doğası Yönlerinin Açıklamaları" başlığı kullanılarak nicel verilere dönüştürülmüştür. Bu başlığa dayanılarak katılımcıların yanıtları 5 puanlık likert tipi ölçek gibi puanlanmıştır. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun analizi için puanlama sistemi Ek 8'de verilmiştir.

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formundan elde edilen verilerin normal dağılımının test edilmesine ilişkin sonuçlar Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 13.

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundan Elde Edilen Verilerin Normallik Testi Sonuçları

	Shapiro-Wilks		
	İstatistik	sd	p*
Ön Test	.957	15	.644
Son Test	.952	15	.561

*p> .05

Tablo 13'te görüldüğü üzere mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun normallik testinde ön testte (.644) ve son testte (.561) elde edilen p değerleri alfa değerinden (.05) daha büyüktür. Bu nedenle mühendisliğin doğasına yönelik görüş formundan toplanan verilerin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç verilerin analizinde parametrik analiz tekniklerinin kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun analizinde ilişkili t-testi kullanılmasına karar verilmiştir.

3.8.2.7.1. Mühendisliğin Doğası Görüş Formu Güvenirlik Hesaplaması

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun araştırma sonucunda elde edilen verilere göre iç tutarlılık kat sayısı .865 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Alpar, (2018)'a göre 0,80-1,00 değerleri arasında yer alması nedeniyle yüksek güvenilir olarak sınıflandırılmaktadır (s. 548). Bu nedenle mühendisliğin doğasına yönelik görüş formu güvenilir olarak kabul edilmiştir.

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. Ön test ve son test olmak üzere toplamda 18 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından bir öğrenciye ait mühendisliğin doğasına yönelik görüşünün değerlendirilmesi ile elde edilen hesaplama sonucunda, puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur (κ = .835, %95 GA [.662, 1.008], p = .000) (Fleiss, 1971; Landis

ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun mükemmel düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcılar arasında tutarlı kararlar verildiğini göstermektedir.

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun yeterlilik düzeyi bakımından puanlayıcılar arasındaki güvenirliğini belirlemek için Fleiss Kappa istatistiği kullanılmıştır. Ön test ve son test olmak üzere toplamda 18 maddenin 1 araştırmacı ve 2 bağımsız uzman tarafından bir öğrenciye ait mühendisliğin doğasına yönelik görüşünün yeterliliğinin değerlendirilmesi ile elde edilen hesaplama sonucunda, puanlayıcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur ($\kappa = 1.000$, %95 GA [.789, 1.211], $p = .000$) (Fleiss, 1971; Landis ve Koch, 1977). Elde edilen bu bulgu doğrultusunda, mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun mükemmel düzeyde güvenilir olduğunu ve puanlayıcılar arasında tutarlı kararlar verildiğini göstermektedir.

3.9.Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği

Bireylerin sosyal hayatlarında yaşadıkları problemleri ve var oldukları çevreyi algılamalarında oluşan farklılaşmalar sonucunda bilim insanları tarafından nitel araştırmalara olan ilgi artmaktadır (Arastaman, 2024, s. 61). Bu nedenle nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik çok öneme sahiptir. Nitel araştırmalarda geçerlik, araştırmacının çalıştığı durumu olduğu gibi herhangi başka değişkenler eklemeden ve olabildiğince var olan durumu objektif bir şekilde gözlemlemesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2021, s. 281). Nitel araştırmalarda geçerlik türleri incelendiğinde Maxwell (1992)'ye göre beş farklı geçerlik türü bulunmaktadır. Bunlar; (1) Betimsel Geçerlik, (2) Yorumlayıcı Geçerlik, (3) Kuramsal/İç Geçerlik, (4) Genellenebilir/Dış Geçerlik ve (5) Değerlendirmeci Geçerliktir.

Betimsel geçerlik veri toplama sürecini açıklamaktadır. Veri toplama sürecinde belirli olaylar ve durumlarla ilgili raporlamanın doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu geçerlik türünde nitel veri toplama sürecine vurgu yapılmaktadır (Güçlü, 2021, s. 445). Dolayısıyla güvenilir ölçme araçlarının kullanımı güvenilir verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu durumda da elde edilen veriler doğrultusunda doğru bir raporlaştırma yapılmaktadır. Bu sebeple araştırmada kullanılan ölçme araçları, birden fazla uzman grubundan görüş alınarak hazırlanmış olup hatalarından arındırılarak doğru ölçüm yaptığı

düşünülmektedir. Sonuç olarak Maxwell (1992)'in de belirttiği betimleyici geçerliğe uygundur.

Yorumlayıcı Geçerlik, incelenen araştırmayla ilgili katılımcıların ifadelerinin araştırmacı tarafından da doğru bir şekilde aktarılmasını ifade etmektedir (Güçlü, 2021, s. 445). Bu doğrultuda araştırmacı tarafından anlaşılamayan öğrenci ifadelerinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için ilgili katılımcıdan yazılan ifade de ne demek istendiği sorularak katılımcı teyidi alınmıştır. Ayrıca, araştırmacının ilgili ölçme araçlarıyla değerlendirmelerinin doğruluğunun teyit edilmesi amacıyla başka puanlayıcılar tarafından bir öğrencinin mühendislik tasarım defterinin değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Kuramsal/İç Geçerlik, araştırmadan elde edilen teorik açıklamaların verilere uygunluğunu ifade etmektedir (Güçlü, 2021, s. 446). Bu kapsamda araştırmada hem biyomimetik tasarım yaklaşımının hem de mühendislik tasarım süreci yaklaşımının teorik çerçevesi dikkate alınarak araştırma gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde de bu iki teorik çerçeve dikkate alınmıştır. Dolayısıyla araştırmada kuramsal üçgenlemeye yer verilmiştir (Patton, 2015, s. 562).

Genellenebilirlik/Dış Geçerlik, nitel araştırmalarda genellenebilirlik sorunludur. Nitel araştırmalar, belirli insanlara ait kavramlarla ya da o insanların kendilerine has özellikleriyle ilgilenmektedir (Güçlü, 2021, s. 447). Oysa sosyal bilimler açısından nicel araştırmalarda verilerin istatistiki olarak bir örneklem grubundan evrene genellenmesi büyük önem arz etmektedir. Nitel araştırmalarda ise bu şekilde bir genelleme ihtiyacı olmamaktadır. Ancak tamamlanmış olan bir durum çalışması dışındaki aynı kuramsal önermelerin benzer olay, durumlara yayılması mümkün olabilir. Bu durum Yin (2017, s. 18) tarafından analitik genellemeler olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla analitik genellemeler, benzer durumlara sahip araştırmalardaki verilerin karşılaştırılmasına imkân sağlamaktadır. Bu durumda da bu araştırmanın dış geçerliğine katkı sunması hedeflenmektedir.

Değerlendirmeci Geçerlik, araştırmacının araştırmasıyla ilgili gerçekleştirdiği değerlendirmelerin meşruluğunun diğer bilim insanlarınca onaylanmasıdır (Güçlü, 2021, s. 448). Bu kapsamda araştırmacının araştırma sürecinde ortaya koyduğu veri toplama araçlarından elde ettiği verilere ve verilerin sunumuna kadar tüm süreçte araştırmacıya rehberlik eden profesör unvanına sahip diğer bilim insanlarının olması bu geçerlik türünde de başarılı bir şekilde ilerlendiğini göstermektedir.

Araştırmanın geçerliğini ve güvenirliğini arttırmak için uzman değerlendirmeleri, çeşitleme, katılımcı teyidi, uzun süreli çalışma gibi stratejilere yer verilmiştir (Güçlü, 2021, s. 450) Araştırmada tez izleme komitesi dışında iki ayrı uzman grubundan veri toplama araçları konusunda görüş alınmıştır. Çeşitleme kapsamında hem teorik çeşitleme, veri toplama araçlarının çeşitlendirilmesine yer verilmiştir. Araştırmanın kavramsal çerçevesini oluşturması için biyomimetik tasarım ve mühendislik tasarım yaklaşımları gibi birden fazla kuramsal çerçeveye yer verilmiştir. Ayrıca hem nitel hem de nicel verilerin kullanılmasıyla veri çeşitlemesi yapılmıştır. Verilerin toplanmasının ardından verilerin analizi sürecinde anlaşılamayan yerlerde katılımcıların o etkinlikte ne demek istedikleri kendilerine sorulmuştur. Böylece katılımcı teyidi ile verilerin doğrulanması sağlanmıştır. Son olarak araştırma sürecinin uzun olması da araştırmanın geçerliğini ve güvenirliğini artırmaktadır.

Araştırmanın güvenirliğinin sağlanmasında farklı uzman gruplarından görüş alınmıştır. Bir uzman grubundan veri toplama araçlarının kapsamı hakkında görüş alınmıştır. Diğer uzman grubuna ise bu maddelerin uygunluğu hakkında görüş alınarak değerlendiriciler arası güvenirlik hesaplanmıştır. Değerlendiriciler arası güvenirliği hesaplanan veri toplama araçlarının yeterli düzeyde güvenirliğe sahip olduğu görülmüştür. Bu yolla veri toplama araçlarının tutarlığı sağlanmıştır. Ayrıca araştırmada veri toplama araçlarından elde edilen verilerin objektifliğinin sağlanmasında bir öğrenciye ait verinin ilgili veri toplama araçları ile araştırmacının dışında alan uzmanları tarafından değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucuna göre puanlayıcılar arası güvenirlik değeri hesaplanmıştır. Elde edilen değerin yeterli olduğu görülmüştür. Dolayısıyla burada ise teyit incelemesine başvurulmuştur.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde nitel araştırma yöntemine göre elde edilen verilere yer verilmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin çeşitli değişkenler açısından performanslarına, karar verme becerilerine ve mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerine yer verilmiştir. Veri analizi sonuçlarına yönelik bulgular alt problemlere uygun olarak sırasıyla sunulmuştur.

4.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

MTD bulgularının sunumunun ilk kısmında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri, MTS aşamalarına göre kodlanmıştır. Ayrıca bu kısımda öğrencilerin tasarım fikirlerine ve ürünlerine de yer verilmiştir. Araştırmanın bu kısmında "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki mühendislik tasarım defteri (BMTD) performansları nasıldır?" alt problemine yönelik yanıt aranmaktadır.

MTD'ye ilişkin bulguların ikinci kısmında ise BMTD'nin performansa dayalı olarak değerlendirilmesi amacıyla her bir öğrenciye ait defter, *"Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayanan Mühendislik Tasarım Defteri Rubriği"* ile değerlendirilmiştir. MTS boyunca gerçekleştirilen etkinliklerin tamamı öğrenci bazlı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeden sonra özel yetenekli öğrencilerin elde ettikleri performans puanlarının ortalaması alınarak her bir kriter bazında aşama, cinsiyet, takım ve sınıf düzeyi değişkenleri

açısından incelenmiştir. Araştırmanın bu kısmında ise "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki mühendislik tasarım defteri (BMTD) performanslarındaki değişim nasıldır?" alt problemine yönelik yanıt aranmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin bu rubrikten alabilecekleri en düşük puan 0 iken en yüksek puan ise 5'tir. Puan ortalamaları, altı düzeye ayrılmış olup "0,00-0,49" puan aralığı başarısız; "0,50-0,99" puan aralığı beklenen düzeyin çok altında "1,00-1,99" puan aralığı beklenen düzeyin kısmen altında; "2,00-2,99" puan aralığı beklenen düzeyde; "3,00-3,99" puan aralığı beklenen düzeyin kısmen üzerinde ve "4,00-5,00" puan aralığı ise beklenen düzeyin çok üzerinde performansı ifade etmektedir.

Özel yetenekli öğrencilerin hazırlık-1 kriterinde mühendisler ve mühendisliğe yönelik etkinliklerdeki performansları ve hazırlık-2 kriterinde biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik etkinliklerdeki performansları; tanımlama kriterinde tasarım problemine yönelik kriterleri ve kısıtlamaları tanımlama düzeylerine yönelik performansları; öğrenme kriterinde tasarım problemine yönelik fen ve matematik konularını öğrenme düzeylerine yönelik performansları; planlama-1 kriterinde tasarım planını açıklama düzeylerine ilişkin performansları; planlama-2 kriterinde ise taslak tasarımlarına karar vermelerine yönelik performansları; test etme kriterinde test etme sonuçlarından yola çıkarak tasarım problemini geliştirme düzeylerine yönelik performansları ve karar verme kriterinde ise tasarım ürününe karar verme durumlarının açıklanma düzeyine yönelik performansları belirlenmiştir.

4.1.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Hazırlık Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular

Hazırlık aşamasındaki özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri nitel veri analizine tabi tutularak kod bulutu oluşturulmuştur. Bu kod bulutu, Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Hazırlık aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu

Şekil 8 incelendiğinde özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasının sonucunda bazı kodlar yoğun olarak görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinde en çok kodlanan kodun tasarım problemi olduğu görülmektedir. Bu bulgu, öğrencilerin hem biyomimetik tasarım yaklaşımında hem de MTS'de mühendislerin ya da tasarımcıların nihai hedeflerinin tasarım problemi olduğunu vurgulamaktadır. Yine bu koda benzer olan kodlar yer almaktadır. Bu kodlar; tasarım ve mühendislik tasarım sürecidir. Bu bulgu, özel yetenekli öğrencilerin bu süreçte teorik bir durumun içinde yer almalarının çok ötesinde araştırmada bir özne olarak hipotez kurmalarını, planlama yapmalarını, modelleme ve üretim yapmalarını da içeren uygulamalı bir MTS'yi vurgulamaktadır. Bu kodlarla beraber, öğrencilerin biyomimikri, canlılar ve doğa kodlarını da fazlaca vurguladıkları görülmektedir. Bu durum özel yetenekli öğrencilerin tasarım probleminin çözümünde ana yaklaşım olarak biyomimetik tasarım yaklaşımını kullanacaklarını, diğer bir deyişle doğadan ilham alarak tasarım yapacaklarını göstermektedir. Canlı ve doğa kavramlarının kullanımı, tüm sınıf düzeylerinde özel yetenekli öğrencilerin ilham alacakları kaynakları geniş bir çerçeveye oturttuklarını göstermektedir. Bu duruma ek olarak doğa kodu ile öğrencilerin doğayı merak ettiklerini ve doğadan ilham alarak tasarım yapacaklarına yönelik durumu pekiştirmektedir. Şekil 8 incelendiğinde elde edilen kod bulutundan Biyo-MTS hakkında da ipuçlarına ulaşılmaktadır. Örneğin hipotez kurma, modelleme yapma, planlama, takım çalışması ve iletişim becerisi, hayal gücünü kullanma gibi kodlar Biyo-MTS'de

gerçekleşmesi beklenen davranışları da içermektedir. Dolayısıyla özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerindeki kodlamalar da bu durumu yansıtmaktadır. Ayrıca insanların yaşamlarını kolaylaştırma, yenilik, uzun yaşam, karbondioksit ve deniz suyunun dönüşümü gibi kodlar, öğrencilerin süreçteki amaçlarının doğaya ve insanlığa fayda sağlamak, yaşamı kolaylaştırmak ve yenilikçi çözümler ortaya koymak olduğunun altını çizmektedir. Uzun yaşam kodu, tasarlanan denizaltı keşif araçlarının dayanıklılığını ya da sürdürülebilirliğini de vurgulamaktadır. Karbondioksit ve deniz suyunun dönüşümü gibi kodların araştırmada öğrencilere örtük biçimde kazandırılması düşünülen çevre ve sürdürülebilirlik konularına da vurgu yapmıştır.

4.1.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Tanımlama Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular

Tanımlama aşamasındaki özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri nitel veri analizine tabi tutularak kod bulutu oluşturulmuştur. Bu kod bulutu, Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Tanımlama aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu

Şekil 9'daki kod bulutu incelendiğinde genel olarak özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarına ilişkin yalnızca onun ne olduğu değil bunun yanında onun neden ve kime yapıldığını, hangi kriterler doğrultusunda ve hangi kısıtlamalar altında tasarlanacağını açıklamaktadır. Tanımlama aşamasında da mühendislik tasarım süreci ve biyomimikri kodlarının yoğun

olarak kullanıldığı görülse de aslında diğer kavramlar, denizaltı keşif aracının tasarlanmasına ve bu tasarımın kriterlerini ve kısıtlamalarını belirlemeye odaklanmaktadır. Dolayısıyla, araştırmada denizaltı keşif aracının ve bu tasarımla okyanusların ya da denizlerin keşfi amacıyla tasarlandığı belirtilmiştir. Biyomimikri, biyolojik stratejiler ve yaşam ilkelerine de vurgu yapılmıştır. Bu vurgu ile tasarımın ortaya konmasında bu zorlu tasarım problemine çözümün doğadan aranarak kullanılacak temel yaklaşımın biyomimikri olduğu dile getirilmiştir. Doğa, insanlar için ilham almanın ötesinde karşılaştıkları zorluklara yönelik biyolojik strateji ve yaşam ilkeleri sunan bir kılavuz olarak konumlandırılmıştır. Ayrıca yapılacak keşiflerle yeni türlerin belirleneceği ve dolayısıyla da bilimin gelişimine katkıda bulunulacağı ifade edilmiştir. Su içindeki konum, değişen koşullara uyum, denizaltı gözlemi, tasarıma uygun malzeme seçimi gibi kriterler ve kısıtlamalara ilişkin kodlar da yer almaktadır. Öğrenciler bu kodlarla denizaltı keşif aracının ne yapması gerektiğini tanımlamaktadırlar. Özel yetenekli öğrenciler, aracın konumunu belirlemesi ve farklı koşullara adapte olması, temel işlevi olan keşif ve gözlem yapması gerektiğini vurgulamışlardır. Malzeme seçimi de bu işlevlerin düzgün bir şekilde yerine getirilmesi için kritik bir ihtiyaç olarak ifade edilmiştir. Diğer yoğun olarak görülen kodlar, kriterler ve kısıtlamalar, maliyet, zaman, malzeme, boyut ve doğada yok olma süresi kodlarıdır. Bu kodlar, tanımlama aşamasının kalbini oluşturmaktadır. Aslında özel yetenekli öğrenciler bu kodlarla, araştırmada tasarımlarını oluştururken hangi kriterlere ve kısıtlamaları daha çok dikkate aldıklarını göstermektedir. Bu durumun yanında doğada yok olma kısıtlaması, öğrencilerin sürdürülebilirlik konusunda hassasiyete sahip olduklarını da gösterebilir. Diğer kodlar incelendiğinde, Millî Savunma Bakanlığı, Dış İşleri Bakanlığı, UNESCO, uluslararası iş birliği, milli önem, ülkenin temsili gibi kodlar bu tasarımın yalnızca teknik bir durum olmadığını aynı zamanda ulusal ve uluslararası düzeyde stratejik öneme sahip olduğuna da dikkat çekmektedir. Bu sebeple öğrenciler, tasarımla ilişkili olan paydaşları da tanımlamışlardır. Bu durum, öğrencilerin tasarımı ciddi olarak ele aldıklarını gösteren önemli bir bulgudur.

4.1.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Öğrenme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Performanslarının Kategorilendirilmesine İlişkin Bulgular

Öğrenme aşamasına ilişkin Tablo 14'te özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerindeki performanslarının frekans ve yüzdeleri yer almaktadır.

Tablo 14

Öğrenme Aşamasında BMTD Performanslarının Frekans Aralığına göre Kategorilendirme

Aşama	Kategori	Frekans	Yüzde (%)
Öğrenme Aşaması	Beklenen düzeyin çok üzerinde	23	22,60
	Beklenen düzeyin kısmen üzerinde	16	15,70
	Beklenen Düzeyde	0	0,00
	Beklenen düzeyin kısmen altında	18	17,62
	Beklenen düzeyin çok altında	24	23,50
	Başarısız	21	20,58
Toplam		102	100

Tablo 14 incelendiğinde BMTD'ler öğrenme aşaması kapsamında özel yetenekli öğrencilerin performanslarının kategorilendirilmesi sonucunda ortaya çıkan performanslardan en yüksek frekansa sahip olan beklenen düzeyin çok altında, en az frekansa sahip olan performansın ise beklenen düzeyde kodunun olduğu görülmektedir. Diğer performansların ise kendi arasında daha yakın frekanslara sahip olacak şekilde elde edildiği görülmektedir. Bu performanslara ilişkin öğrenme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterlerindeki performansları çoğunlukla beklenen düzeyin altında olacak şekilde değerlendirildiği çıkarımına ulaşılmaktadır.

4.1.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Planlama Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular

Planlama aşamasındaki özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri nitel veri analizine tabi tutularak kod bulutu oluşturulmuştur. Bu kod bulutu, Şekil 10'da verilmiştir.



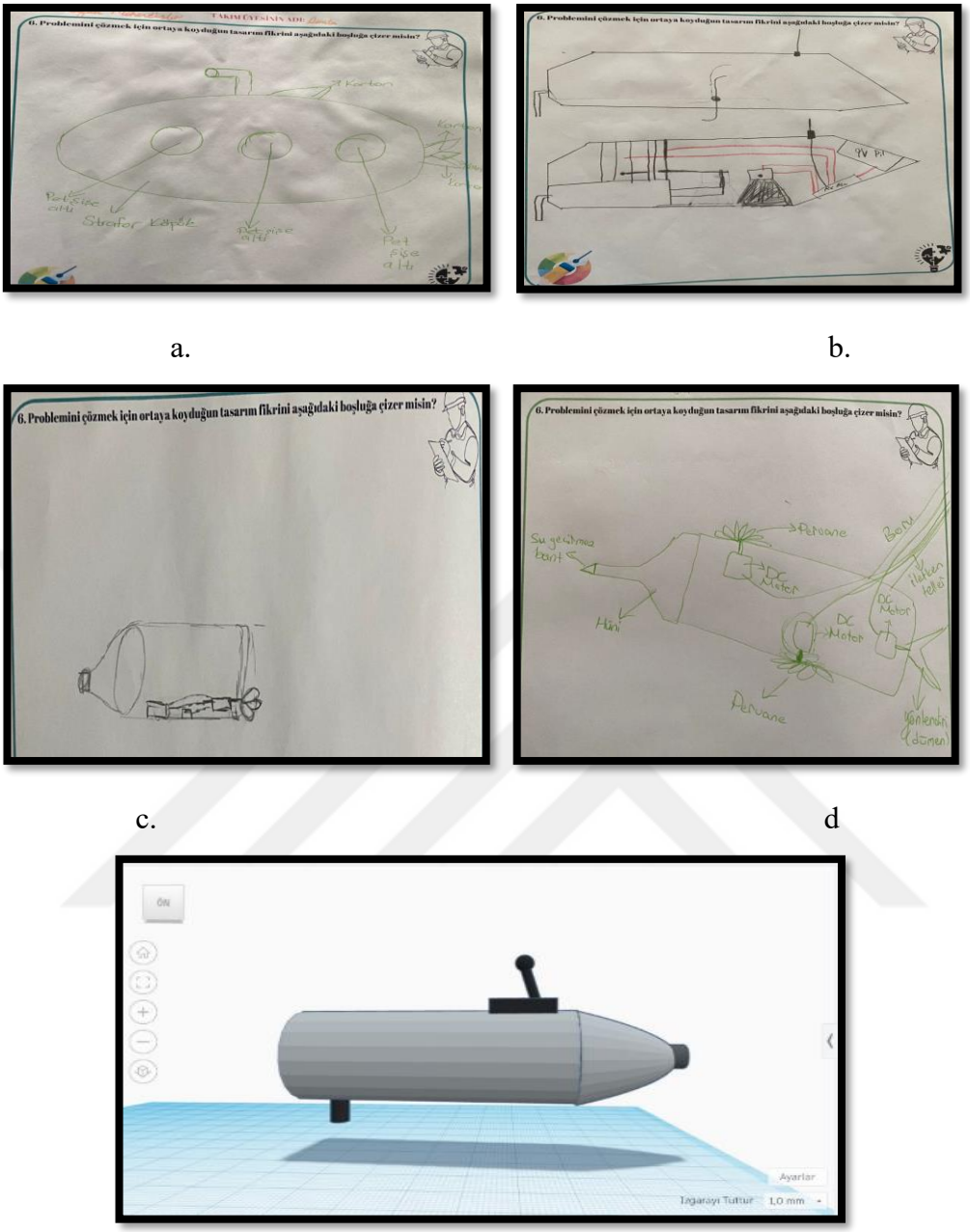
Şekil 10. Planlama aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu

Şekil 10'daki kod bulutu, özel yetenekli öğrencilerin tasarım fikirlerini nasıl somut tasarım eylemlerine ve bileşenlerine dönüştürdüklerini göstermektedir. Bu aşamada, tanımlama aşamasındaki genel kavramlardan ziyade tasarımın nasıl yapılacağı üzerine odaklanmışlardır. Bu kod bulutu incelendiğinde pet şişe, dc motor, yoğunluk kontrolü, pil, pil başlığı ve anahtar malzemelerinin yoğun olarak kullanıldığını göstermektedir. Bu durum, özel yetenekli öğrencilerin taslak tasarımlarını somut ve elle tutulur bir şekilde ortaya koyduklarını göstermektedir. Yoğun olarak kullanılan pet şişe, silikon çubuk, plastik hortum, sıvı yapıştırıcı gibi malzemeler, tasarımın maliyetini düşürmek için alınmış önlemler olarak düşünülmektedir. Böylece özel yetenekli öğrenciler tarafından tasarımın erişilebilir, düşük maliyetli ve hızlı prototipleme stratejisi üzerine kurulduğunu da göstermektedir. Diğer yandan dc motor, pil, pil başlığı, anahtar pervane, tel, arduino gibi planlama aşamasında ifade edilmiş olup da tasarımların nihai halinde kullanılmayan malzemeler de yer almaktadır. Bu malzemeler öğrencilerin suyu dikkate almadan yaptıkları tasarımlarına ilişkindir. Suyun elektronik malzemelerin olduğu bölmelere girmesi nedeniyle öğrencilerin tasarımları başarısız olmuştur. Bazı takımlarsa bu malzemeleri kullanmadan basit malzemelerle diğerlerine nazaran daha başarılı olunca başarısız olan takımlar da malzemelerini değiştirmişlerdir. Kod bulutunda ortaya çıkan diğer kodlar ise yoğunluk

kontrolü, yoğunluk, sıvı değiştirme, yüzeye ve suyun altına katmanlama kodlarıdır. Bu kodlar, su içindeki konum kriterine yönelik ortaya konan çözümleri ifade etmektedir. Aslında yoğunluğun kullanımı, denizaltı keşif aracının tasarlanmasında kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla öğrencilerin bu duruma dikkat çekmeleri önemli olarak düşünülmektedir. Son olarak somut biyomimetik uygulamalarına yönelik canlılar ve canlıların yapılarına ve işlevlerine de yer verildiği görülmektedir. Örneğin öğrenciler, köpek balığının derisini su direncini azaltmak, mürekkep balığının basıncı dengeleme sistemini yoğunluğu kontrol etmek, ahtapot kollarını hareket etmek veya tutmak, penguenlerin kanat yapısını hidrodinamik, kılıç balığının vücut yapısını su direncini aşmak veya hız, papağanın gagasını dayanıklılık veya tasarıma şekil vermek için kullanmak istemişlerdir. Öğrencilerin planlama aşamasındaki tasarım planlarının en güçlü yanı biyomimetiği genel bir felsefe olmaktan çıkarıp tasarım problemine yönelik doğadan spesifik ve uygulanabilir çözümleri ilham alarak bir mühendislik pusulası olarak kullanmışlardır. Bu aşama ile öğrenciler tasarımlarını ne ve neden ile tanımlamanın ötesinde nasıl tasarlayacaklarını da ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla bu aşamada ortaya çıkan kod bulutu, “Doğa bizim ustamız, biz ise onun çırağıyız.” ifadesinin mühendislik uygulamasında ete kemiğe bürünmüş hali olarak düşünülmektedir.

4.1.5. Özel Yetenekli Öğrencilerin Planlama Aşamasındaki Taslak Tasarımlarına İlişkin Bulgular

Doğacı Mühendisler Takımının Planlama Aşamasındaki taslak tasarımlarına ilişkin görseller Şekil 11’de yer almaktadır.



a. b.

c. d

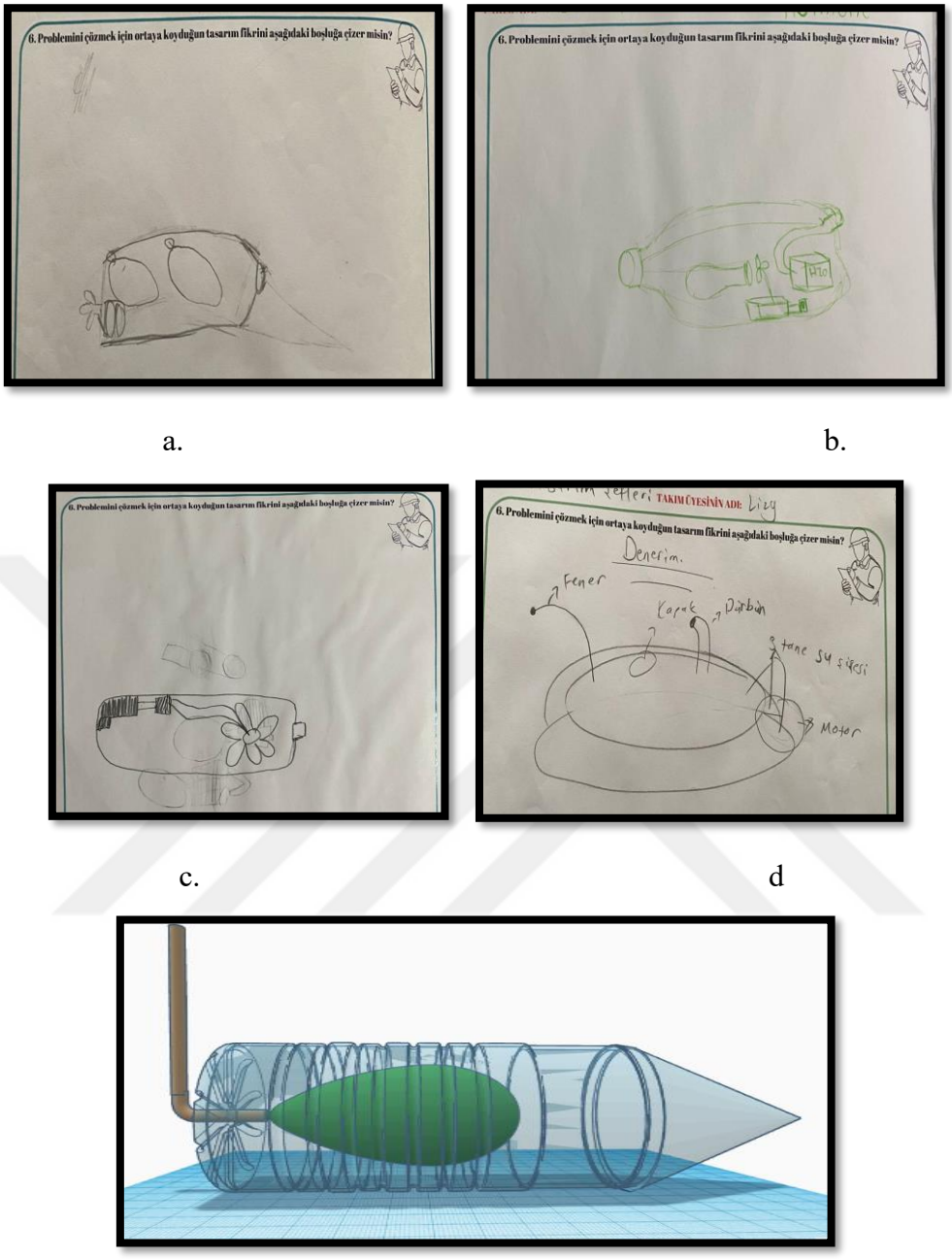
e.

Şekil 11. Doğacı mühendisler takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı

Şekil 11. a, b, c, d ve e'de sırasıyla Damla, Gazi Kemal, Lina, Asaf Miralayer ve Doğacı Mühendisler Takımının taslak tasarımları yer almaktadır. Damla'nın taslak tasarımı incelendiğinde tasarımına ilişkin malzeme kullanımına ve biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik çıkarım yapılamamaktadır. Yalnızca denizaltı keşif aracının dıştan görünüşüne yönelik bir çizimdir. Gazi Kemal'in taslak tasarımı incelendiğinde ise bu tasarımın Damla'nın tasarımına nazaran daha keskin hatlara ve iç tasarımın ayrıntılarına kadar daha detaylı düşünüldüğü görülmektedir. Bu tasarımda malzeme kullanımının nerede

kullanılacağına kadar kapsamlı bir şekilde çizim yapılmıştır. Özetle Gazi Kemal'in tasarımından dış görünüşünden başka denizaltı keşif aracının elektronik malzemeler kullanılarak gerçekleştirileceği, parçaların tasarımda nasıl yer alacağına yönelik fonksiyonel bir plan sunulmuştur. Ancak Gazi Kemal'in tasarımından da biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik bir çıkarım yapılamamaktadır. Lina'nın taslak tasarım fikrinde de malzeme kullanımına yönelik işaretler yer almaktadır. Lina'nın da tıpkı Gazi Kemal gibi elektronik olarak çalışacak bir denizaltı keşif aracı tasarlayacağı düşünülmektedir. Ancak Lina'nın tasarım fikrinin kapsam açısından Gazi Kemal'in daha gerisinde olduğu düşünülmektedir. Asaf Miralayer'in tasarım fikri ise Gazi Kemal'in çizgisinde detaylı ve kapsamlı olarak düşünülmüş ve diğer takım üyeleri gibi elektronik malzeme kullanımına dayalı olan bir tasarım yaklaşımı izlemiştir. Elektronik parçaların nasıl bağlanacağı ve hangi malzemelerin kullanıldığı tasarım fikrinden açıkça anlaşılmaktadır. Asaf Miralayer'i takım üyelerinden olumlu anlamda farklılaştıran diğer bir unsur ise biyomimetik tasarım yaklaşımına da yer vermesidir. Doğacı Mühendisler Takımının tasarım fikri ise daha net ve anlaşılır bir şekilde üç boyutlu modelleme yazılımında hazırlanmıştır. Tasarım fikrine göre denizaltı keşif aracının gövdesi silindirik bir yapıdan oluşmaktadır. Aracın ön kısmı hidrodinamik olarak su direncini azaltmaya yönelik sivri tasarlanmıştır. Arka kısmı ise daha düz bir yapıdadır. Tasarım fikrinde periskop da konulmuştur. Alt kısmında ise aracın dengesini koruyacak bir kısım yer almaktadır. Özetle, Doğacı Mühendisler Takımı, tasarım fikirlerini daha somut bir hale getirmişlerdir. Daha önce elle çizilen tasarım fikirlerine nazaran daha anlaşılır bir hale gelmiştir. Takımın daha çok aracın hidrodinamik ögelerine odaklandıkları düşünülmektedir. Malzeme kullanımı ve biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik bir çıkarım yapılamamaktadır.

Tasarım Şefleri Takımının Planlama Aşamasındaki taslak tasarımlarına ilişkin görseller Şekil 12'de yer almaktadır.



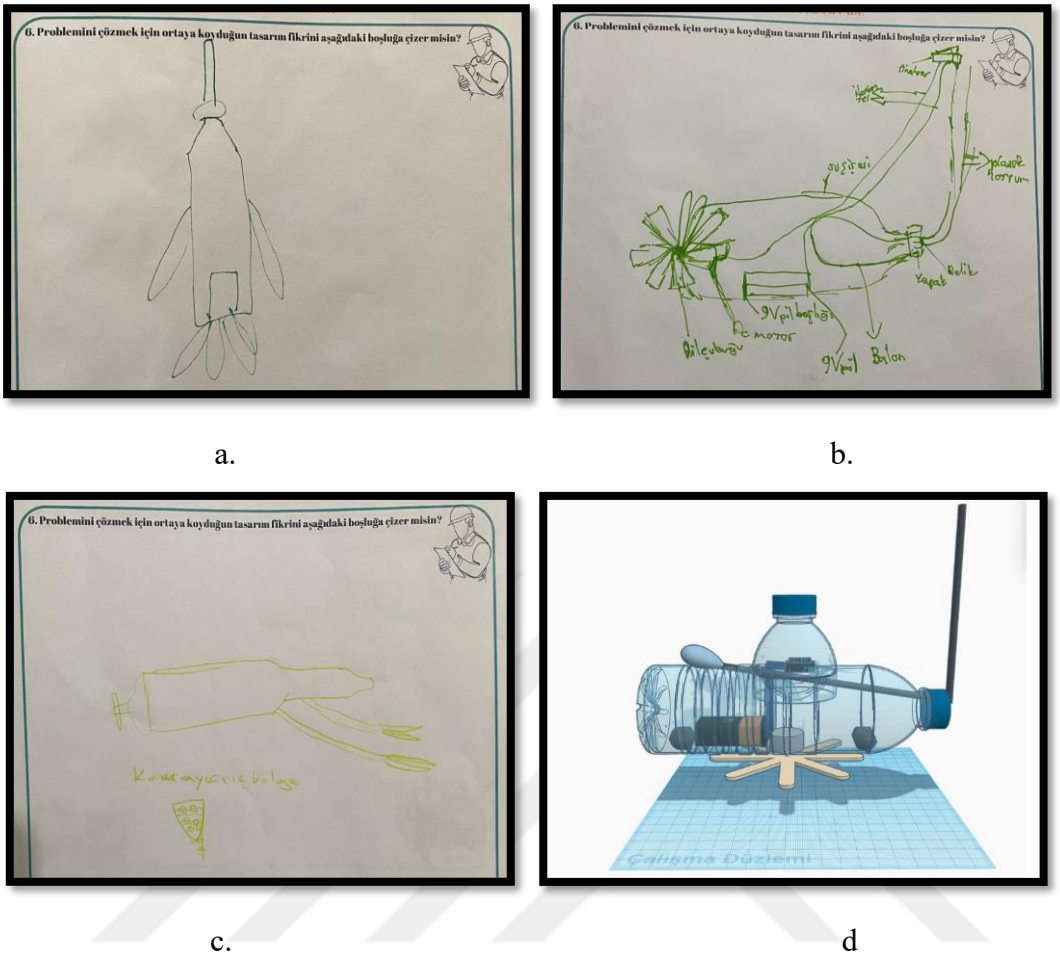
Şekil 12. Tasarım şefleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı

Şekil 12. a, b, c, d ve e'de sırasıyla Poyraz, Hermione, Ahmet, Lizy ve Tasarım Şefleri Takımının taslak tasarımları yer almaktadır. Poyraz'ın taslak tasarımı incelendiğinde kullanılacak malzemeler, belirgin olarak anlaşılmaktadır. Poyraz tasarımının hem iç kısmını hem de dış kısmını resmetmiştir. Ancak denizaltı keşif aracında balonları kullandığı görülmektedir. Poyraz, balonları kullanarak denizaltı keşif aracının yoğunluğunu kontrol ederek onun batıp çıkmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Bu durum doğada yaşayan bazı deniz canlılarının da suda yükselmek ve batmak için hava keselerini kullanmalarına benzer

bir yapıdadır. Poyraz'ın taslak tasarımının çizimi görünüş açısından estetik olmasa da biyomimetik tasarım yaklaşımını da kullandığı görülmektedir. Poyraz'ın tasarımından balonların nasıl şişip havasının indirileceğine yönelik detaylar yer almamaktadır. Ayrıca Poyraz'ın tasarımının elektronik parçalarla çalışacağı düşünülmektedir. Ancak bu parçaların nasıl su için korunacağına ilişkin de bir çıkarım yapılamamaktadır. Özetle Poyraz'ın tasarımında öne çıkan özellikler, biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanımı ve kullanılacak malzemelerin belirgin olmasıdır. Yalnızca bu kriter ve kısıtlama ile tasarımın başarılı olması mümkün görünmemektedir. Tasarımda diğer kriterler ve kısıtlamalar bakımından belirsizlikler bulunmaktadır. Bu belirsizliklerin giderilmesi için kapsamlı bir mühendislik çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Hermione'nin tasarım fikri incelendiğinde tasarımında kullanacağı malzemeler, belirgin olarak görülmektedir. Hermione, balon kullanarak denizaltı keşif aracının yoğunluğunu kontrol etmek istemektedir. Ancak burada bulunan kutunun pil mi su depolama sistemi mi olduğu anlaşılamamaktadır. Eğer o kutu pil ise balonu DC motor kullanarak şişirerek yoğunluğu kontrol etmesi mümkün görünmemektedir. Ayrıca Hermione, ya suyu doldurup boşaltan bir sistemle yoğunluğu kontrol etmek istemekte ya da o bölüm pil bölümüdür. Bu bölüm anlaşılamamaktadır. Eğer, su depolama ile yoğunluk kontrolü ise Hermione'nin bu fikri daha makul olarak görülmektedir. Hermione'nin tasarım fikrinin güçlü yanları basit ve pratik malzemeler kullanmasına ve temel işlevlere odaklanmasıdır. Geliştirilmesi gereken yanları ise H_2O yazan kutunun işlevinin pil olarak kullanmak mı yoksa su depolamamı yapılacak anlaşılamamaktadır. Ayrıca bu tasarım fikrinde biyomimetik tasarım ilkelerine yönelik çıkarıma da ulaşılamamaktadır. Dolayısıyla tasarım fikrinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ahmet'in tasarımı incelendiğinde basit bir yapıda olan bir tasarım olduğu görülmektedir. Malzemeleri belirgin olarak görülmektedir. Ahmet'in tasarım fikrinde tasarımın iç kısmında pervane kullandığı görülmektedir. Bu pervane ile yoğunluğu kontrol veya ileri-geri hareket etmek için kullanacağı düşünülmektedir. Ancak her iki durumda da yapmak istediklerini başaramayacağı düşünülmektedir. Yoğunluğun kontörlü için pervane yeterli değildir. Pervanenin tasarımın içerisinde yer alması onun ileri-geri hareketini sağlayamayacaktır. Taslak tasarım fikrinde biyomimetik tasarım ilkelerine yönelik çıkarım yapılamamaktadır. Tasarımın geliştirilmesi gerekmektedir. Lizy'nin tasarım fikrinin ana gövdesi diğer tasarımlardan farklı olarak oval olarak çizilmiştir. Ancak öğrencilere verilen malzemeler dışında malzeme kullanılmadan bu tasarımın ortaya konması mümkün değildir. Lizy'nin

tasarım fikrinde fener, dürbün yer almaktadır. Bu bölümler denizaltı keşif aracının kullanım amacına yönelik olması nedeniyle başarılıdır. Malzeme olarak 3 şişe kullanımı yazılmıştır. Bu şişelerin kullanım miktarı fazladır. Lizy'nin de elektronik parçalardan oluşan bir tasarım fikrine sahip olduğu görülmektedir. Yalnızca Lizy'nin çiziminden hareket edilecek olursa görünüş kapsamında estetik görünmediği görülmektedir. Ancak prototipin tasarlanmasıyla var olan tasarımların çok ötesinde yenilikçi ve estetik bir tasarım ortaya konabilir. Lizy'nin tasarım fikrinin güçlü yanları gelişmiş gözlem yapmaya imkân sunması, net işlevsel yapılara ve fener balığından ilham alarak ışıklandırma sistemi kullanmaya yer vermektedir; geliştirilmesi gereken yanları ise tasarıma suyun girişinin kontrolü nasıl olacak, motorun ve pervanelerin nasıl çalışacakları belirgin değildir. Tasarım Şefleri Takımının tasarım fikri incelendiğinde tasarımlarını takım üyelerinin fikirlerinden oldukça farklılaştırdıkları görülmektedir. Bu durumun nedeni, maliyeti ve doğada yok olma süresi gibi kısıtlamalara uygun olarak tasarım yapma girişimi olabilir. Ayrıca tasarımın kolay bir şekilde batma ve çıkma işlevlerini yerine getirerek sudaki konum kriterine uyulacağını göstermektedir. Balon ile yoğunluk kontrolü de yapılacaktır. Özetle, Tasarım Şefleri Takımının denizaltı keşif aracı tasarımı için başarılı, az maliyetli ve doğaya zarar vermeyen somut bir mühendislik ürünü ortaya koydukları düşünülmektedir.

Geleceğin Mühendisleri Takımının Planlama Aşamasındaki taslak tasarımlarına ilişkin görseller Şekil 13'te yer almaktadır.



a. b.

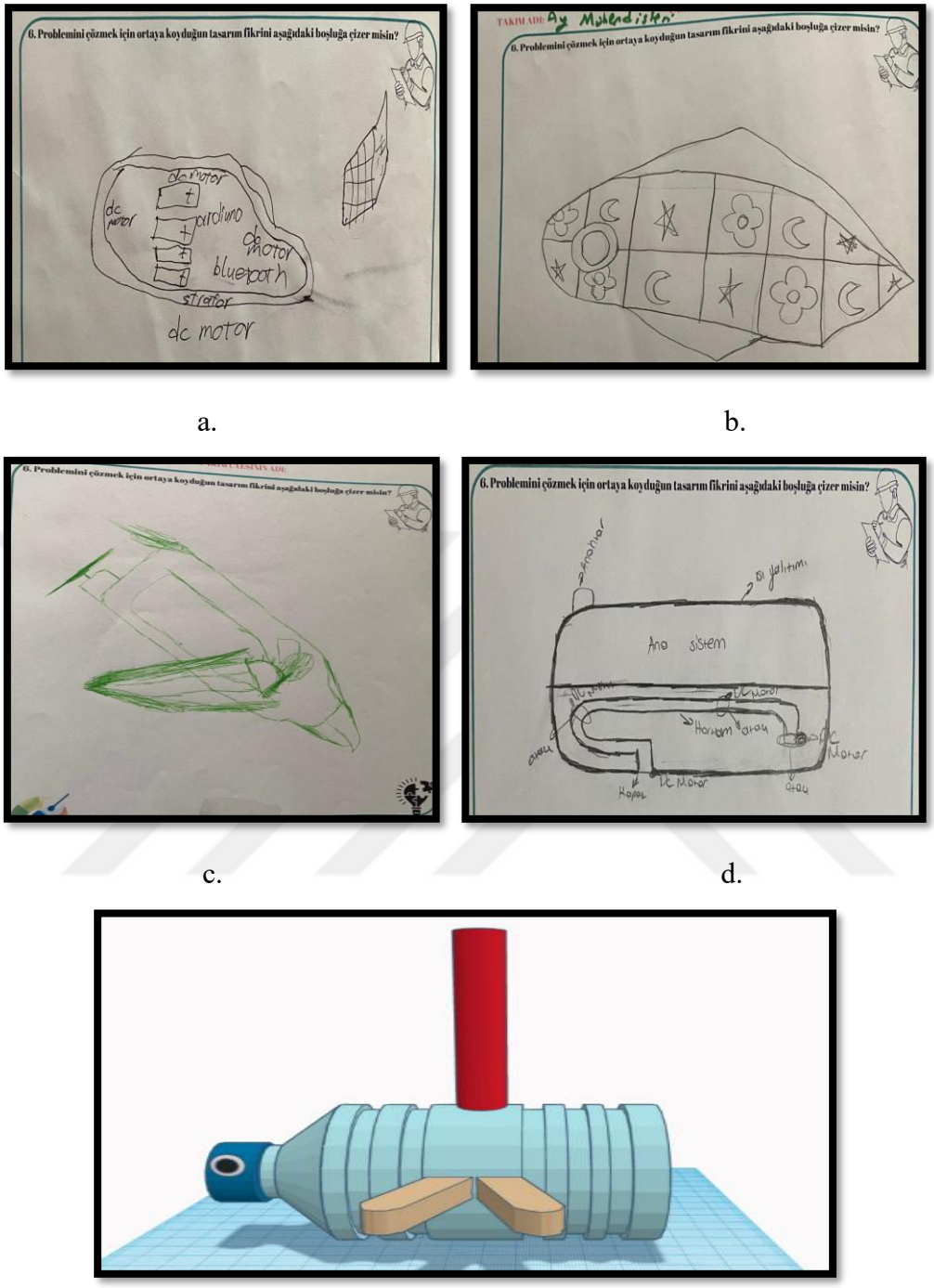
c. d

Şekil 13. Geleceğin mühendisleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı

Şekil 13. a, b, c ve d'de sırasıyla Atlas, Semra, Muslera ve Geleceğin Mühendisleri Takımının taslak tasarımları yer almaktadır. Atlas'ın tasarımı incelendiğinde tasarım fikrinin denizaltı keşif aracından ziyade bir rokete benzemektedir. Bu dik yapısı ile diğer tasarımlardan farklılaşmaktadır. Ancak bu tasarım ile suyun içinde nasıl hareketin sağlanacağına yönelik çıkarım yapılamamaktadır. Bu tasarım fikrinin ortaya konma nedeni olarak sudaki konum kriterinde aracın batıp çıkmasının istenmesi olduğu düşünülmektedir. Tasarımın alt kısmında itici bir mekanizmanın olduğu görülmektedir. Bunu pervane ile yapacağı düşünülmektedir. Ayrıca tasarımın yanlarında yüzgeç benzeri yapılar bulunmaktadır. Dolayısıyla biyomimetik tasarıma uygundur. Atlas'ın güçlü yanları yaratıcılık veya özgünlük, dikey hareket potansiyeli ve basit düşünmektir. Atlas'ın geliştirilmesi gereken yanları ise yatay hareket ve manevraların nasıl yapılacağı, su içinde dikey formda stabilite sorunları, gözleme yönelik ekipmanların yer almaması ve görünüşünün estetik olmaması şeklinde düşünülmektedir. Semra'nın tasarım fikrinin oldukça kapsamlı ve detaylıca tasarlandığı görülmektedir. Semra'da tasarım fikrinde

elektronik parçaları kullanmıştır. Malzemeleri ve tasarımın bileşenlerinin nasıl yerleştirildiği çok net bir şekilde ifade edilmiştir. Aracın bir gözlem aracı olması nedeniyle fener de yerleştirilmiştir. Semra'nın tasarım fikri şimdiye kadar olan tasarımlardan en detaylı ve işlevsel olan tasarımdır. Semra'nın tasarımın güçlü yönleri hem mekanik hem de elektronik parçalardan oluşan bütüncül bir sistem entegrasyonu, her bir bileşenin amacı ve birbiriyle ilişkisi açıkça belirtilerek işlevselliğe odaklanmayı sağlamıştır. Semra'nın tasarım fikrinde geliştirilmesi gereken yanları ise elektronik parçaların kullanılması nedeniyle tasarımın su almaması için ne yapılacağı ve biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik vurguların belirtilmemesidir. Muslera'nın tasarımı incelendiğinde taslak tasarımın biyomimetik tasarım yaklaşımına başarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Tasarımın amacı keşif ve gözlem yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda Muslera tasarım fikrinde kollara ve kavrama bölgelerine yer vermiştir. Böylece tasarımın denizlerin veya okyanusların derinliklerinde bir şeyleri tutma veya örnek alma gibi ek işlevlere sahip olacağını göstermektedir. Tasarım fikrinde pervanenin tasarımın dışında itici güç olarak yer aldığı da görülmektedir. Muslera'nın tasarım fikrinin güçlü yanları gelişmiş bir keşif aracına yönelik işlevlere sahip olması, biyomimetik tasarım ilkelerine yer vermesi ve yaratıcılık veya özgünlük olarak ifade edilebilir. Muslera'nın tasarım fikrinin geliştirilmesi gereken yanları ise kolların kullanımının oluşturduğu mühendislik zorluğu ve bu durumun su direncine sebep olması, su içerisinde denge ve ağırlığın artmasının batmayı ve çıkmayı olumsuz etkilemesi ve bu kadar karmaşık bir sistemin maliyeti ve doğada yok olma süresini yükseltmesi olabilir. Geleceğin Mühendisleri Takımının tasarımları incelendiğinde tasarımın Semra'nın ve Muslera'nın tasarım fikrinden yola çıkılarak ortaya konulduğu düşünülmektedir. Takımın tasarımında güçlü yanlar olarak pragmatik bir yaklaşım izlendiği görülmektedir. Bu yaklaşım hem maliyeti düşürmek hem de tasarımın amacına uygun olması şeklinde açıklanabilir. Tasarımın işlevsel olduğu da görülmektedir. Ayrıca yaratıcı ve çeşitliliği de barındırdığı düşünülmektedir. Takımın tasarımında geliştirilmesi gereken yanlar biyomimetik tasarım yaklaşımına ve bu belirlenen tasarımda malzemelerin birbirleriyle entegre olarak nasıl çalışacağına yönelik çıkarıma ulaşılamamaktadır. Özetle Geleceğin Mühendisleri Takımının tasarım fikirleri, problem çözmeye odaklı, somut ve uygulanabilir mühendislik çözümleri ortaya koymaktadır.

Ay Mühendisleri Takımının Planlama Aşamasındaki taslak tasarımlarına ilişkin görseller Şekil 14'te yer almaktadır.



a. b.

c. d.

e.

Şekil 14. Ay mühendisleri takım üyelerinin ve takımın taslak tasarımı

Şekil 14. a, b, c, d ve e'de sırasıyla Sirius, Eda, Çınar, Arden ve Ay Mühendisleri Takımının taslak tasarımları yer almaktadır. Sirius'un tasarım fikri incelendiğinde elektronik kontrol ve otomasyon sistemlerine odaklandığı ve ileriye dönük ve karmaşık bir tasarımdır. Sirius, tasarımında iç mekanizmalara odaklanmıştır. Bu mekanizmalarda Arduino ve bluetooth gibi akıllı kontrol parçalarına da yer vererek aracın uzaktan kontrolüne de imkân verecek şekilde

düşündüğü görülmektedir. Sirius'un tasarımının güçlü yanları gelişmiş bir kontrol sistemine sahip olması, kablosuz iletişime imkân vermesi, karmaşık hareket yeteneğinin olması ve modern mühendislik yaklaşımlarını içermesidir. Sirius'un tasarımının geliştirilmesi gereken yanları ise Dış gövde tasarımı, bu tasarımın görünüş olarak estetik olmaması, bu kadar elektronik malzeme kullanımında aracın içerisinin sudan nasıl korunacağının belirtilmemesi, maliyet ve doğada yok olma süresinin artması ve biyomimetik tasarım yaklaşımına yer verilmemesi olarak ifade edilebilir. Eda'nın tasarımının güçlü yanları incelendiğinde, estetik ve özgün bir yapıda olması, modüler olarak tasarlanmış bir panel ile sensör, depolama ve enerji sistemleri için esneklik sağlamasıdır. Eda'nın tasarımında geliştirilmesi gereken yanları ise aracın sudaki hareketinin nasıl sağlanacağı belirsizdir. Aracın suda nasıl batıp çıkacağı belirgin değildir. Ayrıca verilen malzemelerle bu şekilde bir tasarım yapılamayacaktır. Bu nedenle de aracın maliyetinin yükselme riski bulunmaktadır. Son olarak biyomimetik tasarım yaklaşımına yönelik bir çıkarım yapılamamaktadır. Özetle, Eda'nın tasarımı yaratıcı, estetik ve çok işlevli bir potansiyele sahiptir. Çınar'ın tasarımı incelendiğinde tasarımın öne çıkan en güçlü yanı, biyomimetik tasarım yaklaşımının kullanımının en iyi örneklerinden biri olmasıdır. Aracın ön kısmı kuş kafasına, aracın yan kısımlarında kuşların kanatlarına benzer yapıda bölümlerin yer alması doğadan ilham alınarak tasarım yapıldığına dair güçlü bir şekilde kanıt sunmaktadır. Alınan bu ilhamın deniz kuşları veya balıkların hidrodinamik işlevlerinden yararlanıldığı düşünülmektedir. Ayrıca tasarımda hem kanat yapısının olması hem de pervaneli bir sistemle batıp çıkmanın ve ileri geri hareketinin kolaylaşacağını göstermektedir. Tasarımın kuşlara benzerliği, denizaltı keşif aracının yalnızca işlevsel değil aynı zamanda görünüm açısından da estetik bir hale getirmektedir. Çınar'ın tasarımında geliştirilmesi gereken yanlar ise iç mekanizmaya dair yeterli ayrıntının bulunmaması, denge sisteminin nasıl sağlanacağının belirgin olmaması, hangi malzemelerin kullanılacağının tasarımdan anlaşılamaması ve kanatların işlevlerine yer verilmemesidir. Arden'in tasarımı incelendiğinde tasarım fikrinin güçlü yanları, entegre edilmiş su yönetim sistemi kullanılması ve bunun yaşam alanı kısmından ayrılması, çoklu motor kullanımı, sızdırmazlık konusunda en önemli tasarıma sahip olması ve karmaşık bir kontrol mekanizmasının olması (hem mekanik hem elektronik sistem) şeklinde ifade edilebilir. Arden'in tasarım fikrindeki geliştirilmesi gereken yanları ise gövdenin şekli itibariyle şişeden yapılması mümkün değildir. Bu nedenle hangi malzeme ile bu tasarımın gerçekleştirileceğine dair çıkarım yapılamamaktadır. Bu durumda maliyet ve

doğada yok olma sürelerini arttıracaktır. Aracın çalışma mekanizmasının belirgin olmaması nasıl çalışacağının anlaşılamamasına neden olmaktadır. Karmaşık bir sistem olması nedeniyle büyük bir mühendislik zorluğu oluşturabilir. Takıma ait tasarımın güçlü yanları, yüksek mühendislik uygulamaları içermesi, yaratıcılık ve çeşitlilik içermesi, biyomimetik tasarım yaklaşımını içermesi ve tasarım problemine uygun detaylı tasarım çözümlerinin sunulmasıdır. Takımın tasarım fikrinde geliştirilmesi gereken yanları ise iç tasarıma ilişkin nasıl bir tasarım yapıldığı belirsizdir. Bu nedenle kullanılacak malzemeler de belirgin olmamaktadır. Bu durumda maliyeti ve doğada yok olma süresini olumsuz etkileyecektir. Ay Mühendisleri Takımı, genel olarak incelendiğinde takımın tasarım problemine yönelik çok yönlü, yenilikçi ve mühendislik odaklı yaklaştıkları görülmektedir. Diğer yandan takımın tasarımının ortaya konmasında takım üyelerinin çok kapsamlı olan tasarımlarının nasıl entegre edilip bir ürün haline getirilmesi de sorun oluşturabilir.

4.1.6. Özel Yetenekli Öğrencilerin Test Etme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular

Test Etme aşamasındaki özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri nitel veri analizine tabi tutularak kod bulutu oluşturulmuştur. Bu kod bulutu, Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. Test etme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu

Şekil 15'teki kod bulutu incelendiğinde kod bulutunun merkezinde su içindeki konum kriterinin karşılanamaması yer almaktadır. Bu kodun özel yetenekli öğrenciler tarafından denizaltı keşif aracının test edilmesinde karşılaşılan en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumun oluşma nedeni, denizaltı keşif aracı ile suyun yoğunluğu düşünülmeden yapılan tasarım olduğu görülmektedir. Genel olarak öğrenciler tarafından yapılan tasarımların suyun dibine batıp çıkamadıkları görülmüştür. Bu kodla ilişkilendirilen kodlarda batma sorunun çözümü ve batıp çıkma problemini çözme kodları ilişkilendirilmektedir. Çünkü denizaltı keşif araçlarının en önemli işlevlerinden biri aracın istenildiği gibi batıp çıkmasını sağlamaktır. Bu kriterin aracın verimliliği bakımından kilit role sahiptir. Bu durumun çözümünde, özel yetenekli öğrenciler, delik açma, taş koyma ve balon önerilerini öne sürmüşlerdir. Bu sorunun çözümünde ilgili kodlarla öneride bulunan özel yetenekli öğrenciler, yoğunluğu kontrol altına alarak bu sayede denizaltı keşif aracının batıp çıkmasını sağlayacaklarını dile getirmişlerdir. Suda batıp çıkma işlevinin dışında özel yetenekli öğrenciler, tasarımda Nautilusların gövde, Balon balığının yüzgeç, insanların akciğer, Mahmuzlu Camgözün mahmuz, Ornitorenklerin mahmuz yapısının kullanmayı düşündüklerini ifade etmişlerdir. Bu canlılar incelendiğinde genellikle suda yaşayan canlılar oldukları görülmekle birlikte bu canlıların seçilme nedeni, suda batıp çıkma kriterini sağlamaya yöneliktir. Doğadaki bu yapıların denizaltı keşif aracının batıp çıkmasını sağlayıp hareketlerini kolaylaştırıp suda dengede kalmasını sağlayacaktır. Ayrıca bu önerilerde bulunulması aracın sudaki yoğunluğunun kontrolünü sağlayacaktır. Son olarak özel yetenekli öğrenciler tasarımlarının görünüş kriterini karşılamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu kapsamda genel olarak dil çubuğu kullanarak bu sorunu çözmeyi planlamışlardır. Sonuç olarak bu kod bulutu ile test aşamasında özel yetenekli öğrenciler tarafından denizaltı keşif aracının test edilerek olası hatalarının belirlenmesine ve bu hataların çözüme kavuşturulmasını içeren bir aşamadır. Bu aşamada özel yetenekli öğrenciler tasarladıkları denizaltı keşif aracının temel işlevlerini (batıp çıkma ve hareket etme gibi) kendilerine sunulan test ortamında test etmişlerdir ve tasarımlarıyla ilgili olası sorunları tespit etmişlerdir. Bu sorunlara yönelik çözüm önerilerini de sunarak tasarımlarında iyileştirmeler yapmışlardır. Bu aşamada özel yetenekli öğrenciler, özellikle su içindeki konum kriterine yönelik oluşan zorlukla baş etmişlerdir. Diğer yandan tasarımın estetik görünümünü de önemsedikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.7. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Aşamasındaki Mühendislik Tasarım Defterlerinin Kodlanmasına İlişkin Bulgular

Karar verme aşamasındaki özel yetenekli öğrencilerin BMTD'leri nitel veri analizine tabi tutularak kod bulutu oluşturulmuştur. Bu kod bulutu, Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Karar verme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin kodlanmasına yönelik kod bulutu

Bu aşamada ilgili kodlar incelendiğinde mevcut tasarımın belirlenen sorunlarının değiştirilmesi, ilham alınan mevcut canlıların ilgili yapılarının kullanılması veya değiştirilmesi, malzeme seçimi, maliyetin belirlenmesi ve tasarımın kriterlere ve kısıtlamalara uygunluğu gibi konularda tasarıma ilişkin kararın alınması ve tasarımın onaylanması durumu gerçekleştirilmiştir. Şekil 16'daki kod bulutu incelendiğinde kod bulutunun merkezinde pet şişe kodu yer almaktadır. Bu kod ile yakın frekansa sahip olan malzeme kullanımı ile ilgili kodlar plastik hortum, balon, silikondur. Bu kodların yoğun frekansa sahip olmasının nedeni denizaltı keşif aracının tasarlanmasında kullanılan temel malzemeler olmasıdır. Özellikle pet şişenin tasarımın ana gövdesini oluşturmakta kullanılmasıdır. Bu durumun tasarımda maliyeti düşürmeye yönelik olduğu düşünülmektedir. Ancak doğada yok olma süresini ise arttırdığı da düşünülmektedir. Balon ve plastik hortum, tasarımın suyun içine batıp çıkmasından diğer bir ifadeyle yoğunluğun arttırılıp azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Silikon ise tasarıma ait bileşenlerin yapıştırılması amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca özel yetenekli öğrencilerin planlama

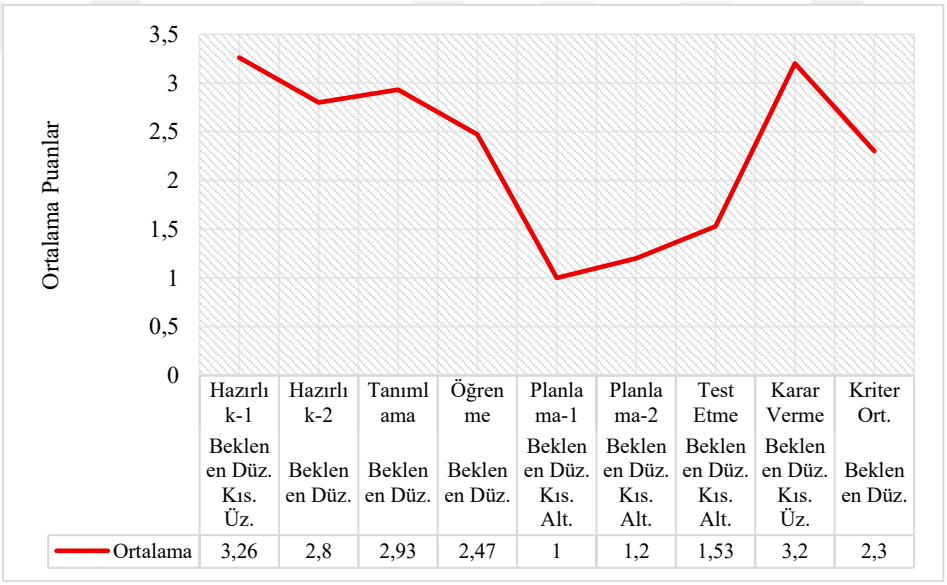
aşamasında belirledikleri malzemelerin pek çoğunu kullanmama kararı almışlardır. Bu kararlarını malzemelerini azaltma kodundan çıkarılmaktadır. Böylece özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarının maliyetini düşürme ve doğada yok olma sürelerinin azaltmalarının bir sonucudur. Maliyeti düşürmelerini gösteren diğer bir kod ise maliyet ve tasarımı değiştirmeye gerek yok kodunun veya tasarıma uygunluk kodlarının varlığıdır. Bu durumda da özel yetenekli öğrenciler tarafından hem sadece işlevsel değil aynı zamanda ekonomik hem de doğa dostu bir tasarıma doğru bir yönelim içinde olduklarını göstermektedir. Özel yetenekli öğrenciler tarafından en çok vurgulanan diğer bir kod ise tasarımda değişikliğe gerek yok kodudur. Bu kod özel yetenekli öğrencilerin karar verdikleri tasarımda yeniden bir değişiklik yapmak istemediklerini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle tasarımlarının son halini onaylamaktadırlar. Özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarına kriterlerini, kısıtlamalarını, test sonuçlarını ve takım içinde tartışmalarını dikkate alarak karar aldıklarını göstermektedir. Özel yetenekli öğrencilerin tanımlama aşamasında kendilerine sunulan kriterlere ve kısıtlamalara uygun bir şekilde tasarım yaptıkları ve tasarımın nihai halinde bunlara göre karar aldıklarını kriterlere ve kısıtlamalara uygunluk ile kriterlere ve kısıtlamalara göre karar verdik kodları ile ortaya çıkmaktadır. Özel yetenekli öğrenciler, tasarımlarına karar vermelerinde test sonuçlarını da dikkate almışlardır. Bu durum test sonuçlarına göre karar verme kodu ile görülmektedir. Bu kod ile özel yetenekli öğrencilerin rasyonel ve veri odaklı bir şekilde karar aldıklarını göstermektedir. Ayrıca takım içinde tartışarak kodu ile özel yetenekli öğrencilerin kararlarının kollektif bir çaba ve takım içi fikir alışverişi ile verildiğini göstermektedir. Sonuç olarak; özel yetenekli öğrenciler, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinde tasarımlarına yönelik kritik olan karar verme aşamasını tamamladıklarını ve tasarımlarının çoğunlukla onayladığını göstermektedir. Karar verme sürecinde özellikle maliyetin düşürülmesi, malzemelere karar verilmesi ve kriterlere ve kısıtlamalara uygun olma durumları özel yetenekli öğrencilerin temel olarak karar verme faktörleri olarak öne çıkmaktadır. Tasarımlara yönelik fazla malzemelerin çıkarılması şeklinde alınan kararlar tasarımın doğada yok olma süresinin düşürülmesi ve az malzeme ile kaynak verimliliğine de katkıda bulunmaktadır. Test sonuçlarına göre karar alınması, öğrencilerin bilimsel ve verilere dayalı olarak tasarım yaptıklarını göstermektedir. Özetle, karar verme aşamasında denizaltı keşif aracının ve ortaya konulan tasarım çözümlerinin uygulanabilir, düşük

maliyetle, doğa dostu tasarım ve tasarımın amaçlarına ulaşmak için yeterli olduğuna yönelik özel yetenekli öğrenciler tarafından belirgin bir onayın verildiğini de göstermektedir.

4.1.8. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 77. Aşamalara göre BMTD performans grafiği

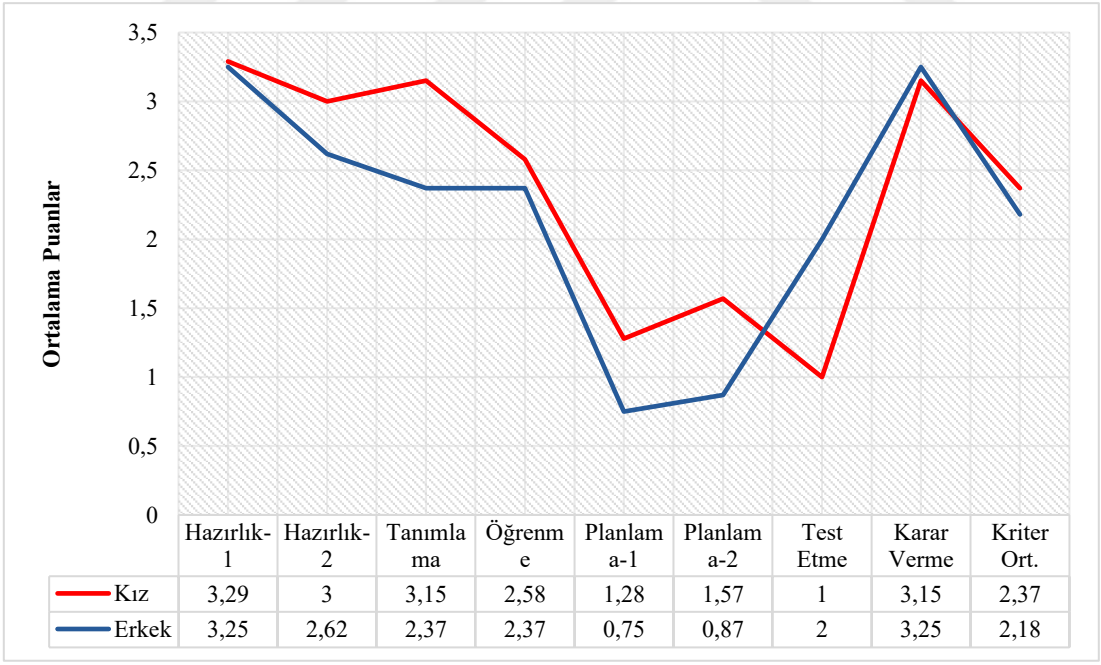
Özel yetenekli öğrencilerin MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre performansların hazırlık-1 kriterinde ($\bar{X}$ = 3,26) beklenen düzeyin kısmen üzerinde; hazırlık-2 kriterinde ($\bar{X}$ = 2,80) beklenen düzeyde; tanımlama kriterinde ($\bar{X}$ = 2,93) beklenen düzeyde; öğrenme kriterinde ($\bar{X}$ = 2,47) beklenen düzeyde; planlama-1 kriterinde ($\bar{X}$ =1,00) beklenen düzeyin kısmen altında; planlama-2 kriterinde ($\bar{X}$ =1,20) beklenen düzeyin kısmen altında; test etme kriterinde ($\bar{X}$ =1,53) beklenen düzeyin kısmen altında; karar verme kriterinde ($\bar{X}$ =1,20) beklenen düzeyin kısmen üzerinde olduğu görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin en

yüksek performans gösterdiği kriter, hazırlık-1 kriteri ($\bar{X}$ = 3,26) olup en düşük performans gösterdiği kriterin ise planlama-1 kriteri ($\bar{X}$ = 1,00) olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde kriterlere göre ortalama puanın değişkenlik göstererek dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin aşamalara göre ilgili rubrikle değerlendirilmesiyle tüm kriterlere ilişkin ortalama performanslarının ($\bar{X}$ =2,30) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin aşama boyutu kapsamında başarılı bir performans sergiledikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.9. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin cinsiyet açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre cinsiyet bakımından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 18'de verilmiştir.



	Hazırlık-1	Hazırlık-2	Tanımlama	Öğrenme	Planlama-1	Planlama-2	Test Etme	Karar Verme	Kriter Ort.
Kız	3,29	3	3,15	2,58	1,28	1,57	1	3,15	2,37
Erkek	3,25	2,62	2,37	2,37	0,75	0,87	2	3,25	2,18

Şekil 8. Aşamalara göre cinsiyet açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda

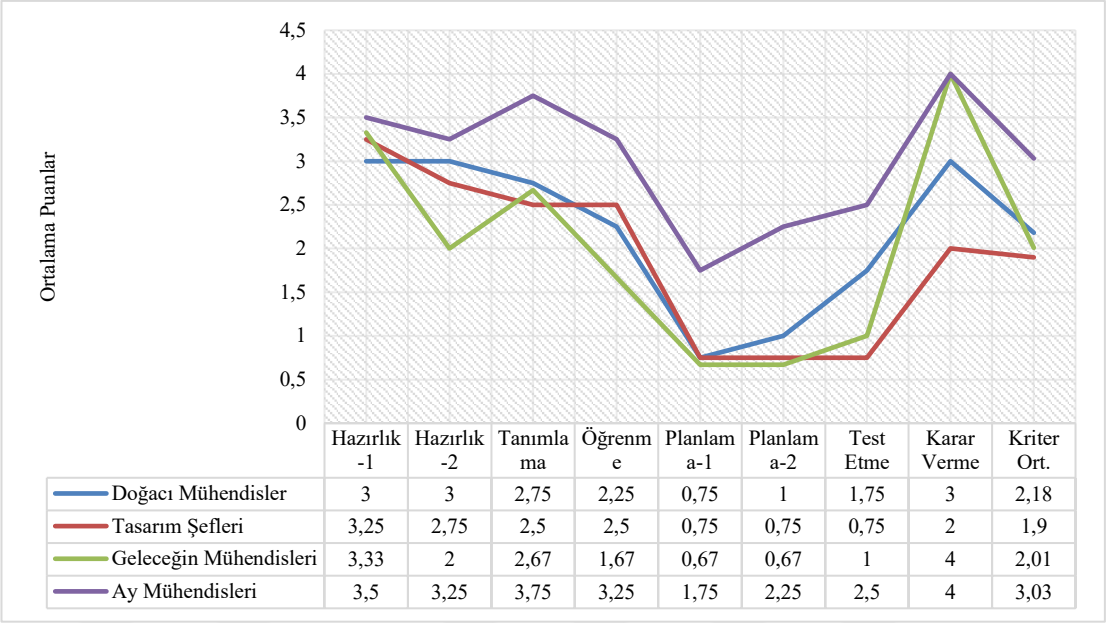
aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre kız öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği kriter, hazırlık-1 ($\bar{X}$ = 3,29) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup kız öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise test etme ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Erkek öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği kriterler, hazırlık-1 ve karar verme ($\bar{X}$ = 3,25) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup erkek öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 0,75) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir.

BMTD'lerin aşama boyutu kapsamında kız öğrencilerin performansı, test etme aşaması hariç diğer aşamaların tümünde erkek öğrencilerin performanslarından daha yüksektir. Dolayısıyla kız öğrencilerin tüm kriterler bazında elde ettikleri ortalama puanlarının ($\bar{X}$ =2,37), erkek öğrencilerin ortalama puanlarından ($\bar{X}$ =2,18) daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda cinsiyet bakımından performans düzeyleri bakımından bir fark oluşmamaktadır ve her iki cinsiyet içinde de performans düzeyi beklenen düzeydedir. Dolayısıyla BMTD'nin aşama boyutu açısından bu araştırma kapsamında cinsiyet bakımından bir farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırman için cinsiyetin MTD performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.10. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Takım Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin takım açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre takım açısından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 19'da verilmiştir.



	Hazırlık -1	Hazırlık -2	Tanımlama	Öğrenme	Planlama-1	Planlama-2	Test Etme	Karar Verme	Kriter Ort.
Doğacı Mühendisler	3	3	2,75	2,25	0,75	1	1,75	3	2,18
Tasarım Şefleri	3,25	2,75	2,5	2,5	0,75	0,75	0,75	2	1,9
Geleceğin Mühendisleri	3,33	2	2,67	1,67	0,67	0,67	1	4	2,01
Ay Mühendisleri	3,5	3,25	3,75	3,25	1,75	2,25	2,5	4	3,03

Şekil 9. Aşamalara göre takımlar açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, hazırlık-1 ve hazırlık-2 ($\bar{X}$ = 3,00) kriterleri olup her iki kriter kapsamında da beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 0,75) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, hazırlık-1 ($\bar{X}$ = 3,25) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise planlama-1, planlama-2 ve test etme ($\bar{X}$ = 0,75) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, karar verme ($\bar{X}$ = 4,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise planlama-1 ve planlama-2 ($\bar{X}$ = 0,67) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, karar verme ($\bar{X}$ = 4,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş

olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 1,75) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir.

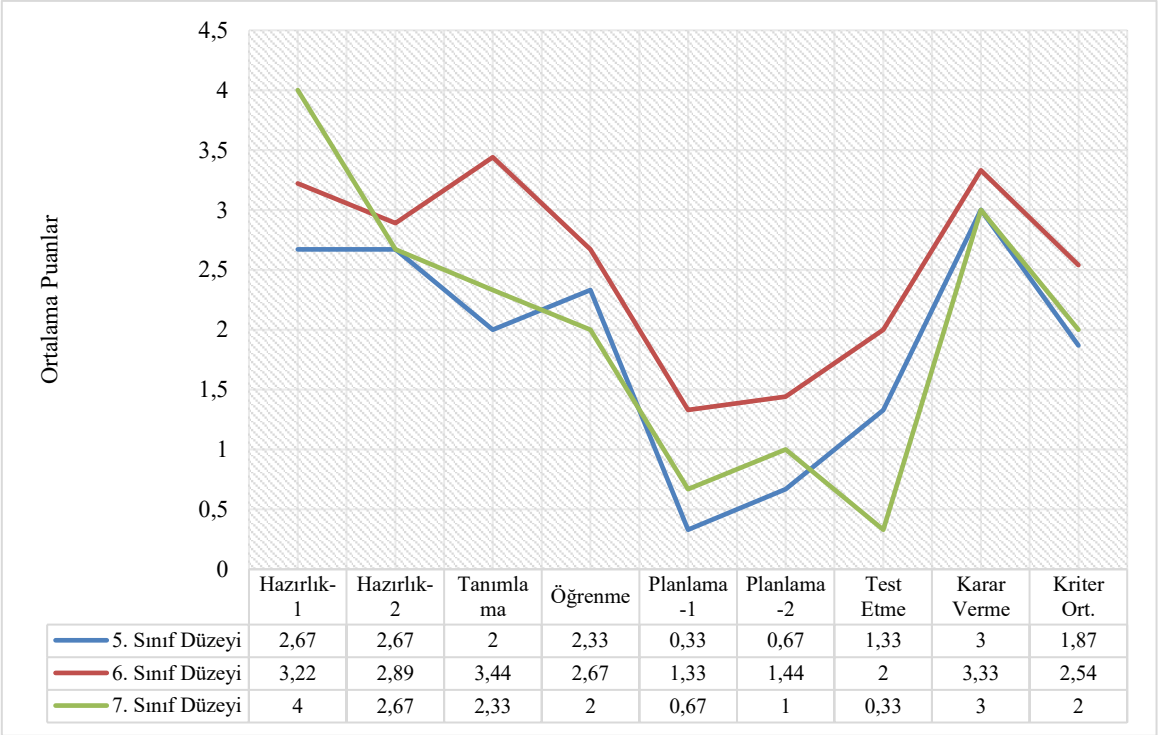
Takımlar açısından ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 2,18) beklenen düzeyde, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,90) beklenen düzeyin kısmen altında, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 2,01) beklenen düzeyde ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 3,03) beklenen düzeyin kısmen üzerinde olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine benzemediği görülmektedir.

Ay Mühendisleri Takımının mühendislik tasarım sürecinin tüm aşamalarında BMTD kapsamında diğer takımlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından bir farklılaşma bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, MTD performansını etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.11. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin sınıf düzeyi açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre sınıf düzeyleri bakımından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 20'de verilmiştir.



	Hazırlık-1	Hazırlık-2	Tanımlama	Öğrenme	Planlama-1	Planlama-2	Test Etme	Karar Verme	Kriter Ort.
5. Sınıf Düzeyi	2,67	2,67	2	2,33	0,33	0,67	1,33	3	1,87
6. Sınıf Düzeyi	3,22	2,89	3,44	2,67	1,33	1,44	2	3,33	2,54
7. Sınıf Düzeyi	4	2,67	2,33	2	0,67	1	0,33	3	2

Şekil 20. Aşamalara göre sınıf düzeyi açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre 5. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriter, karar verme ($\bar{X}$ = 3,00) kriteri olup bu kriter kapsamında da beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 0,33) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. 6. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriter, tanımlama ($\bar{X}$ = 3,44) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 1,33) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. 7, sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriter, hazırlık-1 ($\bar{X}$ = 4,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama-1 ($\bar{X}$ = 0,67) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir.

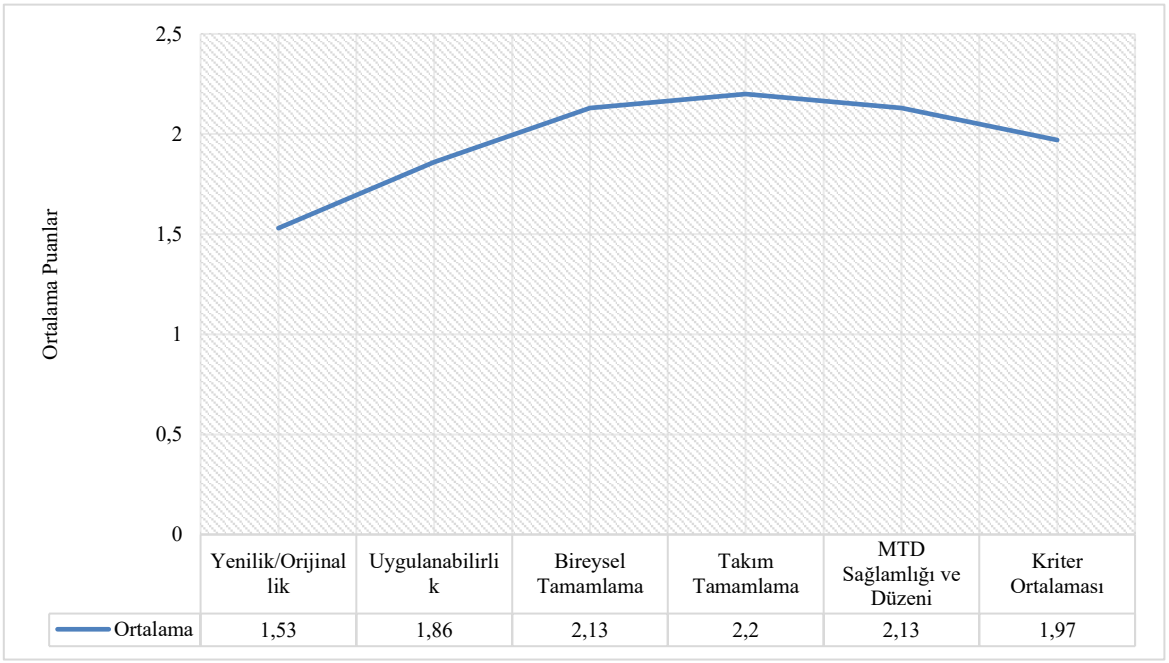
Sınıf düzeyi açısından ortalama performanslar, 5. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,87) beklenen düzeyin kısmen altında, 6. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 2,54) beklenen düzeyde ve 7. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 2,00) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

5. sınıf düzeyinin Biyo-MTS'nin tüm aşamalarında BMTD kapsamında diğer sınıf düzeylerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak bu durum fark yaratacak düzeyde değildir. Dolayısıyla BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan sınıf düzeyinin mühendislik tasarım defteri performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.12. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında defter özellikleri boyutuna ilişkin BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 21'de verilmiştir.



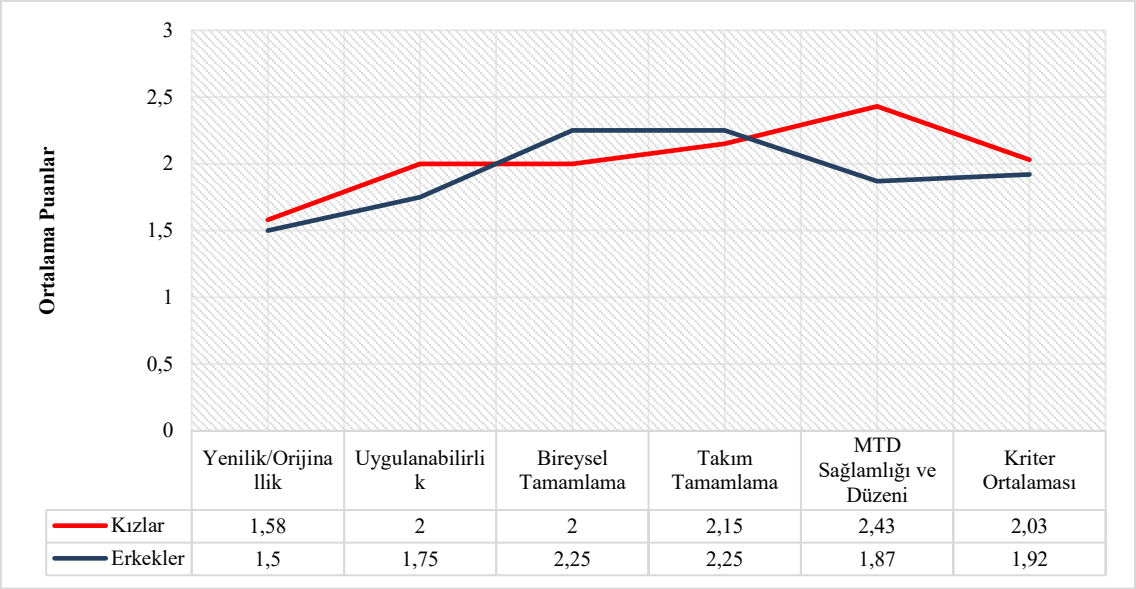
Şekil 21. Defter özelliklerine göre BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde defter özelliklerine göre performansların yenilik/orijinallik kriterinde ($\bar{X}$ = 1,53) beklenen düzeyin kısmen altında; uygulanabilirlik kriterinde ($\bar{X}$ = 1,86) beklenen düzeyin kısmen altında; bireysel tamamlama kriterinde ($\bar{X}$ = 2,13) beklenen düzeyde; takım tamamlama kriterinde ($\bar{X}$ = 2,20) beklenen düzeyde ve MTD sağlamlığı ve düzeni kriterinde ($\bar{X}$ =2,13) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği kriter, takım tamamlama kriteri ($\bar{X}$ = 2,20) olup en düşük performans gösterdiği kriterin ise yenilik/orijinallik kriteri ($\bar{X}$ = 1,53) olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde kriterlere göre ortalama puanın hemen hemen yakın değerler göstererek sabit bir seyir izlediği görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin BMTD'lerinin defter özelliklerine göre ilgili rubrikle değerlendirilmesiyle tüm kriterlere ilişkin ortalama performanslarının ($\bar{X}$ =1,97) beklenen düzeyin kısmen altında olduğu görülmektedir. Dolayısıyla özel yetenekli öğrencilerin BMTD'nin defter özellikleri boyutu kapsamında beklenen düzeyin altında kaldıkları sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.13. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında defter özellikleri boyutuna ilişkin cinsiyet açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin defter özelliklerine göre cinsiyet bakımından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 22'de verilmiştir.



	Yenilik/Orijinallik	Uygulanabilirlik	Bireysel Tamamlama	Takım Tamamlama	MTD Sağlamlığı ve Düzeni	Kriter Ortalaması
Kızlar	1,58	2	2	2,15	2,43	2,03
Erkekler	1,5	1,75	2,25	2,25	1,87	1,92

Şekil 22. Defter özelliklerine göre cinsiyet açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde defter özelliklerine göre kız öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği kriter, mühendislik tasarım defteri sağlamlığı ve düzeni ($\bar{X}$ = 2,43) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup kız öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise test etme ($\bar{X}$ = 1,58) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. Erkek öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği kriterler, BMTD'ni bireysel ve takımca tamamlama ($\bar{X}$ = 2,25) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup erkeklerin en düşük performans gösterdiği kriter ise yenilik/orijinallik ($\bar{X}$ = 1,50) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir.

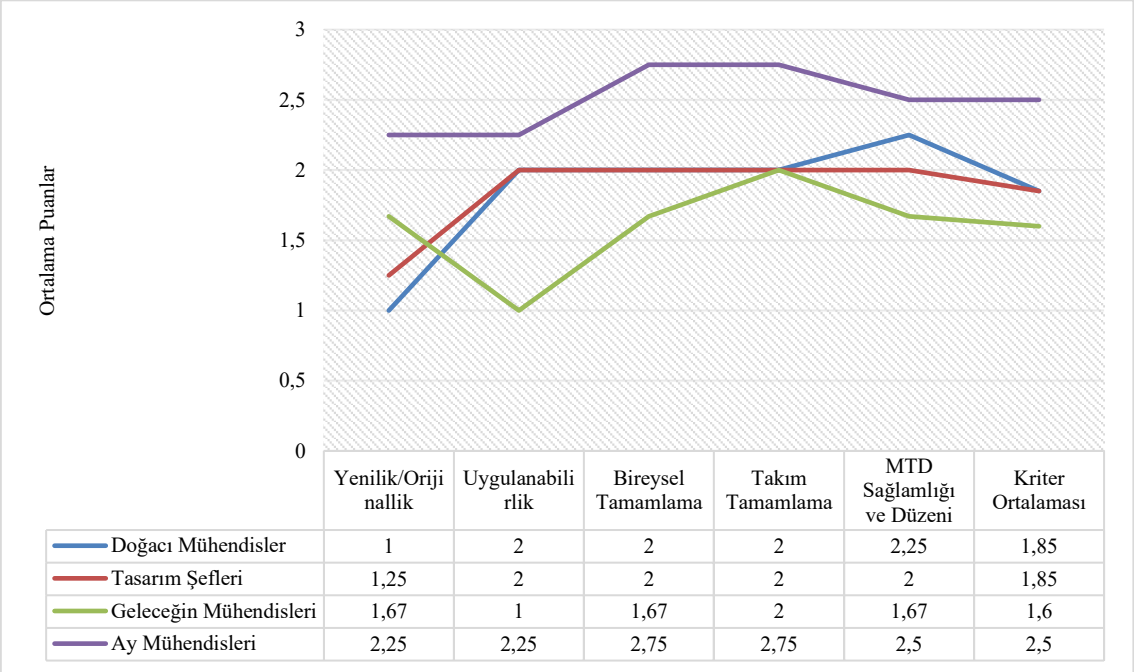
BMTD'nin aşama boyutu kapsamında kız öğrencilerin performansı, BMTD'ni bireysel tamamlama kriteri hariç diğer kriterlerin tümünde erkek öğrencilerin performanslarından daha yüksektir. Dolayısıyla kız öğrencilerin tüm kriterler bazında elde ettikleri ortalama performans puanlarının ($\bar{X}$ =2,03), erkek öğrencilerin ortalama performans puanlarından ($\bar{X}$ = 1,92) daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda cinsiyete dayalı performans düzeyleri bakımından bir fark oluşmamaktadır ve kız öğrencilerin performans düzeyi beklenen düzeyde iken erkek öğrencilerin performans

düzeyi çok küçük bir farkla beklenen düzeyin kısmen altındadır. Dolayısıyla BMTD'nin defter özellikleri boyutu kapsamında cinsiyet açısından büyük bir farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan cinsiyetin mühendislik tasarım defteri performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.14. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Takım Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında defter özellikleri boyutuna ilişkin takım açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin defter özelliklerine göre takım açısından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 23'te verilmiştir.



	Yenilik/Orijinallik	Uygulanabilirlik	Bireysel Tamamlama	Takım Tamamlama	MTD Sağlamlığı ve Düzeni	Kriter Ortalaması
Doğacı Mühendisler	1	2	2	2	2,25	1,85
Tasarım Şefleri	1,25	2	2	2	2	1,85
Geleceğin Mühendisleri	1,67	1	1,67	2	1,67	1,6
Ay Mühendisleri	2,25	2,25	2,75	2,75	2,5	2,5

Şekil 23. Defter özelliklerine göre takımlar açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde defter özelliklerine göre Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, mühendislik tasarım defterinin sağlamlığı ve düzeni ($\bar{X}$ = 2,25) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen

düzeyde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise yenilik/orijinallik ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en düşük performans gösterdiği kriter, yenilik/orijinallik kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında performans göstermiş olup bu takım diğer kriterlerin tamamında ise en yüksek performansı ($\bar{X}$ = 2,00) göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, mühendislik tasarım defterini takımca tamamlama ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise uygulanabilirlik ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım defterini bireysel ve takımca tamamlama ($\bar{X}$ = 2,75) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise yenilik/orijinallik ve uygulanabilirlik ($\bar{X}$ = 2,25) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiştir.

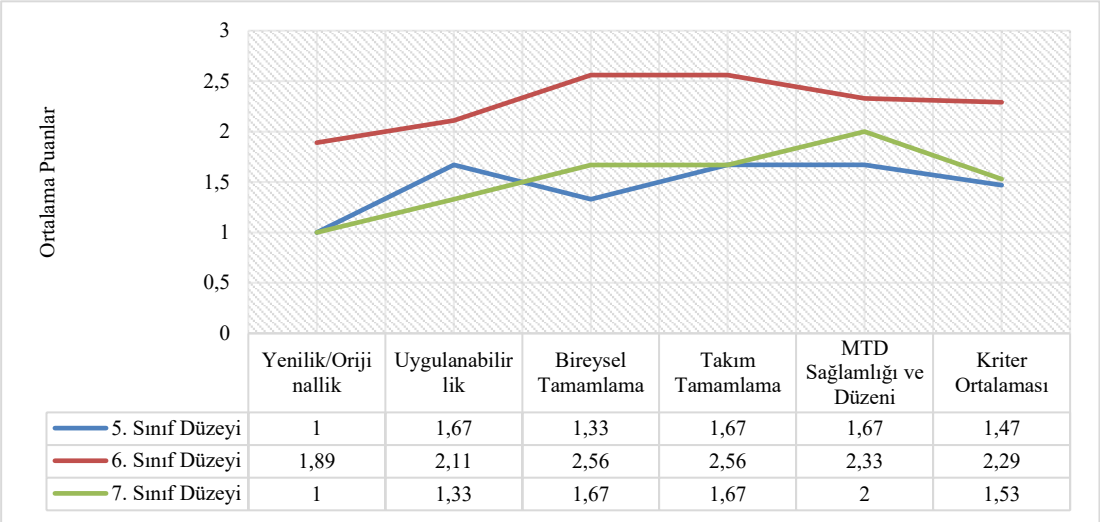
Takımlar açısından ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 1,85) beklenen düzeyin kısmen altında, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,85) beklenen düzeyin kısmen altında, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,60) beklenen düzeyin kısmen altında ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 2,50) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine benzemediği görülmektedir.

Ay Mühendisleri Takımının BMTD'nin defter özellikleri boyutu kapsamında tüm kriterlerde diğer takımlardan daha yüksek ortalama puanlara sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, mühendislik tasarım defteri performansını etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.1.15. Özel Yetenekli Öğrencilerin Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Defteri Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında defter özellikleri boyutuna ilişkin sınıf düzeyi açısından BMTD performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin defter özelliklerine göre sınıf düzeyleri açısından BMTD performanslarına ilişkin grafik Şekil 24'te verilmiştir.



	Yenilik/Orijinallik	Uygulanabilirlik	Bireysel Tamamlama	Takım Tamamlama	MTD Sağlamlığı ve Düzeni	Kriter Ortalaması
5. Sınıf Düzeyi	1	1,67	1,33	1,67	1,67	1,47
6. Sınıf Düzeyi	1,89	2,11	2,56	2,56	2,33	2,29
7. Sınıf Düzeyi	1	1,33	1,67	1,67	2	1,53

Şekil 24. Defter özelliklerine göre sınıf düzeyi açısından BMTD performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'de BMTD'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde defter özelliklerine göre 5. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriterler, uygulanabilirlik, mühendislik tasarım defterlerini bireysel ve takımca tamamlama ($\bar{X}$ = 1,67) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise yenilik/orijinallik ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. 6. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım defterlerini bireysel ve takımca tamamlama ($\bar{X}$ = 2,56) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise yenilik/orijinallik ($\bar{X}$ = 1,89) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir. 7. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği kriter, mühendislik tasarım defterinin sağlamlığı ve düzeni ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise yenilik/orijinallik ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir.

Sınıf düzeyi açısından ortalama performanslar, 5. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,47) beklenen düzeyin kısmen altında, 6. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 2,29) beklenen düzeyde ve 7. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,53) beklenen düzeyin kısmen altında olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

6. sınıf düzeyinin MTS'de defter özellikleri boyutunun tüm kriterlerinde diğer sınıf düzeylerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla BMTD'nin değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan sınıf düzeyinin mühendislik tasarım defteri performansını kısmen etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'deki performansları, "Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayanan Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği" ile değerlendirilmiştir. MTS, öğrenci bazlı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeden sonra özel yetenekli öğrencilerin elde ettikleri performans puanlarının ortalaması alınarak her bir kriter bazında aşama, cinsiyet, takım ve sınıf düzeyi değişkenleri açısından incelenmiştir.

Özel yetenekli öğrencilerin bu rubrikten alabilecekleri en düşük puan 0 iken en yüksek puan ise 3'tür. Puan ortalamaları, altı düzeye ayrılmış olup "0,00-0,49" puan aralığı başarısız; "0,50-0,99" puan aralığı beklenen düzeyin çok altında "1,00-1,49" puan aralığı beklenen düzeyin kısmen altında; "1,50-1,99" puan aralığı beklenen düzeyde; "2,00-2,49" puan aralığı beklenen düzeyin kısmen üzerinde ve "2,50-3,00" puan aralığı ise beklenen düzeyin çok üzerinde performansı ifade etmektedir.

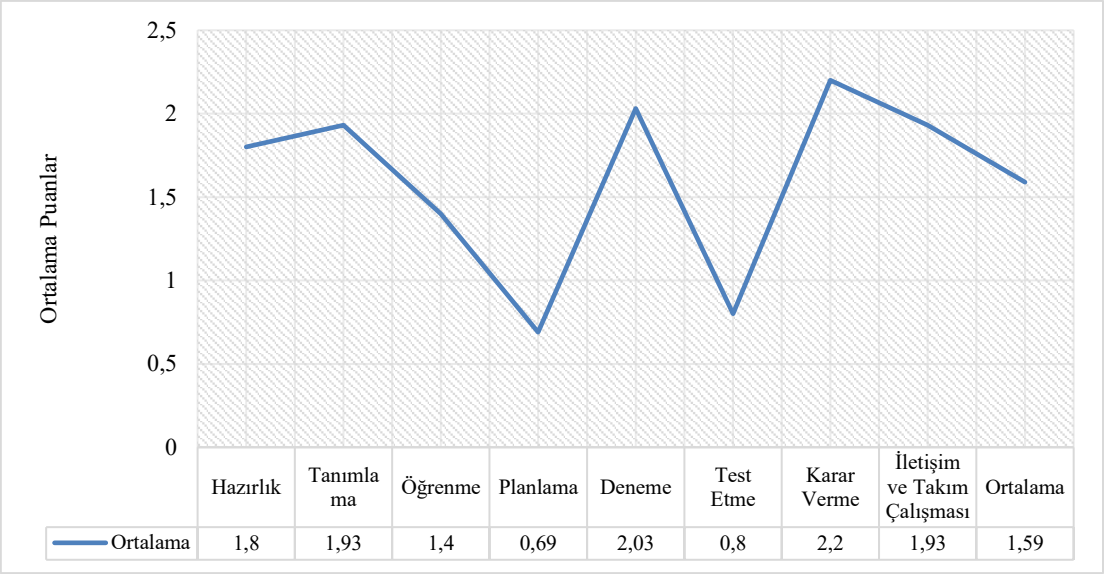
Özel yetenekli öğrencilerin hazırlık-1 kriterinde biyomimetik tasarım ilkelerine yönelik etkinliklerin gerçekleştirilme düzeyine yönelik performansları; tanımlama-1 kriterinde tasarım probleminin tanımlanma düzeyine yönelik performansları; tanımlama-2 kriterinde tasarım problemine yönelik kriterlerin ve kısıtlamaların belirlenme düzeyine yönelik performansları; öğrenme kriterinde problem durumu ile ilgili öğrenme aşamasındaki etkinliklerin başarı düzeyine yönelik performansları; planlama-1 kriterinde biyomimetik tasarım fikri/ fikirleri ortaya koyma düzeyine yönelik performansları; planlama-2 kriterinde

biyomimetik tasarım çizimi/ çizimleri ortaya koyma düzeyine yönelik performansları; planlama-3 kriterinde taslak tasarıma ait sunumun belirtilen kriterler açısından başarı düzeyine yönelik performansları; deneme-1 kriterinde tasarımın probleme ilişkin kriterleri karşılama düzeyi, deneme-2 kriterinde tasarımın probleme ilişkin kısıtlamaları karşılama düzeyi, test etme-1 kriterinde tasarımın test edilmesinde elde edilen verilerin kaydedilme düzeyine yönelik performansları, test etme-2 kriterinde planlama aşamasında çizilen taslak tasarım ile test etme aşamasında ortaya konan tasarım arasında performans açısından uygun olma düzeyine yönelik performansları, test etme-3 kriterinde tasarımın test edilmesinde elde edilen verilerin tasarımın geliştirilmesine yönelik fikir verme düzeyine yönelik performansları, test etme-4 kriterinde tasarım çözümünde başarısızlığın nedenlerinin ortaya konma düzeyine yönelik performansları; test etme-5 kriterinde tasarım çözümünün geliştirilmeye ihtiyacı olup olmadığına kanıt/kanıtların sunulma düzeyine yönelik performansları, test etme-6 kriterinde tasarım çözümlerinde geliştirilmesi düşünülen bölümlerin hangi kanıtlara dayalı olarak geliştirileceğinin gerekçelendirilme düzeyine yönelik performansları, test etme-7 kriterinde tasarımda son geliştirmeler doğrultusunda tasarımın kriterleri karşılama düzeyine yönelik performansları, test etme-8 kriterinde tasarımda son geliştirmeler doğrultusunda tasarımın kısıtlamaları karşılama düzeyine yönelik performansları, karar verme kriterinde test sonuçlarına göre karar verme durumunun raporlaştırılma düzeyine yönelik performansları, iletişim ve takım çalışması-1 kriterinde tasarım süreci boyunca takım üyeleri arasında iletişim gözlenme düzeyine yönelik performansları ve iletişim ve takım çalışması-2 kriterinde tasarım süreci boyunca takım çalışmalarının yerine getirilme düzeyine yönelik performansları belirlenmiştir.

4.2.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Aşama Boyutuna Yönelik Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin Biyo-MTS performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre Biyo-MTS performanslarına ilişkin grafik Şekil 25'te verilmiştir.



Şekil 25. Aşamalara göre Biyo-MTS grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'lerinin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre performansların hazırlık aşamasında ($\bar{X}$ = 1,80) beklenen düzeyde; tanımlama aşamasında ($\bar{X}$ = 1,93) beklenen düzeyde; öğrenme aşamasında ($\bar{X}$ = 1,40) beklenen düzeyin kısmen altında; planlama aşamasında ($\bar{X}$ =0,69) beklenen düzeyin çok altında; deneme aşamasında ($\bar{X}$ = 2,03) beklenen düzeyin kısmen üzerinde; test etme aşamasında ($\bar{X}$ = 0,80) beklenen düzeyin kısmen altında; karar verme aşamasında ($\bar{X}$ =2,20) beklenen düzeyin kısmen üzerinde ve iletişim ve takım çalışması kriterinde ($\bar{X}$ =1,93) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği aşama, karar verme aşamasında ($\bar{X}$ = 2,20) olup en düşük performans gösterdiği kriterin ise planlama kriteri ($\bar{X}$ = 0,69) olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde aşamalara göre ortalama puanın dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'lerinin aşamalara göre ilgili rubrikle değerlendirilmesiyle tüm kriterlere ilişkin ortalama performanslarının ($\bar{X}$ = 1,59) beklenen düzeyde bir performans sergiledikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Dolayısıyla özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde başarılı oldukları ifade edilebilir.

4.2.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Cinsiyet Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin cinsiyet açısından Biyo-MTS performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin cinsiyet açısından Biyo-MTS performanslarına ilişkin grafik Şekil 26'da verilmiştir.



	Hazırlık	Tanımlama	Öğrenme	Planlama	Deneme	Test Etme	Karar Verme	İletişim ve Takım Çalışması	Ortalama
Kızlar	2	2,15	1,43	0,86	2,07	0,58	2,15	2	1,62
Erkekler	1,62	1,75	1,37	0,54	2	1	2,25	1,87	1,55

Şekil 26. Cinsiyet değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde aşamalara göre kız öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği aşamalar, tanımlama ve karar verme ($\bar{X}$ = 2,15) kriterleri olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup kız öğrencilerin en düşük performans gösterdiği aşama ise test etme ($\bar{X}$ = 0,58) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Erkek öğrencilerin en yüksek performans gösterdiği aşama ise karar verme ($\bar{X}$ = 2,25) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup

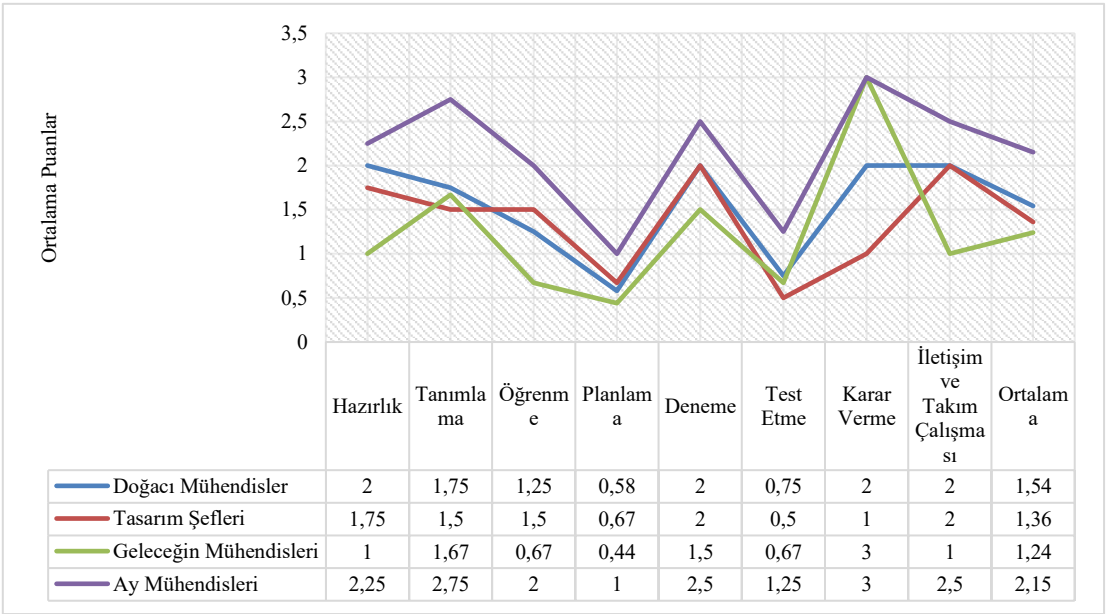
erkek öğrencilerin en düşük performans gösterdiği aşama ise planlama ($\bar{X}$ = 0,54) aşaması olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir.

Mühendislik tasarım sürecinde kız öğrencilerin performansı, test etme aşaması hariç diğer aşamaların tümünde erkek öğrencilerin performanslarından daha yüksektir. Dolayısıyla kızların mühendislik tasarım sürecinde elde ettikleri ortalama puanlarının ($\bar{X}$ =1,62), erkek öğrencilerin ortalama puanlarından ($\bar{X}$ =1,55) daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak mühendislik tasarım sürecinin değerlendirilmesi sonucunda cinsiyet açısından performans düzeyleri arasında bir fark oluşmamaktadır ve her iki cinsiyet içinde de performans düzeyi beklenen düzeydedir. Dolayısıyla mühendislik tasarım sürecinde bu araştırma kapsamında cinsiyetin performans üzerinde bir farklılaşma yaratmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan cinsiyetin Biyo-MTS performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Takım Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin takım açısından Biyo-MTS performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin takım değişkeni açısından Biyo-MTS performanslarına ilişkin grafik Şekil 27'de verilmiştir.



	Hazırlık	Tanımlama	Öğrenme	Planlama	Deneme	Test Etme	Karar Verme	İletişim ve Takım Çalışması	Ortalama
Doğacı Mühendisler	2	1,75	1,25	0,58	2	0,75	2	2	1,54
Tasarım Şefleri	1,75	1,5	1,5	0,67	2	0,5	1	2	1,36
Geleceğin Mühendisleri	1	1,67	0,67	0,44	1,5	0,67	3	1	1,24
Ay Mühendisleri	2,25	2,75	2	1	2,5	1,25	3	2,5	2,15

Şekil 27. Takım değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'nin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği aşamalar, hazırlık, deneme ve karar verme ($\bar{X}$ = 2,00) aşamaları ile iletişim ve takım çalışması olup bu aşamalar kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği aşama ise planlama ($\bar{X}$ = 0,58) aşaması olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği aşama, deneme aşaması ve iletişim ve takım çalışması ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu aşama ve kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği aşama ise test etme ($\bar{X}$ = 0,50) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, karar verme ($\bar{X}$ = 3,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği aşama ise planlama ($\bar{X}$ = 0,44) aşaması olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği aşama, karar verme ($\bar{X}$ = 3,00) aşaması olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise planlama ($\bar{X}$ = 1,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiştir.

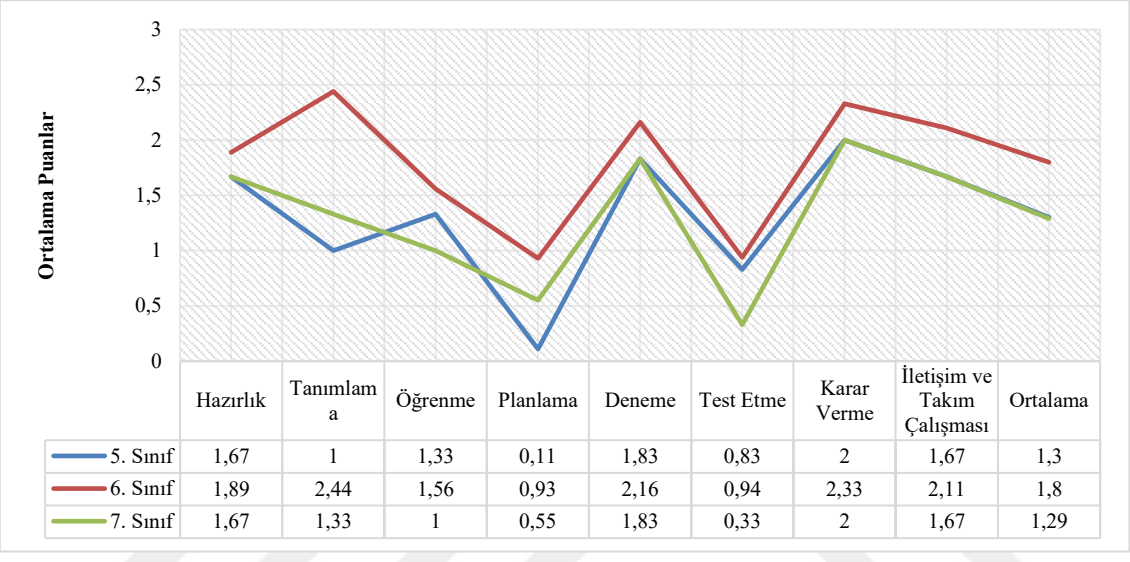
Takımlar açısından ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 1,54) beklenen düzeyin kısmen altında, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,36) beklenen düzeyin kısmen altında, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,24) beklenen düzeyin kısmen altında ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 2,15) beklenen düzeyin kısmen üzerinde olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine benzediği görülmektedir.

Ay Mühendisleri Takımının Biyo-MTS'nin karar verme aşaması hariç diğer aşamaların tümünde performansının diğer takımlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla mühendislik tasarımın defterinin değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından Ay Mühendisleri Takımının lehine olacak şekilde farklılaşma bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, Biyo-MTS performansını etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Sınıf Düzeyi Açısından Mühendislik Tasarım Süreci Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında aşama boyutuna ilişkin sınıf düzeyi açısından Biyo-MTS performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin defter özelliklerine göre sınıf düzeyleri bakımından Biyo-MTS performanslarına ilişkin grafik Şekil 28'de verilmiştir.



	Hazırlık	Tanımlama	Öğrenme	Planlama	Deneme	Test Etme	Karar Verme	İletişim ve Takım Çalışması	Ortalama
5. Sınıf	1,67	1	1,33	0,11	1,83	0,83	2	1,67	1,3
6. Sınıf	1,89	2,44	1,56	0,93	2,16	0,94	2,33	2,11	1,8
7. Sınıf	1,67	1,33	1	0,55	1,83	0,33	2	1,67	1,29

Şekil 28. Sınıf düzeyi değişkeni açısından Biyo-MTS performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'nin biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde 5. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği aşama, karar verme ($\bar{X}$ = 2,00) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu sınıf düzeyinin en düşük performans gösterdiği aşama ise planlama ($\bar{X}$ = 0,11) aşaması olup bu aşama kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. 6. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği aşama, tanımlama ($\bar{X}$ = 2,44) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu sınıf düzeyinin en düşük performans gösterdiği aşama ise planlama ($\bar{X}$ = 0,93) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyin çok altında bir performans göstermiştir. 7. sınıf düzeyinin en yüksek performans gösterdiği aşama, deneme ($\bar{X}$ = 1,83) aşaması olup bu aşama kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği

aşama ise test etme ($\bar{X}$ = 0,33) aşaması olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir.

Sınıf düzeyi açısından ortalama performanslar, 5. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,30) beklenen düzeyin kısmen altında, 6. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,80) beklenen düzeyin kısmen altında ve 7. sınıf düzeyinde ($\bar{X}$ = 1,29) beklenen düzeyin kısmen altında olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

6. sınıf düzeyinin Biyo-MTS'nin tüm aşamalarında diğer sınıf düzeylerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Biyo-MTS'nin değerlendirilmesi sonucunda sınıf düzeyi değişkeni açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan sınıf düzeyinin Biyo-MTS performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular

Özel yetenekli öğrencilerin ürün performansları, "Ürün Değerlendirme Rubriği" ve "Biyomimetik Açından Ürün Değerlendirme Rubriği" ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin ürün performansları, takım ve aşama bazlı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeden sonra özel yetenekli takımların her bir kriter bazında elde ettikleri performans puanlarının ortalaması alınarak her bir kriter bazında takım değişkeni açısından incelenmiştir.

Özel yetenekli öğrencilerin ürün değerlendirme rubriğinden alabilecekleri en düşük puan 0 iken en yüksek puan ise 2'dir. Puan ortalamaları, dört düzeye ayrılmış olup "0,00-0,49" puan aralığı başarısız; "0,50-0,99" puan aralığı beklenen düzeyin altında "1,00-1,49" puan aralığı beklenen düzeyde; "1,50-2,00" puan aralığı beklenen düzeyin üzerinde performansı ifade etmektedir.

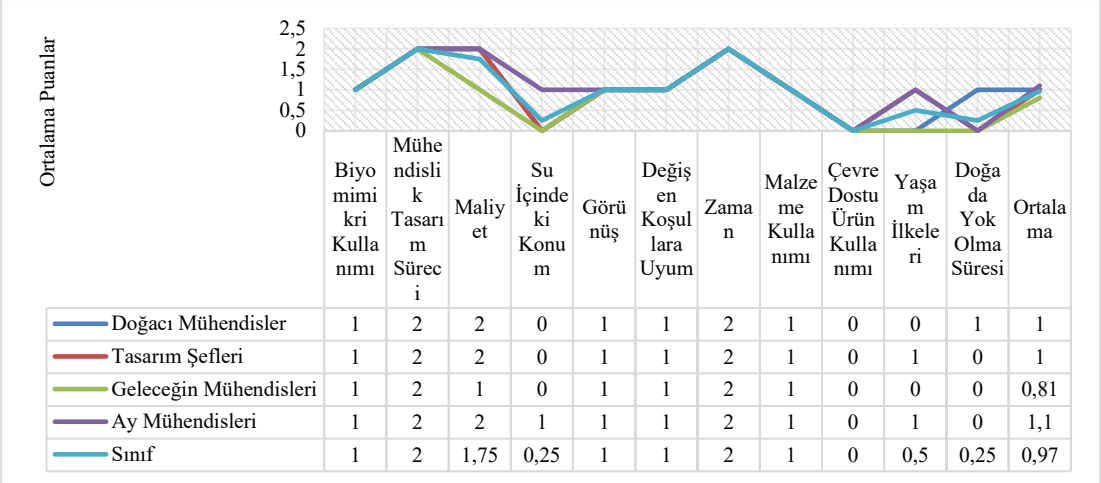
Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik ürün değerlendirme rubriğinden alabilecekleri en düşük puan 0 iken en yüksek puan ise 3'tür. Puan ortalamaları, altı düzeye ayrılmış olup "0,00-0,49" puan aralığı başarısız; "0,50-0,99" puan aralığı beklenen düzeyin çok altında "1,00-1,49" puan aralığı beklenen düzeyin kısmen altında; "1,50-1,99" puan aralığı beklenen

düzeyde; “2,00-2,49” puan aralığı beklenen düzeyin kısmen üzerinde ve “2,50-3,00” puan aralığı ise beklenen düzeyin çok üzerinde performansı ifade etmektedir.

4.3.1. Özel Yetenekli Öğrencilerin Deneme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında özel yetenekli öğrencilerin deneme aşamasındaki ürün performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin deneme aşamasındaki biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım sürecindeki ürünlerine yönelik performansları ürün değerlendirme rubriğine ilişkin sonuçları Şekil 29’daki grafikte verilmiştir.



	Biyomimikri Kullanımı	Mühendislik Tasarım Süreci	Maliyet	Su İçindeki Konum	Görünüş	Değişen Koşullara Uyum	Zaman	Malzeme Kullanımı	Çevre Dostu Ürün Kullanımı	Yaşam İlkeleri	Doğada Yok Olma Süresi	Ortalama
Doğacı Mühendisler	1	2	2	0	1	1	2	1	0	0	1	1
Tasarım Şefleri	1	2	2	0	1	1	2	1	0	1	0	1
Geleceğin Mühendisleri	1	2	1	0	1	1	2	1	0	0	0	0,81
Ay Mühendisleri	1	2	2	1	1	1	2	1	0	1	0	1,1
Sınıf	1	2	1,75	0,25	1	1	2	1	0	0,5	0,25	0,97

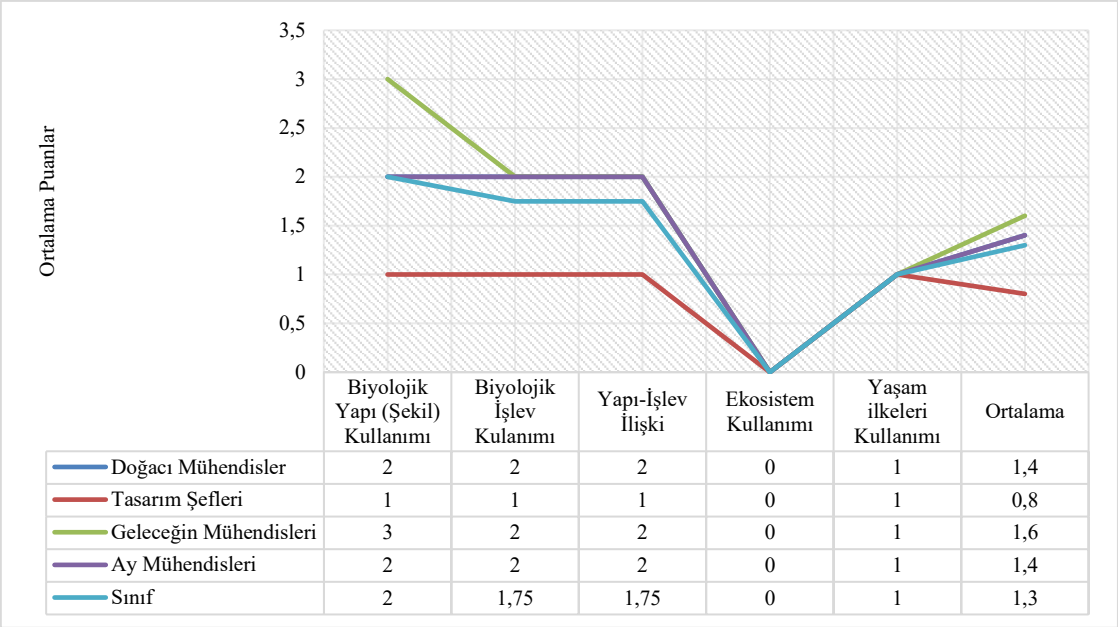
Şekil 29. Deneme aşamasında takım değişkeni açısından ürün performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin deneme aşamasındaki ürünlerinin ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet ve zaman ($\bar{X} = 2,00$) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise su içindeki konum, çevre dostu ürün kullanımı ve yaşam ilkeleri ($\bar{X} = 0,00$) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet ve zaman ($\bar{X} = 2,00$) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise su içindeki konum ve

çevre dostu ürün kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci ve zaman ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise su içindeki konum, çevre dostu ürün kullanımı, yaşam ilkeleri ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet ve zaman ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise çevre dostu ürün kullanımı ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir.

Takımlar açısından ürünlere ilişkin ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 1,00) beklenen düzeyde, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,00) beklenen düzeyde, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 0,81) beklenen düzeyin altında ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 1,10) beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerine benzediği görülmektedir. Dolayısıyla deneme aşamasında ürün değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, özel yetenekli öğrencilerin ürün performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin deneme aşamasındaki biyomimetik ürünlerine yönelik performansları biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriğine ilişkin sonuçları Şekil 30'daki grafikte verilmiştir.



	Biyolojik Yapı (Şekil) Kullanımı	Biyolojik İşlev Kulanımı	Yapı-İşlev İlişki	Ekosistem Kullanımı	Yaşam ilkeleri Kullanımı	Ortalama
Doğacı Mühendisler	2	2	2	0	1	1,4
Tasarım Şefleri	1	1	1	0	1	0,8
Geleceğin Mühendisleri	3	2	2	0	1	1,6
Ay Mühendisleri	2	2	2	0	1	1,4
Sınıf	2	1,75	1,75	0	1	1,3

Şekil 30. Deneme aşamasında takım değişkeni açısından biyomimetik ürün performans grafiği

Şekil 30'da özel yetenekli öğrencilerin deneme aşamasındaki ürünlerinin biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, biyolojik işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, biyolojik yapı (şekil) kullanımı, biyolojik işlev kullanımı, yapı-işlev ilişkisi ve yaşam ilkeleri ($\bar{X}$ = 1,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, biyolojik yapı (şekil) kullanımı ve biyolojik işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, biyolojik işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen

üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir.

Takımlar açısından biyomimetik ürünlere ilişkin ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 1,40) beklenen düzeyin kısmen altında, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 0,80) beklenen düzeyin çok altında, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,60) beklenen düzeyde ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 1,40) beklenen düzeyin kısmen altında olduğu görülmektedir. Takımların performanslarının birbirlerinden farklı olduğu görülmektedir. Geleceğin Mühendisleri Takımı diğer takımlardan pozitif anlamda ayrışmaktadır. Dolayısıyla deneme aşamasında biyomimetik ürün değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, biyomimetik ürün performansını etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.2. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında özel yetenekli öğrencilerin karar verme aşamasındaki ürün performanslarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Takımların karar verme aşamasına yönelik ürünlerine ilişkin görseller Şekil 31, 32, 33 ve 34'te verilmiştir.



Şekil 31. Doğacı mühendisler takımının denizaltı keşif aracı

Doğacı Mühendisler Takımının denizaltı keşif aracı Şekil 31'de verilmiştir. Bu aracın ortalama performansının beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak takımın bu aracında çevre dostu ürün kullanımına yer verilmemesi dikkat çekici bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 32. Tasarım şefleri takımının denizaltı keşif aracı

Tasarım Şefleri Takımının denizaltı keşif aracı Şekil 32'de verilmiştir. Bu aracın ortalama performansının beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak takımın bu aracında çevre dostu ürün kullanımı kriterinde ve doğada yok olma süresi kısıtlamasında başarısız olması dikkat çekici bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 33. Geleceğin mühendisleri takımının denizaltı keşif aracı

Geleceğin Mühendisleri Takımının denizaltı keşif aracı Şekil 33'te verilmiştir. Bu aracın ortalama performansının beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak takımın bu

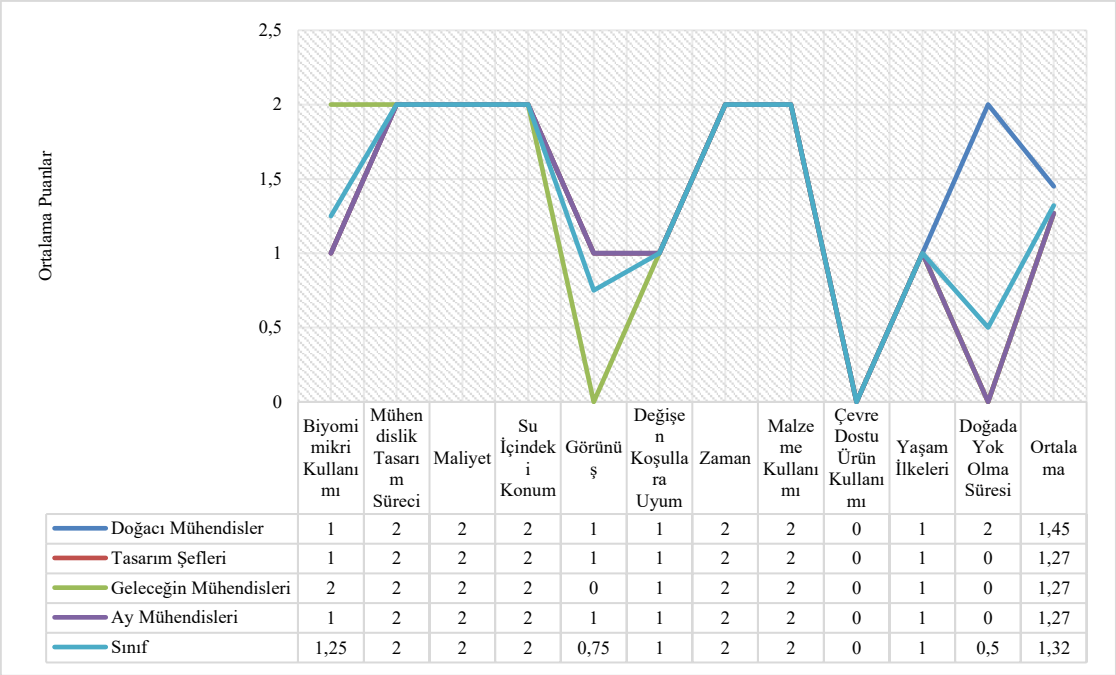
aracında Tasarım Şefleri Takımında olduğu gibi çevre dostu ürün kullanımı kriterinde ve doğada yok olma süresi kısıtlamasında başarısız olması dikkat çekici bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 34. Ay mühendisleri takımının denizaltı keşif aracı

Ay Mühendisleri Takımının denizaltı keşif aracı Şekil 34'te verilmiştir. Bu aracın ortalama performansının beklenen düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak takımın bu aracında diğer takımlarda olduğu gibi çevre dostu ürün kullanımı kriterinde ve doğada yok olma süresi kısıtlamasında başarısız olması dikkat çekici bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin karar verme aşamasındaki ürün performansları ürün değerlendirme rubriğine ilişkin sonuçları verilmiştir. Bu verilere ilişkin bulgular Şekil 35'teki grafikte yer almaktadır.



	Biyomimikri Kullanımı	Mühendislik Tasarım Süreci	Maliyet	Su İçindeki Konum	Görünüş	Değişen Koşullara Uyum	Zaman	Malzeme Kullanımı	Çevre Dostu Ürün Kullanımı	Yaşam İlkeleri	Doğada Yok Olma Süresi	Ortalama
Doğacı Mühendisler	1	2	2	2	1	1	2	2	0	1	2	1,45
Tasarım Şefleri	1	2	2	2	1	1	2	2	0	1	0	1,27
Geleceğin Mühendisleri	2	2	2	2	0	1	2	2	0	1	0	1,27
Ay Mühendisleri	1	2	2	2	1	1	2	2	0	1	0	1,27
Sınıf	1,25	2	2	2	0,75	1	2	2	0	1	0,5	1,32

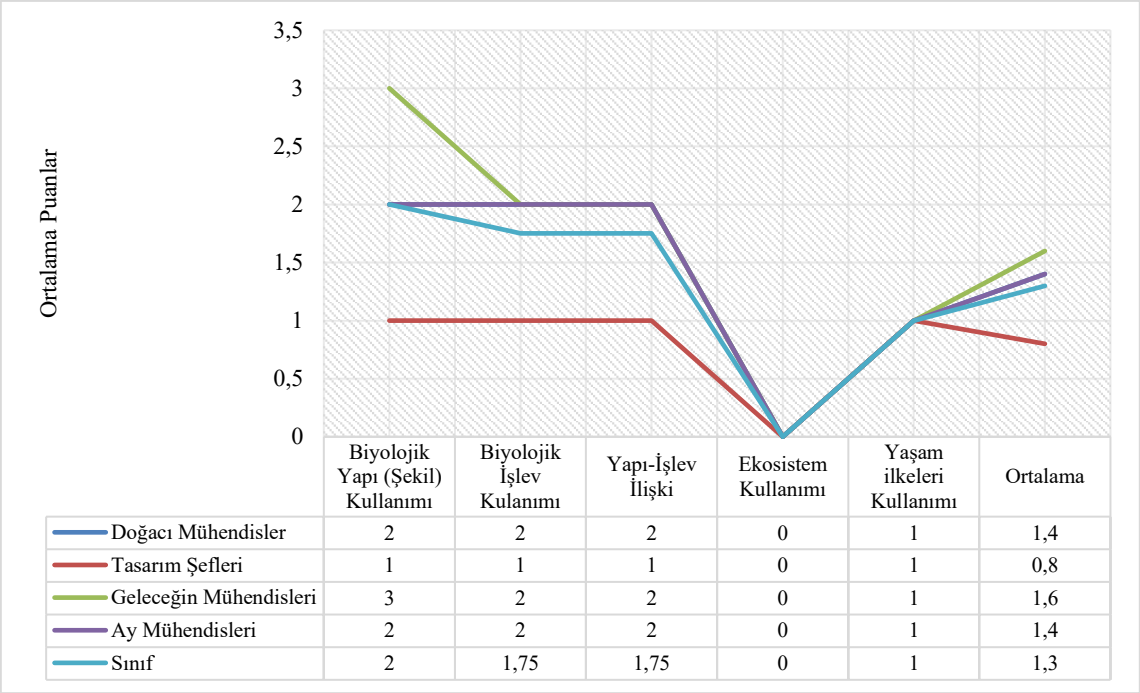
Şekil 35. Karar verme aşamasında takım değişkeni açısından ürün performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin karar verme aşamasındaki ürünlerinin ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet, su içindeki konum, zaman, malzeme kullanımı ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise çevre dostu ürün kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet, su içindeki konum, zaman ve malzeme kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise çevre dostu ürün kullanımı ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, biyomimikri kullanımı, mühendislik tasarım süreci, maliyet, su içindeki konum, zaman ve malzeme kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise görünüş, çevre dostu ürün kullanımı ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans

göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet, su içindeki konum, zaman ve malzeme kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriterler ise çevre dostu ürün kullanımı ve doğada yok olma süresi ($\bar{X}$ = 0,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Takımların tümü çevre dostu ürün kullanımı kriterinde başarısız olmuşlardır. Ayrıca doğada yok olma süresi kısıtlamasında da Doğacı Mühendisler takımı hariç diğer takımların tümü başarısız olmuştur. Bu kriter ve kısıtlama dikkate alındığında tasarımların doğaya daha fazla zarar veren ürünlerle tasarlandığı görülmektedir.

Takımlar açısından ürünlere ilişkin ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler ($\bar{X}$ = 1,45), Tasarım Şefleri, Geleceğin Mühendisleri ve Ay Mühendisleri Takımlarında ise ($\bar{X}$ = 1,27) beklenen düzeyde oldukları görülmektedir. Ortalama performans değerleri bakımından Doğacı Mühendisler Takımının diğer takımlardan daha yüksek ortalama değere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca takımların performanslarının birbirlerine benzediği görülmektedir. Dolayısıyla karar verme aşamasında ürün değerlendirilmesi sonucunda takımlar açısından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, özel yetenekli öğrencilerin ürün performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin karar verme aşamasındaki biyomimetik açıdan ürün performansları biyomimetik ürün değerlendirme rubriğine ilişkin sonuçları verilmiştir. Bu verilere ilişkin bulgular Şekil 36'daki grafikte yer almaktadır.



	Biyolojik Yapı (Şekil) Kullanımı	Biyolojik İşlev Kulanımı	Yapı-İşlev İlişki	Ekosistem Kullanımı	Yaşam ilkeleri Kullanımı	Ortalama
Doğacı Mühendisler	2	2	2	0	1	1,4
Tasarım Şefleri	1	1	1	0	1	0,8
Geleceğin Mühendisleri	3	2	2	0	1	1,6
Ay Mühendisleri	2	2	2	0	1	1,4
Sınıf	2	1,75	1,75	0	1	1,3

Şekil 36. Karar verme aşamasında takım değişkeni açısından biyomimetik ürün performans grafiği

Özel yetenekli öğrencilerin karar verme aşamasındaki biyomimetik açıdan ürünlerinin biyomimetik ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde Doğacı Mühendisler Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, biyolojik yapı (şekil) kullanımı, biyolojik işlev kullanımı ve yapı-işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Tasarım Şefleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler, biyolojik yapı (şekil) kullanımı, biyolojik işlev kullanımı, yapı-işlev kullanımı ve yaşam ilkeleri kullanımı ($\bar{X}$ = 1,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen altında bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Geleceğin Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriter, biyolojik yapı (şekil) kullanımı kriteri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin çok üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Ay Mühendisleri Takımının en yüksek performans gösterdiği kriterler,

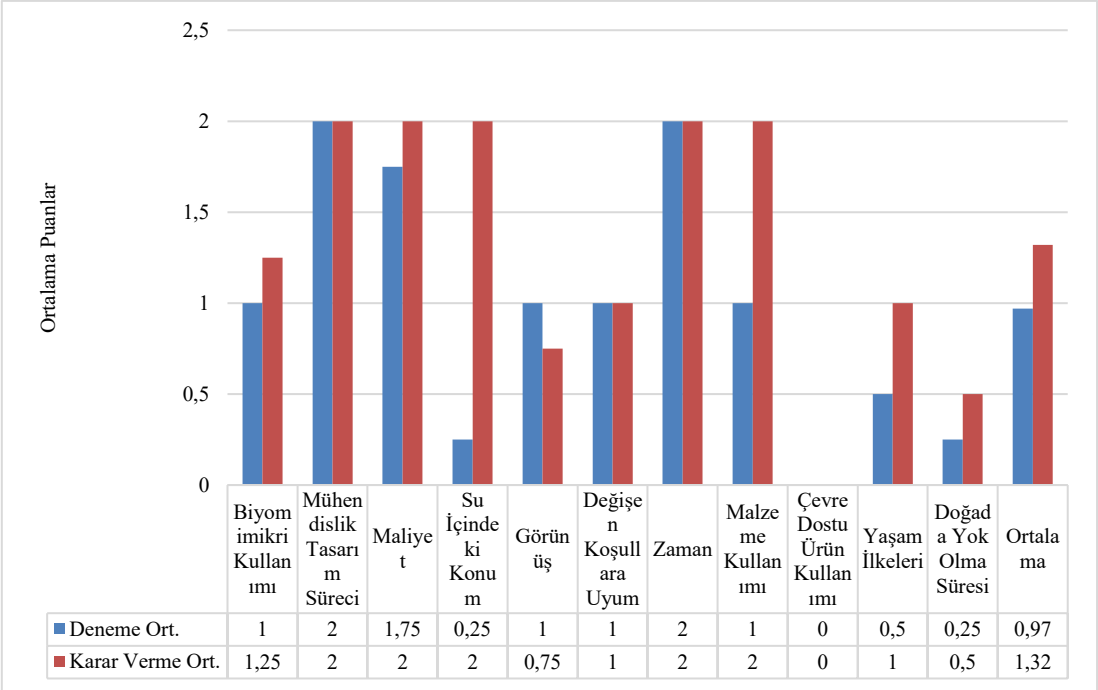
biyolojik yapı (şekil) kullanımı, biyolojik işlev kullanımı ve yapı-işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu takımın en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermiştir. Takımların tümü ekosistem kullanımı kriterinde başarısız olmuşlardır. Bu kriter dikkate alındığında özel yetenekli öğrencilerin ekosistemden ilham alamadıkları ve bu durumun onları zorladıkları düşünülmektedir.

Takımlar açısından biyomimetik ürünlere ilişkin ortalama performanslar, Doğacı Mühendisler Takımında ($\bar{X}$ = 1,40) beklenen düzeyin kısmen altında, Tasarım Şefleri Takımında ($\bar{X}$ = 0,80) beklenen düzeyin çok altında, Geleceğin Mühendisleri Takımında ($\bar{X}$ = 1,60) beklenen düzeyde ve Ay Mühendisleri Takımında ise ($\bar{X}$ = 1,40) beklenen düzeyin kısmen altında oldukları görülmektedir. Ortalama performans değerleri bakımından Geleceğin Mühendisleri Takımının diğer takımlardan daha yüksek ortalama değere sahip olduğu görülmektedir. Ancak Doğacı Mühendisler ve Ay Mühendisleri Takımlarının bu takıma yakın ortalama değerine sahip olduğu da görülmektedir. Tasarım Şefleri Takımı ise diğer üç takımdan negatif anlamda ayrışmaktadır. Doğacı Mühendisler, Geleceğin Mühendisleri ve Ay Mühendisleri takımlarının performansları birbirine yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla karar verme aşamasında biyomimetik açıdan ürün değerlendirilmesi sonucunda takımlar bakımından performans düzeyleri bakımından farklılaşma bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle yalnızca bu araştırmadan takımların, biyomimetik açıdan ürün performansını etkilemediği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.3. Özel Yetenekli Öğrencilerin Deneme ve Karar Verme Aşamasındaki Takım Açısından Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarının Kıyaslanmasına İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki ürün performanslarının karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamalarındaki ürün performanslarına ilişkin grafik Şekil 37'de yer almaktadır.



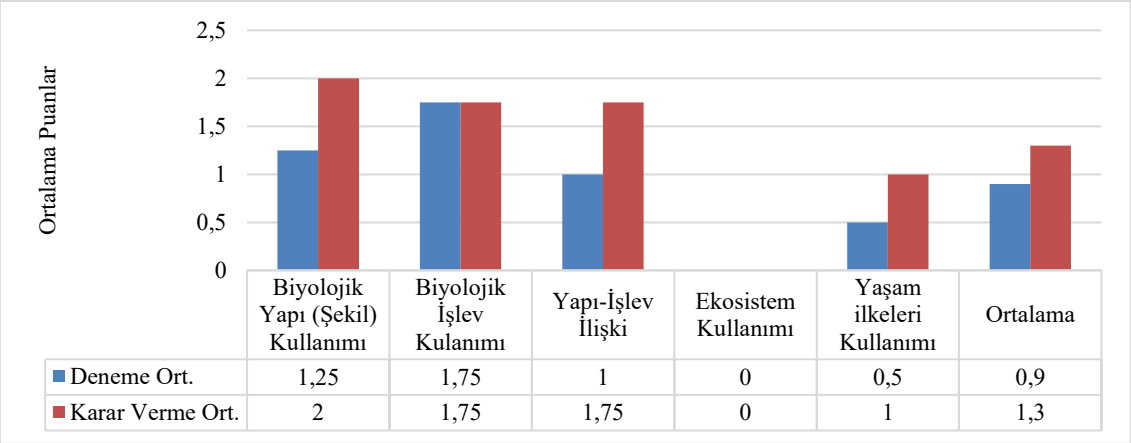
Şekil 37. Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki ürün performanslarına ilişkin grafik

Şekil 37'de özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki ürünlerinin ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde deneme aşamasında en yüksek performans gösterilen kriterler, mühendislik tasarım süreci ve zaman ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise çevre dostu ürün kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermişlerdir. Karar verme aşamasında ise en yüksek performans gösterilen kriterler, mühendislik tasarım süreci, maliyet su içindeki konum, zaman ve malzeme kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriterleri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyin üzerinde bir performans göstermiş olup bu öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise çevre dostu ürün kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermişlerdir.

Özel yetenekli öğrencilerin ürünlere ilişkin ortalama performansları, deneme aşamasında ($\bar{X}$ = 0,97) beklenen düzeyin altında iken karar verme aşamasında ($\bar{X}$ = 1,32) beklenen düzeyde oldukları görülmektedir. Karar verme aşamasında özel yetenekli öğrenciler deneme aşamasındaki performanslarından daha fazla performans göstermişlerdir. Diğer bir ifadeyle

özel yetenekli öğrenciler, ürünün tasarlanmasında deneme aşamasında yapılan hatalardan ders çıkararak tasarımlarını geliştirmişlerdir. Bu nedenle karar verme aşamasındaki performansları beklenen düzeyin altından beklenen düzeye yükselmiştir.

Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamalarındaki biyomimetik açıdan ürün performanslarına ilişkin grafik Şekil 38'de yer almaktadır.



	Biyolojik Yapı (Şekil) Kullanımı	Biyolojik İşlev Kulanımı	Yapı-İşlev İlişki	Ekosistem Kullanımı	Yaşam ilkeleri Kullanımı	Ortalama
Deneme Ort.	1,25	1,75	1	0	0,5	0,9
Karar Verme Ort.	2	1,75	1,75	0	1	1,3

Şekil 10. Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki biyomimetik açıdan ürün performanslarına ilişkin grafik

Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamasındaki biyomimetik açıdan ürünlerinin biyomimetik açıdan ürün değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları ortalama puanlara ait bulgular incelendiğinde deneme aşamasında en yüksek performans gösterilen kriter, biyolojik işlev kullanımı ($\bar{X}$ = 1,75) kriteri olup bu kriterler kapsamında beklenen düzeyde bir performans göstermiş olup bu öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermişlerdir. Karar verme aşamasında ise en yüksek performans gösterilen kriter, biyolojik yapı (şekil) kullanımı ($\bar{X}$ = 2,00) kriteri olup bu kriter kapsamında beklenen düzeyin kısmen üzerinde bir performans göstermiş olup bu öğrencilerin en düşük performans gösterdiği kriter ise yine ekosistem kullanımı ($\bar{X}$ = 0,00) kriteri olup bu kriter kapsamında başarısız bir performans göstermişlerdir.

Özel yetenekli öğrencilerin ürünlere ilişkin ortalama performansları, deneme aşamasında ($\bar{X}$ = 0,90) beklenen düzeyin çok altında iken karar verme aşamasında ($\bar{X}$ = 1,30) beklenen düzeyin kısmen altında oldukları görülmektedir. Karar verme aşamasında özel yetenekli öğrenciler deneme aşamasındaki performanslarından daha fazla performans göstermişlerdir.

Diğer bir ifadeyle özel yetenekli öğrenciler, biyomimetik ürünün tasarlanmasında deneme aşamasında yapılan hatalardan ders çıkararak tasarımlarını geliştirmişlerdir. Bu nedenle karar verme aşamasındaki performansları beklenen düzeyin çok altından beklenen düzeyin kısmen altında performans düzeyine yükselmiştir.

Elde edilen bu verilere göre özel yetenekli öğrencilerin diğer kriterlere göre tasarımsal açıdan daha alt düzey olan ve ilham almanın daha kolay olduğu biyolojik yapı ve işlev kullanımında daha yüksek başarıya sahip olurken tasarımsal açıdan daha üst düzey ve karmaşık olan ve ilham almanın daha zor olduğu yaşam ilkeleri kullanımında daha düşük başarıya sahip oldukları ve ekosistem kullanımı kriterinde ise başarısız oldukları sonucuna varılmaktadır.

4.4. Özel Yetenekli Öğrencilerin Karar Verme Becerilerine Yönelik Bulgular

Araştırmanın bu kısmında karar verme becerileri testine yönelik "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerileri üzerinde etkisi nasıldır?" alt problemine yanıt aranmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerine Biyo-MTS'nin etkisi olup olmadığını belirlemek için karar verme becerileri testi ön test ve son test ölçümleri ilişkili örneklemler t-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Karar verme becerileri testi ön test- son test ölçümlerinin ilişkili örneklemler t-testi ile karşılaştırılmasına yönelik sonuçlar Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15

Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecinin Karar Verme Becerileri Testi Açısından Ön Test ve Son Test Puanlarının İlişkili Örneklemler t-Testi Sonuçları

Testler	N	Ort.	s	sd	t	p
Ön test	15	0,6467	0,1922	14	-1,260	,228*
Son test	15	0,7067	0,1980	14		

*p>.05

Tablo 15'te görüldüğü üzere biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım süreci uygulamasından önce özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerileri testi ortalaması 0,6467 ve standart sapması 0,1922'dir. Özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan

sonraki karar verme becerileri testi ortalaması ise 0,7067 ve standart sapması ise 0,1980'dir. Yapılan ilişkili örneklemler t-testinin sonuçlarına göre özel yetenekli öğrencilere uygulanan biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım süreci uygulaması özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerileri testini ortalama M = 0,600 ve Std. Sapma = 0,1843 olacak şekilde azaltmıştır, t(14)= -1,260; p>,05. Özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerinin gelişimine yönelik karar verme becerileri testi ön test ve son test ortalamaları arasında ilişkili t testi sonucuna göre anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu kapsamda "*Özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerine biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin etkisi yoktur.*" şeklindeki H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

4.5. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecindeki Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğası Görüşlerinin Değişimine Yönelik Bulgular

Araştırmanın bu kısmında Biyo-MTS'deki özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerinin değişimine yer verilmiştir.

4.5.1. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğası Görüşlerine Etkisi

Araştırmanın bu kısmında mühendisliğin doğasına yönelik "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşleri üzerinde etkisi nasıldır?" alt problemine yanıt aranmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerine Biyo-MTS'nin etkisi olup olmadığını belirlemek için mühendisliğin doğası görüş anketi ön test ve son test ölçümleri ilişkili örneklemler t-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Mühendisliğin doğası görüş formu ön test- son test ölçümlerinin ilişkili örneklemler t-testi ile karşılaştırılmasına yönelik sonuçlar Tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16

Biyomimetik Tasarım Entegrasyonu Temelli Mühendislik Tasarım Sürecinin Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu Açısından Ön Test ve Son Test Puanlarının İlişkili Örneklemler t-Testi Sonuçları

Testler	N	Ort.	s	sd	t	p	d
Ön test	15	0,94	0,480	14	-9,750	,001*	2,517
Son test	15	2,01	0,795	14			

*p<.05

Tablo 16'da görüldüğü üzere Biyo-MTS uygulamasından önce özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğası görüş formu ortalaması 0,94 ve standart sapması 0,480'dir. Özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan sonraki mühendisliğin doğası görüş formu ortalaması ise 2,01 ve standart sapması ise 0,795'dir. Yapılan ilişkili örneklemler t-testinin sonuçlarına göre özel yetenekli öğrencilere uygulanan Biyo-MTS özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğası görüş formunu ortalama M=1,06 ve Std. Sapma=0,509 olacak şekilde artırmıştır, t (15) = -9,750; p<,05. Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğası görüşlerinin gelişimine yönelik mühendisliğin doğası görüş formunun ön test ve son test ortalamaları arasında ilişkili t testi sonucuna göre anlamlı bir fark bulunmuştur. Araştırmada etki büyüklüğü için Cohen's d hesaplanmış olup Cohen's d değeri 2,517 olarak bulunmuştur. Cohen (1988)'e göre hesaplanan etki büyüklüğü değeri büyük etki olarak kabul edilmektedir. Bu kapsamda *"Araştırmada yer alan özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğası görüşleri üzerinde biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin etkisi yoktur."* şeklindeki H_0 hipotezi reddedilmiştir.

4.5.2. Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayalı Mühendislik Tasarım Sürecinin Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşleri

Araştırmanın bu kısmında mühendisliğin doğasına yönelik "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerindeki değişim nasıldır?" alt problemine yanıt aranmaktadır.

Özel yetenekli öğrencilerin her bir mühendisliğin doğası yönü (sınırlama, öznellik, mühendislik tasarım süreci, yaratıcılık, sosyal ve kültürel yerleşiklik, geçicilik ve mühendisliğin sosyal yönleri) hakkında görüşleri yetersiz, yeterli ve bilgili şeklinde kategorize edilmiştir. Bu kategorizasyona ilişkin frekans dağılım tablosu ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek sunulmuştur. Ardından özel yetenekli öğrencilerin yetersiz, yeterli ve bilgili olarak kategorize edilen görüşlerine ilişkin örnek alıntılar sunulmuştur.

4.5.2.1. Mühendisliğin Doğasının Sınırlama Yönüne İlişkin Bulgular

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda üç soru (2., 4. ve 5. (b) soruları) mühendisliğin doğasının sınırlama yönüyle ilgilidir. İlk olarak, mühendisliğin doğasının sınırlama yönüyle ilgili 2. soruya (Mühendislik nedir? ve Mühendisler ne iş yapar?) ilişkin bulgular, Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Sınırlama Yönüne İlişkin (2. Soru) Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Sınırlama Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	8	53,3	6	40	1	6,7
Son Test	3	20	6	40	6	40

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının sınırlama yönüyle ilgili 2. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde öğrencilerin yaklaşık %53'ü mühendisliğin doğasına yönelik görüş formundan uygulama öncesinde yetersiz görüşe sahipti. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendislikle ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin %40'ı ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendisliğin belirli problemlere yönelik çözümler sunduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Bu öğrencilerin yaklaşık %6'sı ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenci ise mühendisliğin problemlere yönelik çözümler sunduğunu ifade etmiş ve bu görüşünü kapsamlı bir şekilde açıklamıştır. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin %40'ı yeterli görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, mühendislik hakkında problemlerin çözümüne katkıda bulunan bir yaklaşım olarak görmüşlerdir, ancak ayrıntılı açıklama veya

bu duruma ilişkin örnek verilmemiştir. Bu öğrencilerin yine %40'ı ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenciler ise mühendisliğin problemlere yönelik çözümler sunduğunu ifade etmişler ve bu görüşlerini kapsamlı bir şekilde açıklamışlardır. Sonuç olarak özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan sonra yeterli ve bilgili görüşe sahip olanların yüzdesi artmıştır. Bu durumda uygulamanın bu soru kapsamında başarılı olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik sınırlama yönü (2. soru) için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formunda Sınır Belirleme Yönüne (2. soru) Yönelik Öğrenci Yanıtlarının Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Sürekli duyduğum bir kelime ama kafamda çok karışık fikirler var bu konu hakkında."* (Lizy)	*"Mühendis, ihtiyaçlar ve konfor vb. alanlarda tasarımlar hazırlayan kişidir. Mühendis ARGE alanlarında tasarım alanlarında çalışır, tasarlar, denetler."* (Gazi Kemal)	*"Mühendisler, bir ürünün üretim aşamalarında çalışırlar. Mühendislik, bir meslektir ve pek çok dalı vardır. Bilgisayar mühendisliği, yazılım mühendisliği, inşaat mühendisliği."* (Atlas)
Son Test	*"Belli bir iş alanı üzerine çalışan iş."* (Ahmet)	*"Mühendis, tasarım yapma, teknik denetim yapma vb. işlerle uğraşır."* (Gazi Kemal)	*"Mühendislik herhangi bir sorunun veya ihtiyacın giderilmesi için yeni çözümler ve tasarımlar ortaya koymaktır. Mühendisler, toplumun, doğanın, canlıların vb. sorunlarını ve ihtiyaçlarını gidermek için çözüm yolları arar, bu çözüm yolları üzerinden de tasarımlar ve projeler vb. yaparlar."* (Çınar)

İkinci olarak, 4. soru (Lütfen bir mühendisi çalışma ortamında hayal edin ve hayalinizdeki bu mühendisi aşağıdaki kutuya çizin.) için özel yetenekli öğrencilerin yazılı cevapları ve çizimlerinin sonuçları üç bölümde analiz edilmiştir. Bir mühendisin çalışırken yaptığı bir işe

ilişkin yazılı cevapların analizi, çizimlerdeki mühendisin cinsiyeti ve çizimlerdeki görseller yer almaktadır. Mühendislerin etkinlik sonuçları Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19

Özel Yetenekli Öğrencilerin Yazılı Yanıtlarında Mühendislerin Faaliyetleri

Faaliyetler	Ön Test (%)	Son Test (%)
Tasarım	26,7	33,3
İnşaat	20	0
Prototip	20	20
Yazılım	13,3	26,7
Araştırma	13,3	6,7
Tamir	6,7	6,7
Deney	0	6,7

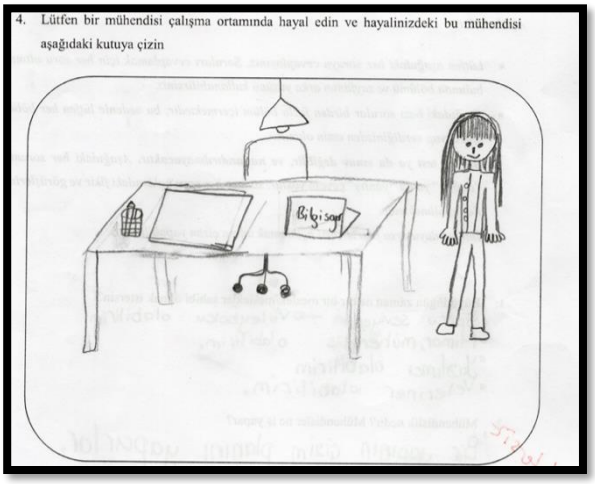
Mühendisliğin doğasının sınırlama yönüne ilişkin 4. soruda çalışma ortamında bir mühendisin çizilmesiyle ilgili yazılı yanıtların sonuçları analiz edildiğinde özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde mühendislerin yaptığı en çok ortak faaliyetin tasarım (%26,7) faaliyeti olduğunu göstermektedir. Örneğin, bu faaliyetle ilgili bazı yanıtlar "Bilgisayar üzerinden tasarım yapıyor.", "Bina tasarımı yapıyor." vb. Tasarım faaliyeti, mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinin son testinde de %33,3 ile bu durumunu korumuştur. Özel yetenekli öğrencilerin bazı yanıtları ise "Bir projeyi tasarlayıp test ediyor.", "Çizdiğim mühendis, biyomimikri kullanarak tasarladığı denizaltı keşif aracı üzerinde çalışıyor." bu şekildedir. Ön test ve son test birlikte değerlendirildiğinde bir mühendisin tasarım faaliyeti, biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım süreci uygulamasından sonra önemli derecede bir artış göstermiş iken bir mühendisin inşaat etkinliği ise azalmıştır. Üçüncü olarak, çizimlerdeki mühendislerin cinsiyet ilişkin bulgular Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20

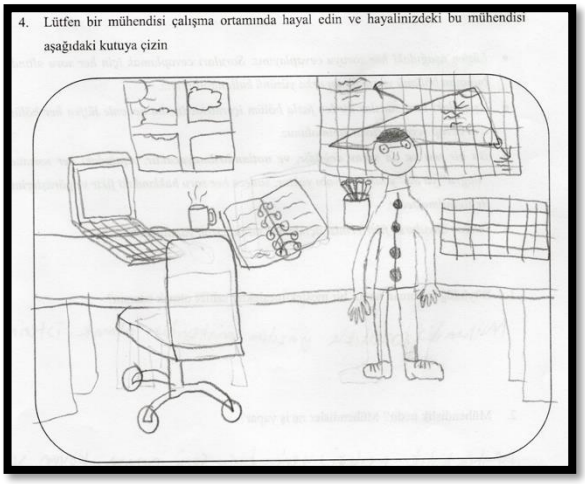
Özel Yetenekli Öğrencilerin Çizimlerinde Mühendislerin Cinsiyeti

Cinsiyet	Ön Test (%)	Son Test (%)
Kadın	13,4	0
Erkek	86,6	73,3
Belirtilmemiş	0	26,7

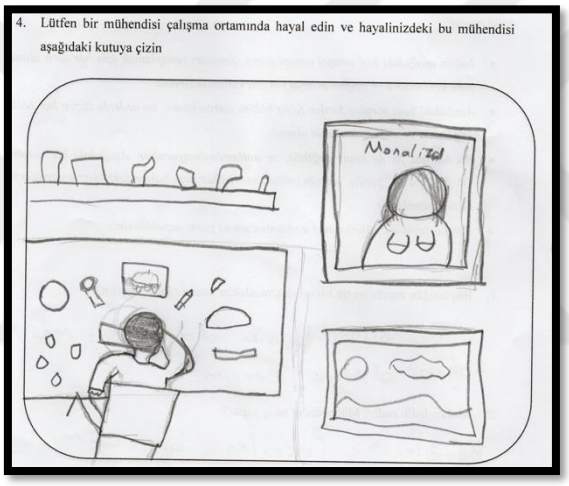
Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde çizmiş oldukları mühendisin cinsiyeti hakkında güçlü bir kanıt sunmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin büyük bir kısmı diğer bir ifadeyle %86,6'sı erkek (kısa saçlı veya saçsız) özelliklerine sahip bir mühendis olarak çizerken %13,3'ü ise kadın (uzun saçlı) bir mühendis özelliklerine sahip mühendis çizmiştir. Bu durum, özel yetenekli öğrencilerin gözünde mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinin ön testinde mühendisin cinsiyetinin çoğunlukla erkek olarak düşünüldüğüne dair güçlü bir kanıt sunmaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinin son testinde çizmiş oldukları mühendisin cinsiyeti hakkında yine güçlü bir kanıt sunmaktadır. Son test kapsamında özel yetenekli öğrencilerin yine büyük bir kısmı diğer bir ifadeyle %73,3'ü erkek (kısa saçlı) özelliklerine sahip bir mühendis çizerken bu öğrencilerin hiçbiri kadın (uzun saçlı) mühendis özelliklerine sahip bir mühendis çizmemiştir. Ayrıca bu öğrencilerin %26,7'si ise çizimlerinde herhangi bir mühendise yer vermeyip sadece mühendisin çalışma ortamını çizmiştir. Bu durum, özel yetenekli öğrencilerin gözünde mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinin son testinde de mühendisin cinsiyetinin çoğunlukla erkek olarak düşünüldüğüne dair güçlü bir kanıt sunmaktadır. Dolayısıyla uygulama öncesinde ve sonrasında özel yetenekli öğrencilerin mühendislerin cinsiyetlerine yönelik fikirlerinde çoğunlukla değişim olmamıştır. Mühendisin cinsiyeti için örnek çizimler Şekil 39, 40, 41 ve 42'de sunulmuştur.



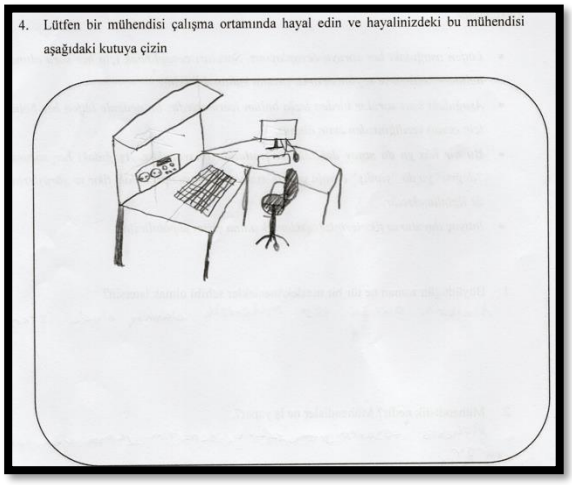
Şekil 11. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde Damla'nın kadın mühendis çizimi



Şekil 40. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde Çınar'ın erkek mühendis çizimi



Şekil 41. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun son testinde Eda'nın erkek mühendis çizimi



Şekil 42. Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun son testinde Gazi Kemal'in mühendisin yer almadığı çizimi

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formundaki 4. sorusunu analiz etmek için çizimlerdeki nesnelere ilişkin verilerin bulguları Tablo 21'de gösterilmiştir.

Tablo 21

Özel Yetenekli Öğrencilerin Mühendis Çizimlerinde Kullanılan Nesneler

Nesne	Ön Test (%)	Son Test (%)
Masa	73,3	86,7
Bilgisayar	66,7	46,7
Sandalye	60	40
Kâğıt	40	13,3
Kalemlik	33,3	13,3
Aydınlatma	20	0
Kalem	13,3	6,7
Kask	13,3	6,7
Pano	13,3	20
Raf	6,7	26,7
Tasarım Ürünü	6,7	33,3
Pencere	0	20

Tablo 21'de görüldüğü üzere Biyo-MTS uygulanmadan önce mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunun ön testinde özel yetenekli öğrencilerin mühendis çiziminde ortamda en çok görülen nesnelerin masa (%73,3), bilgisayar (%66,7), sandalye (%60), kâğıt (%40), kalemlik (%33,3), aydınlatma (%20), kalem, kask ve pano (%13,3) olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Uygulama gerçekleştikten sonra bazı nesnelerin (masa, bilgisayar ve sandalye) frekans sıralamasında aynı sıralamayı korumuş olup yüzdeleri de benzerdir. Diğer yandan tasarım ürününün (%33,3 ve %6,7), rafın (%26,7 ve %6,7) ve pencerenin (%20 ve %6,7) son testteki frekanslarının ön testteki frekanslarından daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu analiz sonucunda özel yetenekli öğrencilerin uygulamanın yapılmasına bağlı olmaksızın mühendislerin bulundukları ortamda en çok masa, bilgisayar ve sandalye olduğuna yönelik imaja sahip oldukları çıkarımına ulaşılmaktadır.

Son olarak, mühendisliğin doğasının sınırlama yönüyle ilgili 5.(b) soruya (Mühendislik diğer mesleklerden hangi açıdan farklıdır?) ilişkin bulgular, Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Sınırlama Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Sınırlama Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	12	80	2	13,3	1	6,7
Son Test	7	46,7	5	33,3	3	20

Tablo 22'de de görüldüğü üzere özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının sınırlama yönüyle ilgili 5.(b) soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde öğrencilerin %80'i mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinden uygulama öncesinde yetersiz görüşe sahipti. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendislikle ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %13'ü ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendisliğin belirli problemlere yönelik çözümler sunduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Bu öğrencilerin yaklaşık %6'sı ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenci ise mühendisliğin problemlere yönelik çözümler sunduğunu ifade etmiş ve bu görüşünü kapsamlı bir şekilde açıklamıştır. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin yaklaşık %46'sı yetersiz görüşe sahip olmuştur, mühendislikle ilgili anlaşılmaz veya alakasız yanıtlar verilmiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %33'ü yeterli görüşe sahiptir; özel yetenekli öğrenciler, mühendislik hakkında problemlerin çözümüne katkıda bulunan bir yaklaşım olarak görmüşlerdir, ancak ayrıntılı açıklama veya bu duruma ilişkin örnek verilmemiştir. Sonuç olarak özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan sonra yeterli ve bilgili görüşe sahip olanların yüzdesi artmıştır. Bu durumda uygulamanın bu soru kapsamında başarılı olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik sınırlama yönü (5.b. sorusu) için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki Sınır Belirleme Yönüne (5.(b) Soru) Yönelik Öğrenci Yanıtlarının Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Diğer mesleklerde ezber veya pratik gerekirken mühendislikte ikisi de gereklidir."* (Sirius)	*"Daha çok bilim içerir teknolojiye daha yakındır."* (Lina)	*"Diğer meslekler genellikle bir şeye bağlı iken mühendislik özgür, yeni fikirlere açık bir meslektir."* (Çınar)
Son Test	*"Çok açıdan farklıdır."* (Damla)	*"Mühendislik, bazı mesleklerden farklı olarak üretmeye dayalı bir meslektir."*(Arden)	*"Çünkü mühendisler, bilim dallarını beraber kullanan tek meslektir."* (Muslera)

4.5.2.2. Mühendisliğin Doğasının Mühendislik Tasarım Süreci Yönüne İlişkin Bulgular

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda bir soru (6. soru) mühendisliğin doğasının MTS yönüyle ilgilidir. Mühendisliğin doğasının MTS yönüyle ilgili bu soruya (Daha önce "mühendislik tasarım süreci" ifadesini duydun mu?) ilişkin bulgular Tablo 24 ve 25'te verilmiştir.

Tablo 24

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Mühendislik Tasarım Süreci Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

MTS Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	10	66,7	4	26,6	1	6,7
Son Test	9	60	5	33,3	1	6,7

Tablo 24'te özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının mühendislik tasarım süreci yönüyle ilgili 6. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde uygulama öncesinde öğrencilerin yaklaşık %66'sı mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinde yetersiz görüşe sahiptir. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendislik tasarım süreci ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %26'sı ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendislik tasarım sürecini ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Son olarak bu öğrencilerin yaklaşık %6'sı ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenci ise mühendislik tasarım sürecini ifade etmiş ve bu görüşünü kapsamlı bir şekilde açıklamıştır. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin %60'ı yine

yetersiz görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama sonrasında da MTS ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %33'ü yeterli görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, MTS ifade etmiş, ancak ayrıntılı açıklama veya bu duruma ilişkin örnek verilmemiştir. Bu öğrencilerin yine yaklaşık %6,7'si ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenci ise MTS'ni ifade etmiş ve bu görüşünü kapsamlı bir şekilde açıklamıştır. Sonuç olarak özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan sonra bu yeterli görüşe sahip olanların yüzdesi düşük miktarda artmıştır.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik MTS yönü için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki MTS Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Mühendislerin tasarım yaparken yaptıkları şeyler."* (Lina)	*"Araştırma, planlama, tasarlama, deneme ve değerlendirmeyi ifade eder."* (Gazi Kemal)	*"Problem bulma, probleme çözüm bulma, tasarım üretme, düşük hassasiyetli ve yüksek hassasiyetli prototipleme ve değerlendirme."* (Arden)
Son Test	*"Mühendis olma süreci."* (Damla)	*"Mühendislik tasarım süreci, bana bir icadın ortaya çıkış ve gelişim aşamalarını ifade ediyor."* (Arden)	*"Bir ihtiyacın tanımlanıp kriterlere göre tasarlanması, prototiplenerek testinin yapılması ve sonra değerlendirilmesi."* (Gazi Kemal)

4.5.2.3. Mühendisliğin Doğasının Belirsizlik Yönü

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda bir soru (7. soru) mühendisliğin doğasının belirsizlik yönüyle ilgilidir. Mühendisliğin doğasının geçicilik yönüyle ilgili bu soruya ("Mühendislik her zaman insanların problemleri için çözüm bulma arayışındadır. Mühendislerin ürettiği bu çözümlerin gelecekte değişeceğini düşünüyor musunuz?") ilişkin bulgular Tablo 26 ve 27'de verilmiştir.

Tablo 26

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Belirsizlik Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Geçicilik Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	10	66,7	5	33,3	0	0
Son Test	9	60	5	33,3	1	6,7

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının belirsizlik yönüyle ilgili Tablo 26'da verilen 7. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde uygulama öncesinde öğrencilerin yaklaşık %66'sı mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda yetersiz görüşe sahiptir. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendisliğin belirsizliği ile ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %33'ü ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendisliğin belirsizliğini ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Son olarak bu öğrencilerin hiçbiri bilgili görüşe sahip değildir. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin %60'ı yetersiz görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama sonrasında da mühendisliğin belirsizliğiyle ilgili ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %33'ü yeterli görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, mühendisliğin belirsizliğini ifade etmiş, ancak ayrıntılı açıklama veya bu duruma ilişkin örnek verilmemiştir. Bu öğrencilerin yine yaklaşık %6,7'si ise bilgili görüşe sahiptir. Bu öğrenci ise mühendisliğin belirsizliğini ifade etmiş ve bu görüşünü kapsamlı bir şekilde açıklamıştır. Sonuç olarak özel yetenekli öğrencilerin uygulamadan sonra yeterli görüşe sahip olanların yüzdesi aynı kalırken bilgili görüşe sahip olanların yüzdesi düşük miktarda artmıştır.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik belirsizlik yönü için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formunda Geçicilik Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Bu çözümler ilerleyebilir ama hiçbiri yok olmaz."* (Hermione)	*"Bazı çözümler değişebilir çünkü zamanla yeni şeyler ortaya çıkıyor. Bunun üzerine de bu şeylere dayanarak yeni ve daha iyi çözümler bulunabilir."* (Çınar)	
Son Test	*"Evet, düşünüyorum."* (Poyraz)	*"Zaman ilerledikçe insanların sorunları ve bu sorunlara olan çözümleri değişir."* (Atlas)	*"Mutlaka değişecektir çünkü zaman ilerledikçe hem teknoloji gelişir hem de koşullar değişeceği için yeni çözümlere ihtiyaç duyulur."* (Arden)

4.5.2.4. Mühendisliğin Doğasının Yaratıcılık Yönü

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda bir soru (8. soru) mühendisliğin doğasının yaratıcılık yönüyle ilgilidir. Mühendisliğin doğasının yaratıcılık yönüyle ilgili bu soruya ("Mühendisler çalışma ortamında yaratıcılıklarını kullanırlar mı?") ilişkin bulgular Tablo 28 ve 29'da verilmiştir.

Tablo 28

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Yaratıcılık Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Yaratıcılık Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	3	20	12	80	0	0
Son Test	1	13,3	13	86,7	0	0

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının yaratıcılık yönüyle ilgili Tablo 28'deki 8. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde uygulama öncesinde öğrencilerin %20'si mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinde yetersiz görüşe sahiptir. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendisliğin hayal gücü ile ilişkili olduğuna

yönelik ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin %80'i ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendisliğin hayal gücü ile ilişkili olduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Son olarak bu öğrencilerin hiçbiri bilgili görüşe sahip değildir. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin yaklaşık %13'ü yetersiz görüşe sahip olmuştur. Özel yetenekli öğrenciler, bu soruya uygulama sonrasında da hayal gücü ile ilişkili olduğuna yönelik ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %86'sının ise yeterli görüşe sahip olduğu görülmüştür. Özel yetenekli öğrenciler, mühendisliğin hayal gücü ile ilişkili olduğunu ifade etmiş, ancak ayrıntılı açıklama veya bu duruma ilişkin örnek verilmemiştir. Bu öğrencilerin yine hiçbiri bilgili görüşe sahip değildir. Sonuç olarak ön testteki yetersiz görüşün oranı son testte azalırken yeterli görüşün oranı da son testte artmıştır. Ancak bilgili görüşte ön ve son testler arasında bir değişim olmamıştır. Bu nedenle, özel yetenekli öğrencilerin çoğunluğunun uygulamadan sonra yaratıcılık ve hayal gücünün rolü için yeterli görüşe sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik yaratıcılık yönü için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formunda Yaratıcılık Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Onlara verilen görevleri yerine getirirler."* (Poyraz)	*"Hayal gücü olmadan tasarımda, fikirde hiçbir şey olmaz."* (Muslera)	
Son Test	*"Hayal gücü olmayan meslek yoktur bence."* (Lina)	*"Tasarımlarını, projelerini yaparken hayal güçlerine ve yaratıcılıklarına ihtiyaç duyarlar."* (Çınar)	

4.5.2.5. Mühendisliğin Doğasının Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönü

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda bir soru (10. soru) mühendisliğin sosyal ve kültürel yerleşiklik yönüyle ilgilidir. Mühendisliğin sosyal ve kültürel yerleşiklik yönüyle

ilgili bu soruya (“Mühendislik tasarım çözümleri (örneğin meşrubat şişe kıracağı, köprüler, bilgisayarlar vs.) nasıl hayatımızı etkiler?”) ilişkin bulgular Tablo 30 ve 31’de verilmiştir.

Tablo 30

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Mühendisliğin Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Mühendisliğin Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	5	33,3	10	66,7	0	0
Son Test	2	13,3	12	80	1	6,7

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin sosyal ve kültürel yönüyle ilgili Tablo 30’daki 10. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde uygulama öncesinde öğrencilerin yaklaşık %33,3’ü mühendisliğin doğasına yönelik görüş anketinde yetersiz görüşe sahiptir. Bu öğrenciler, mühendislik ve toplum arasında hiçbir etkileşim olmadığını savunmaktadırlar. Özel yetenekli öğrencilerin yaklaşık %66’sı ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler mühendislik ve toplum arasındaki etkileşim olduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Son olarak bu öğrencilerin hiçbiri bilgili görüşe sahip değildir. Uygulamadan sonra ise özel yetenekli öğrencilerin yaklaşık %13’ü yetersiz görüşe sahip olmuştur. Bu öğrenciler, 11. soruya uygulama sonrasında da mühendislik ve toplum arasında hiçbir etkileşim olmadığını savunmaktadırlar. Özel yetenekli öğrencilerin yaklaşık %80’inin ise yeterli görüşe sahip olduğu görülmüştür. Bu öğrenciler sorunlara mühendislik ve toplum arasındaki etkileşim olduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Bu öğrencilerin yaklaşık %6’sı ise bilgili görüşe sahip olmuştur. Bu öğrenci, mühendislik ve toplum arasındaki etkileşim olduğunu kapsamlı olarak ifade etmiştir. Sonuç olarak, Biyo-MTS eğitimi, yetersiz görüşe sahip olan öğrencilerin yüzdesini azaltırken, yeterli ve bilgili görüşe sahip olanların yüzdesini artırmıştır.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik mühendisliğin sosyal ve kültürel yerleşiklik yönü için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki Mühendisliğin Sosyal ve Kültürel Yerleşiklik Yönüne Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Güzel etkiler."* (Asaf Miralayer)	*"Hayatımızı kolaylaştırarak daha önemli problemlere veya işlerimize odaklanmamızı sağlarlar."* (Arden)	
Son Test	*"Her mühendisin çalışma stili farklıdır."* (Atlas)	*"Gündelik hayatımızda yaşadığımız sorunların ve ihtiyaçların giderilmesini ve ortadan kalkmasını sağlar."* (Çınar)	*"Mühendislik tasarım çözümleri hayatımızın her alanında vardırlar ve amaçları hayatımızdaki sorunları çözmek ve kolaylaştırmaktır."* (Arden)

4.5.2.6. Mühendisliğin Doğasının Mühendisliğin Sosyal Yönü

Mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda bir soru (11. soru) mühendisliğin sosyal yönleriyle ilgilidir. Mühendisliğin sosyal yönleriyle ilgili bu soruya ("Mühendisler nasıl çalışırlar? Yalnız olarak mı yoksa grup halinde mi?") ilişkin bulgular Tablo 32 ve 33'te verilmiştir.

Tablo 32

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formundaki Mühendisliğin Sosyal Yönüne İlişkin Frekans ve Yüzdelik Değerleri

Mühendisliğin Sosyal Yönü	Yetersiz		Yeterli		Bilgili	
	f	%	f	%	f	%
Ön Test	2	13,3	13	86,7	0	0
Son Test	1	6,7	13	86,6	1	6,7

Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin sosyal yönleriyle ilgili Tablo 32'deki 11. soruya ilişkin sonuçlar incelendiğinde uygulama öncesinde öğrencilerin yaklaşık %13'ü mühendisliğin doğasına yönelik görüş formunda yetersiz görüşe sahiptir. Özel yetenekli

öğrenciler, bu soruya uygulama öncesinde mühendisliğin sosyal yönleriyle ile ilgili olarak ya yanıt vermemiş ya anlaşılmaz ya da ilgisiz cevap vermiştir. Diğer bir ifadeyle yetersiz görüşe sahip olan özel yetenekli öğrenciler, mühendisliğin sosyal bir uğraş olmaktan öte sorunlara yalnız bir çözüm arayışı olarak ifade etmektedirler. Bu öğrencilerin yaklaşık %86'sı ise yeterli görüşe sahiptir. Bu öğrenciler sorunlara mühendisliğin sosyal bir çözüm arayışı olduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Son olarak bu öğrencilerin hiçbiri bilgili görüşe sahip değildir. Uygulamadan sonra ise öğrencilerin yaklaşık %6'sı yetersiz görüşe sahip olmuştur. Bu öğrenci, 11. soruya uygulama sonrasında da mühendisin çalışmasına bağlı olduğuna yönelik bir cevap vermiştir. Bu öğrencilerin yaklaşık %86'sının ise yeterli görüşe sahip olduğu görülmüştür. Bu öğrenciler sorunlara mühendisliğin sosyal bir çözüm arayışı olduğunu ifade etmiş ancak kapsamlı açıklama eksikliği bulunmaktadır. Bu öğrencilerin yaklaşık %6'sı ise bilgili görüşe sahip olmuştur. Bu öğrenci, sorunlara mühendisliğin sosyal bir çözüm arayışı olduğunu ifade etmiş ve kapsamlı bir yanıt vermiştir. Sonuç olarak ön testteki yetersiz görüşün oranı son testte azalmış, yeterli görüş oranı sabit kalırken bilgili görüş ise son testte artmıştır. Bu nedenle, özel yetenekli öğrencilerin çoğunluğunun uygulamadan sonra mühendisliğin sosyal yönleri için yeterli görüşe sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik mühendisliğin sosyal yönleri için yetersiz, yeterli ve bilgili görüşlerine ilişkin örnek alıntılar Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 33

Mühendisliğin Doğası Görüşleri Formundaki Mühendisliğin Sosyal Yönlerine Yönelik Öğrenci Yanıtlarından Örnekler

Uygulama	Yetersiz	Yeterli	Bilgili
Ön Test	*"Hiçbir bilgim yok."* (Asaf Miralayer)	*"Grup olarak çünkü bir projede birden fazla alan kullanılır. Her mühendis kendi alanında görev alır."* (Arden)	
Son Test	*"Her mühendisin çalışma stili farklıdır."* (Atlas)	*"Grup halinde çalışırlar."* (Gazi Kemal)	*"Mühendisler genelde grup halinde çalışırlar çünkü bir çözüm tek açıdan bakılarak çözülemez. Birçok kişinin olması birçok sorunun çözülmesi demektir."* (Arden)

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde nitel ve nicel verilerin analizi sonucunda ortaya çıkan bulguların tartışması yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları literatürde yer alan benzer çalışmalarla tartışılarak sunulmuştur.

5.1. Mühendislik Tasarım Defterine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın birinci alt problemi "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki mühendislik tasarım defteri (BMTD) performanslarındaki değişim nasıldır?" olarak belirlenmiştir. Birinci alt probleme ilişkin veriler biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriği yoluyla elde edilmiştir. Bu alt problem kapsamında mühendislik tasarım defterleri, mühendislik tasarım süreci aşamalarına ve defter özelliklerine ilişkin özel yetenekli öğrencilerin cinsiyet, takım ve sınıf düzeyi gibi değişkenlere göre incelenmiştir.

5.1.1. Mühendislik Tasarım Defteri Aşama Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım defteri değerlendirme rubriği kullanılarak özel yetenekli öğrencilerin performansları incelendiğinde rubrikteki kriterlere göre bulgular elde edilmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin aşamalara göre genel ortalama performansları beklenen düzeydedir. Elde edilen bu bulgu belirli aşamalarda iyileştirmeye yer olsa da özel yetenekli öğrencilerin tanımlanan kriterler çerçevesinde yeterli performans sergilediklerini göstermektedir. Mühendislik tasarım değerlendirme ölçütleri üzerine yapılan araştırmalar, değerlendirme araçlarının öğrencilerin ilerlemesini etkili bir

şekilde izlenebilmesine ve onların karmaşık problem çözme becerilerine katkıda bulunmaktadır (Chia Pao Liew, Puteh ve Hamzah, 2021). Bu bulgular incelendiğinde özel yetenekli öğrenciler hazırlık-1 ve karar verme kriterlerinde en yüksek performansı sergilemişlerdir. Bu kriterlerde performansları beklenen düzeyin kısmen üzerindedir. Renzulli ve Reis (2014) tarafından belirtildiği üzere, özel yetenekli öğrenciler genellikle soyut düşünme, kavramsal ilişkilendirme ve yaratıcı problem tanımlama konularında üstün performans sergilerler. Bu araştırmada öğrencilerin hazırlık ve karar verme aşamalarında gösterdikleri yüksek performans, bu teorik çerçeveyi desteklemektedir. Elde edilen bulgulara göre özel yetenekli öğrenciler planlama-1 ve planlama-2 kriterlerinde ise en düşük performansı sergilemiştir. Bu kriterlerde özel yetenekli öğrencilerin beklenen düzeyin kısmen altında bir performans sergiledikleri görülmektedir. Bu durumun asıl nedeninin araştırmada yer alan özel yetenekli öğrencilerin daha önce biyomimetik ya da mühendislik tasarımı yapmamaları olarak düşünülmektedir. Karakaya ve Yılmaz'ın (2021) gerçekleştirdikleri araştırmalarında elde ettikleri bulgularda fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin benzer bir şekilde deneyim eksikliği nedeniyle tasarımı oluşturmakta zorlandıkları sonucuna ulaşmışlardır. Bu duruma ilişkin başka bir neden ise Pyryt (2004) tarafından vurgulanan "kavramsal anlayış ile pratik uygulama arasındaki boşluk" fenomeni ile açıklanabilir. Özel yetenekli öğrenciler bazen yüksek düzeyde kavramsal anlayışa sahip olmalarına rağmen, bu anlayışlarını somut tasarım çözümlerine dönüştürme konusunda zorlanabilmektedirler. Ayrıca bu aşamada özel yetenekli öğrenciler, biyomimetik tasarım yaklaşımını da uygulamalı bir şekilde kullanmışlardır. Biyomimetik tasarım yaklaşımında çeşitli zorluklarla da karşılaşılabilmektedir. Buck'a (2017) göre biyomimetik tasarım yaklaşımında karşı karşıya gelinen zorlukların asıl nedeni, iyi tanımlanmamış tasarım problemleridir. İyi tanımlanmamış tasarım problemlerinin tasarımın çözümünü zorlaştıracağı ifade edilmektedir. Bu nedenle iyi tanımlanmamış bir tasarım probleminin çözümünü doğada aramak zordur. Özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemini tanımlama aşamasında beklenen düzeyde bir performans ile tanımlamalarına rağmen planlama aşamasında bu problemi biyomimetik tasarım ilkelerini kullanarak yeniden tanımlamakta veya biyolojik dille ifade etmekte zorlanmış olabilirler. Bu durum dolayısıyla da performanslarında düşüş meydana gelmiş olabilir. Son olarak planlama aşamasındaki performansın düşük olmasının nedeni özel yetenekli öğrencilerin biyoloji terminolojisine yeterince hâkim olmamaları da olabilir. Çünkü bir tasarım probleminin mühendislik tasarım

dili ile ifade edilmesiyle biyolojik bir dille ifade edilmesi oldukça farklılık gösterir. Dolayısıyla yeni bir terminoloji ile karşı karşıya kalan öğrencilerin performanslarının düşmesi mümkün olabilir. Elde edilen performans puanlarındaki bu farklılık, rubriğin etkili bir değerlendirme aracı olarak kullanıldığını da göstermektedir. Rubrik, özel yetenekli öğrencilerden beklentileri açık bir şekilde ifade ederek onların performanslarını artırmaktadır ve onlara performanslarını hangi noktalara getirmeleri konusunda rehberlik etmektedir (Galván-Sánchez, Verano-Tacoronte, González-Betancor, Fernández-Monroy ve Bolívar-Cruz, 2017; Zytner, Donald, Gordon, Clemmer ve Thompson, 2015). Rubriklerle yapılan değerlendirmeler, öğrencilere dönüt sağlar ve onların mühendislik tasarım sürecinde etkin olmalarını sağlar (Dickinson, 2020).

5.1.1.1. Mühendislik Tasarım Defterinin Aşama Boyutuna Yönelik Cinsiyet Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre cinsiyet değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında düşük farklılıklar tespit edilmiştir. Mühendislik tasarım sürecinin tümünde MTD özelinde ortalama performans puanı açısından kız öğrencilerin erkek öğrencilere kıyasla nispeten daha iyi performans puanı elde ettikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak kız ve erkek öğrencilerin performansları düzeyleri ilgili rubriğin sınıflandırmasına göre beklenen düzeydedir. Kız öğrencilerin performans puanlarının ortalaması 2,37 iken erkek öğrencilerin performans puanlarının ortalaması 2,18'dir. Kız öğrencilerin ortalama performansları ile erkek öğrencilerin ortalama performansları arasındaki fark, cinsiyete dayalı olarak MTD performanslarında özel yetenekli öğrencileri birbirlerinden ayırmak için yeterli değildir. Araştırma kapsamında MTD özelinde aşamalara göre elde edilen bulgulara göre cinsiyet açısından bir farklılaşmaya neden olmadığı düşünülmektedir.

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defteri değerlendirme rubriğinden elde edilen bulgu doğrultusunda cinsiyetler arasında önemli performans farklılıklarının bulunmaması, öğretim yöntemleri ve öğretim programları gibi bağlamsal faktörlerin iyi bir şekilde yönetildiğinde öğrencilerin mühendislik performans düzeylerinin cinsiyete göre önemli ölçüde değişmediğini gösteren araştırma bulgularıyla da örtüşmektedir. Örneğin, gerçek dünya problemlerine odaklanan tasarım süreçlerinde erkek

ve kız öğrencilerin performanslarının ve sürece katılımlarının benzer şekilde arttığı rapor edilmiştir (Jackson, Mentzer ve Kramer-Bottiglio, 2021; Laguador, 2013). Kızlar ve erkekler arasında farklılaşmanın olmamasına ilişkin bu sonuç alan yazındaki özel yetenekli öğrencilerle gerçekleştirilen araştırmalarla da desteklenmektedir (Camcı, 2012; Mecek ve Taşlıdere, 2015; Rinn, McQueen, Clark ve Rumsey, 2008). Ayrıca bazı araştırmalar, öğretim sürecindeki öğrencilerin performanslarında cinsiyet eşitsizliklerinin doğuştan gelen yetenek farklılıklarından ziyade toplumsal kalıp yargılardan kaynaklandığı öne sürmektedirler (Shanahan, Silvestri ve McVee, 2018). Özetle, Biyo-MTD'lerin değerlendirilmesi, özel yetenekli öğrenciler arasında performans açısından cinsiyete göre farklılaşmanın olmadığını ortaya koymakta ve yapılandırılmış değerlendirmelerin öğrenci yeteneklerini anlamada faydalı olduğunu vurgulamaktadır. Bu durum, uygun pedagojik stratejiler ve destekleyici ortamlar sayesinde hem kız hem de erkek öğrencilerin mühendislik eğitiminde beklenen performans seviyelerine ulaşabileceği argümanıyla örtüşmektedir.

5.1.1.2. Mühendislik Tasarım Defterinin Aşama Boyutuna Yönelik Takım Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre takım değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında büyük farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu değerlendirme sonucu biyomimetik tasarım bağlamında takım çalışması dinamikleri ve takımların performans düzeyleri hakkında da fikir vermektedir. Örneğin Doğacı Mühendisler Takımının hazırlık kriterlerinde yüksek performans puanları alırken planlama-1 kriterinde ise kayda değer bir şekilde daha düşük performans puanı elde etmişlerdir. Bu bulgu, mühendislik tasarımı sürecinin yürütülmesi ve planlanmasıyla ilgili takım yeteneklerinde değişkenlikleri göstermektedir.

Takımlar arasında ortaya çıkan performans farklılıkları, takımların iş birliği süreçlerine ve takım dinamiklerindeki farklılıklarla açıklanabilir. Ancak alan yazın incelendiğinde özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde takım halinde çalışmaları istendiğinde büyük zorluk yaşandığı sıklıkla ifade edilmektedir. Bu durumun nedenleri, (1) bilişsel düzeyde uyumsuzluk ve uygunsuz takımların oluşturulması (Beck, Vrabel ve Budnik, 2009; Diezmann ve Watters, 2001; Feldhusen ve Moon, 1992; Ritterfeld, Weber, Fernandes ve Vorderer, 2004), (2) sosyo-duygusal gelişim farklılıkları ve sosyalleşme zorlukları (Aziz ve

diğerleri, 2021; Lee, 2024; Shcherbinina ve Grushetskaya, 2023; Slavkin ve Slavkin, 1988), (3) motivasyon, çalışma tarzı farklılığı ve mükemmeliyetçilik (Aziz ve diğerleri, 2021; Housand ve Housand, 2012; O'Grady-Jones ve Grant, 2023), (4) görev tasarımı, karmaşıklık ve öğrenme kazanımlarının yanlışlığı (Diezmann ve Watters, 2001; Jamal, Putra ve Nuraini, 2024; Rohmaniyah ve Asih, 2024), (5) takımların oluşturulması, takım rollerinin belirsizliği ve bunların nasıl değerlendirildiği (Blumenstein, Shakil ve Swedlund, 2023; Littlefield, 2002; Sun ve McGuire, 2024), (6) öğretmenin takım oluşturmaya yönelik yetkinliği veya pedagojik kısıtlamalar (Cross, 2010; Hertzog, 2007; Shabani, Bajrami ve Bajrami, 2025), (7) iki kere farklılık durumu ve bununla ortaya çıkan öğrenme ya da davranış farklılıkları (Coleman, Baldwin ve Pereles, 2018; Lawson, White ve Williams, 2025), (8) kültürel farklılıklar (Gallay, Furlan Brighente, Flanagan ve Lowenstein, 2022; Shcherbinina ve Grushetskaya, 2023), (9) iletişim, teknoloji, ve ortam özellikleri (Atreya, Gnawali, Menezes ve Nepal, 2025; Blumenstein ve diğerleri, 2023) ve (10) tüm bu nedenler arasındaki etkileşimler olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla araştırmada elde edilen sonuç, alan yazının aksine takım çalışmasında başarılı performanslarında sergilenebileceği yönündedir. Bu durumun oluşma nedenleri, (1) bu öğrencilere verilen görevlerin karmaşıklaşması ve ilerleme hızının farklılaştırılmasıyla (Beck ve diğerleri, 2009; Feldhusen ve Moon, 1992; Rohmaniyah ve Asih, 2024), (2) yapılandırılmış takım çalışmalarına yer verilmesi ve takım rollerinin netleştirilmesiyle (Blumenstein ve diğerleri, 2023; Sun ve McGuire, 2024), (3) araştırmacının aynı zamanda bu kurumda mesleki açıdan deneyimli bir öğretmen olmasıyla (Cross, 2010; Hertzog, 2007; Rohmaniyah ve Asih, 2024; Shabani ve diğerleri, 2025), (4) takımlarda liderlik ve özerklik fırsatının sunulmasıyla (O'Grady-Jones ve Grant, 2023; Ogurlu ve Sevim, 2017; Welch, 2015), (5) araştırma sürecinde teknolojinin kasıtlı bir şekilde kullanımıyla (Blumenstein ve diğerleri, 2023; Nieminen ve Reunanen, 2025) açıklanabilir.

Etkili takım çalışması, özellikle mühendislik tasarımı ve biyomimetik tasarım gibi karmaşık görevlerde hem bireysel katkıları olduğunu hem de öğrenme çıktılarını geliştirdiğini göstermektedir. Etkili iletişim kuran ve ortak karar alma süreçlerine katılan takımların tasarım süreçleriyle ilgili zorlukların üstesinden gelmede daha yüksek yeterlilik gösterdikleri görülmektedir. Bu durumda bu takımların daha yüksek performans puanları almalarını sağlamaktadır (Hyde, 2023; McCord ve Matusovich, 2019). Örneğin, Geleceğin Mühendisleri ve Ay Mühendisleri Takımları, karar verme kriterinde başarılı olmuşlardır ve bu takımların, denizaltı keşif aracı tasarımına ilişkin karmaşıklıklar arasında etkili karar alma

stratejilerini destekleyen güçlü iş birliği çerçeveleri geliştirmiş olabileceğini göstermektedir. Bu durum, mühendislik eğitimi alan yazınında etkili takım iletişiminin üretkenliği artırdığını ve daha iyi problem çözme becerilerini geliştirdiğini ileri süren bulgularla tutarlıdır (Hall, Schmader ve Croft, 2015; Wendell, Wright ve Paugh, 2017).

Diğer yandan birçok takımda planlama-1 ve planlama-2 kriterlerindeki düşük performanslar, teorik bilgilerin uygulamaya dönüştürmede ortak bir zorluğa işaret etmektedir. Bu durum, özel yetenekli öğrencilerin MTS'nin başlarında tasarım probleminin tanımlanmasında daha iyi performans sergilerken, detaylı planlama ve planını uygulamaya almada zorluklarla karşılaştıkları anlamına gelmektedir. Etkili planlama, mühendislik tasarımında hayati önem taşır çünkü sonraki aşamalar için temel oluşturur ve bu nedenle bu alandaki becerilerin geliştirilmesi önemlidir. Dolayısıyla öğrencilerin yer aldıkları takımlarda birbirlerine yetersiz destek vermeleri veya öğretmenin geri bildiriminin yeterli olmaması nedeniyle mühendislik tasarım görevlerinde planlama konusunda öğrencilerin zorlandıkları alan yazında ifade edilmektedir (Graeff, Letard, Raskin, Maranzana ve Aoussat, 2021; McInerney ve diğerleri, 2018). Ayrıca takımlar arasındaki performans farklılıkları, rekabet ve iş birliğine dayalı öğrenmenin tasarım sürecinde tasarımları ve öğrenmeleri iyileştirebileceğini göstermektedir. Araştırmalar, takım içinde hesap verebilirliğin olmasının öğrencilerin takımlarının kollektif ürünlerine katkıda bulunma ve onları geliştirme zorunluluğu hissettikleri ortamlar yaratarak performanslarını arttırabileceklerini göstermektedir (Röver, Fuchs, Asami ve Emmelmann, 2024; Sert Özen ve Elçi, 2019; Taşgit, Bayraktar, Kaplan ve Öney, 2021). Sonuç olarak, MTD'lerin değerlendirilmesi, özel yetenekli öğrencilerin MTS'de öğrenme çıktılarını şekillendirmede takım dinamiklerinin önemini vurgulamaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin yer aldıkları takımlardaki performanslar arasındaki farklılıklar, iş birliğine dayalı karar almayı ve etkili planlamayı geliştirmekte ve MTS'de genel başarıyı artırmaktadır.

5.1.1.3. Mühendislik Tasarım Defterinin Aşama Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre sınıf düzeyi değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında düşük farklılıklar belirlenmiştir. Bulgulara göre

beşinci sınıf düzeyindeki öğrenciler, karar verme kriterinde başarılı olurken, planlama kriterlerinde ise başarısız olmuştur. Altıncı sınıf düzeyindeki öğrenciler, tanımlama kriterinde başarılı olurken planlama kriterlerinde ise zorluk çekmişlerdir. Yedinci sınıf düzeyindeki öğrenciler ise hazırlık-1 kriterinde başarılı olurken diğer sınıf düzeylerinde olduğu gibi planlama kriterlerinde zorluklarla karşılaşmışlardır. Bu bulgulara göre ortalama performans düzeyleri arasında sınıf düzeyi değişkenine yönelik önemli düzeyde bir farklılaşma bulunmamaktadır. Bu durum ise var olan katılımcılar baz alındığında sınıf düzeyinin tek başına performansı belirlemede etkili olmayabileceğini düşündürmektedir. Elde edilen bu bulgu, MTS'de özellikle de tasarım tabanlı öğrenme ortamlarında sınıf düzeyleri ile öğrencilerin performansları arasındaki ilişki hakkında daha geniş tartışmaları yansıtmaktadır (Dunham, Deboer, Radhakrishnan ve Bhide, 2023; Wendell, Andrews ve Paugh, 2019).

Elde edilen performanslara göre özellikle planlama aşamasında sınıf düzeyleri arasında gözlemlenen tutarlı zorluklar, mühendislik tasarım süreci eğitiminde ortak bir mücadeleyi vurgulamaktadır. Dunham ve diğerlerinin (2023) de ifade ettiği gibi MTD'leri, öğrencilerin takım çalışmasına katıldıklarını etkili bir şekilde göstermektedir ve bu durumda başarılı mühendislik tasarım ürünleri için gerekli olarak görülmektedir. Planlama aşaması, başarılı tasarım ürünü ortaya koymanın temelini oluşturması nedeniyle çok önemlidir. Bu nedenle bu aşamadaki performans düşüklükleri açık bir şekilde planlama becerisine odaklanan daha kapsamlı bir öğretim stratejisine de olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Dolayısıyla etkili MTD'leri yalnızca öğrencilerin çeşitli etkinliklerini saklamak için kullanılmamaktadır. Aynı zamanda öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmakta ve onların MTS ile kendilerini geliştirmelerini sağlayan pedagojik yardımcılar olarak hizmet etmektedirler (Bergsman, 2018; Ekwaro-Osire, Afuh ve Orono, 2008). Ayrıca sınıf düzeyleri fark etmeksizin tüm sınıf düzeylerinde biyomimetiğin kullanımının artması daha ilgi çekici ve etkili mühendislik uygulamalarının yapılmasını sağlayarak tüm öğrencilere temel mühendislik becerilerini geliştirme fırsatı sunacaktır (Brady ve Rushing, 2016). Sonuç olarak, elde edilen bulgular MTS eğitiminde MTD'lerin faydasını vurgularken, planlama becerilerini geliştirmek için odaklanmış pedagojik stratejilerin önemini de ortaya koymaktadır.

5.1.2. Mühendislik Tasarım Defteri, Defter Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler defter özelliklerine göre incelendiğinde performans puanları arasında düşük farklılıklar belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre defter özellikleri boyutuna ilişkin en yüksek ortalama performansın takım tamamlama kriterinde görülürken en düşük ortalama performansa ise yenilik/orijinallik kriterinde görülmektedir. Ancak bu kriterler kapsamında elde edilen performans puanlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu da görülmektedir. Bu bulgu özel yetenekli öğrencilerin takım çalışmalarında daha başarılı olduklarını diğer yandan tasarım sürecinde yaratıcılık ve özgün problem çözme hakkında zorluk yaşadıklarını göstermektedir. Bu durum özel yeteneklilerin eğitimi hakkında alan yazında, yenilik ve yaratıcılık bağlamında kendilerinden beklenen düzeyde performans göstermemeleri sıklıkla kendilerinde olan potansiyel ile gerçekleşen performans arasındaki uyumsuzluk olarak ifade edilmektedir (Dyrda, 2009; Reis ve McCoach, 2000). Bu durumun yanında özel yeteneklilik durumu, çok boyutlu bir yapıdadır, bu nedenle yenilik ve yaratıcılık performansının yalnızca bilişsel düzeyle açıklamak zordur ve duyuşsal, kültürel ve çevresel faktörlerin de göz önüne alınması gerekmektedir (Kalinina, Ivanov ve Nikitin, 2022; Whitmore, 1979). Bireysel faktörler göz önüne alındığında özel yetenekli öğrencilerin yenilik ve yaratıcılıklarını etkileyen durumların (1) motivasyon eksikliği (McCoach ve Siegle, 2003; Rayneri, Gerber ve Wiley, 2003; Siegle, Rubenstein ve Mitchell, 2014), (2) mükemmeliyetçilik, hata yapma korkusu (Hopp, Händel, Stoeger, Vialle ve Ziegler, 2016; Mofield ve Parker Peters, 2019; Mofield, Parker Peters ve Chakraborti-Ghosh, 2016), (3) öz-düzenleme ve metabilişsel beceri yetersizlikleri (Berkowitz ve Cicchelli, 2004; Ridgley, DaVia Rubenstein ve Callan, 2020), (4) iki kere farklılık (Assouline, Foley Nicpon ve Whiteman, 2010; Mann, 2006; McCoach, Siegle ve Rubenstein, 2020; Stoeger ve Ziegler, 2013), (5) sosyo- duygusal sorunlar (Desmet, Pereira ve Peterson, 2020; Hojjati ve Nejatifar, 2024; Van Boxtel ve Mönks, 1992) olduğu ifade edilmektedir. Araştırmada bireysel faktörlerden motivasyonun zamanla düşmesi ve mükemmeliyetçilik olduğu düşünülmektedir. Ayrıca öğretim süreci ile ilgili müdahalelere de alan yazında yer verilmiştir. Öğretimin öğrenci düzeyine uygun olarak farklılaştırılamaması, hızlandırılmaması ve zenginleştirilmemesi de yenilik ve yaratıcılık da beklenen performansın görülmeme nedenleri arasında yer almaktadır (Li, Alfeld, Kennedy ve

Putallaz, 2009; Rimm ve Lovance, 1992; Rubenstein, Siegle, Reis, Mccoach ve Burton, 2012).

Elde edilen bu bulgular, özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde yenilik yapma yeteneklerinde bir boşluk olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda yeniliğin mühendislik eğitiminde çok önemli olduğunu ifade etmektedir. Çünkü öğrencilerin öğrendikleri kavramları yeni bağlamlarda uygulama yetenekleri ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Genco, Hölttä-Otto ve Seepersad, 2012). Özel yetenekli öğrencilerin ileri düzeyde bilişsel yeteneklere sahip olmalarına karşın yenilik ve yaratıcılık gibi alanlarda potansiyellerini ortaya çıkarabilmek için özel desteğe ihtiyaçları olabilir. Özel yetenekli öğrenciler, yenilikçi çözümler yerine var olan ideal çözümleri üretme baskısı hissedebilirler. Bu durumda da onların yaratıcılıklarını engelleyen kaygıya ve risk almayla keşfetmeyi desteklemeyen ortamlarda başarısızlığa neden olmaktadır (Blaas, 2014; Şentürk, Kefeli ve Bircan, 2022). Dolayısıyla mühendislik tasarım defterlerinin değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar, özel yetenekli öğrencilerin yeniliği ve özgünlüğü geliştiren pedagojik stratejilere duydukları gereksinimlerini vurgulamaktadır. Özetle, özel yetenekli öğrenciler mühendislik tasarım sürecinin belirli yönlerinde defter özellikleri bakımından yeterli performans gösterseler de yenilik/orijinallik yeteneklerinin geliştirilmesine yönelik önemli bir ihtiyaç bulunmaktadır.

5.1.2.1. Mühendislik Tasarım Defteri, Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Cinsiyet Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler defter özelliklerine göre cinsiyet değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında düşük farklılıklar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, kız öğrencilerin, MTD'nin sağlamlık ve düzeni kriterinde en yüksek ortalama performansı sergilerken yenilik/orijinallik kriterinde ise en düşük ortalama performansı sergilemişlerdir. Diğer yandan erkek öğrenciler ise MTD'yi bireysel ve takımca tamamlama kriterlerinde en yüksek ortalama performans sergilerken kız öğrencilere benzer şekilde yenilik/orijinallik kriterinde en düşük ortalama performansı sergilemişlerdir. Cinsiyetin Biyo-MTD performansına ilişkin özel yetenekli öğrencilerde bir farklılaşmaya neden olmamıştır. Diğer bir ifadeyle cinsiyet değişkeni, yalnızca bu araştırma için MTD'deki defter

özellikleri boyutu performansına etkide bulunmamıştır. Bu bulgu doğrultusunda eğitim ortamlarının performans üzerindeki çevresel faktörlerin önemine ilişki var olan alanyazınla örtüşmektedir. Bu doğrultuda özel yetenekli öğrencilerin takım üyeleriyle etkileşim halinde olmasının ve birbirlerinin çalışmalarını değerlendirmelerinin cinsiyetten bağımsız olarak defter özellikleri kriterlerinden özellikle yaratıcılık/orijinallik kriterinde daha yüksek performans göstermelerini sağlayabilir (Bowen-Mendoza, Pinargote-Ortega, Meza ve Ventura, 2022). Akran değerlendirmesinin varlığı, özel yetenekli öğrencilerin zorlanabileceği kriterlerde performanslarına olumlu etkileri olacaktır. Yaratıcılık/orijinallik kriterindeki cinsiyet fark etmeksizin performansın düşük olması aynı zamanda öğretim stratejileri bağlamında yaratıcılığı beslemenin ortak zorluğuna da işaret etmektedir. Wendell ve diğerleri (2019) MTD'lerin kullanımının mühendislik eğitiminde eşit öğrenme fırsatlarını nasıl destekleyebileceğini tartışmaktadır. Yine de MTD'lerin dikkatli bir şekilde kullanılmaması durumunda istemeden de olsa öğrenciler arasındaki eşitsizlikleri pekiştirebileceği konusunda da uyarmaktadırlar.

5.1.2.2. Mühendislik Tasarım Defteri, Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Takım Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler defter özelliklerine göre takım değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında farklılıklar belirlenmiştir. Bu bulgular içerisinde en dikkat çekici bulgu olarak takımların defterin düzeni ve sağlamlığı konusunda daha dikkatli olup daha iyi bir performans sergilerken yenilik/orijinallik kriterinde kendilerinden beklenen performansı sergilememeleridir. Bu durum, özel yetenekli öğrenciler tarafından MTD'deki sunum ve organizasyon unsurlarının, üst düzey yaratıcı becerilerden daha tutarlı bir şekilde uygulanabildiğini göstermektedir. Bu çıkarım da yapılandırılmış taslak tasarım görevlerindeki öğrencilerin etkinliğini vurgulayan araştırmalarla desteklenmektedir (Douglas, Moore ve Merzdorf, 2018; Wendell ve diğerleri, 2019). Diğer yandan tüm kriterler bakımından diğer takımlara kıyasla daha yüksek performans gösteren Takım, Ay Mühendisleri Takımı'dır. Ancak bu takımda da yenilik/orijinallik kriterine beklenen düzeyde performans sergilenmesine rağmen yine de diğer kriterlere nazaran daha düşük bir performans sergilemişlerdir. Bu durum tasarım

görevlerinde yaratıcılığa vurgu yapmanın öneminin altını çizen araştırmalarla örtüşmektedir (Kim, Yang, Lee ve Earwood, 2024; Tientongdee ve Ficklin, 2021).

Takımlar arasındaki puanlardaki değişkenlik, takım kompozisyonunun ve dinamiklerinin MTD'deki performans sonuçları üzerindeki önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Dickinson, 2020). Dolayısıyla, takımın iş birliği içinde çalışmasının MTD'deki yansıtıcı uygulamaların ve yeniliği teşvik edici odaklanmanın MTS'de performansın artırılmasında önemli olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlardaki farklılıklar, eğitimcilerin MTD'de hem takım tabanlı hem de yenilikçi öğrenme yaklaşımlarını destekleyerek bu farklılıkları gidermeleri gerektiğini göstermektedir (Bodnar ve Kadlowec, 2018).

5.1.2.3. Mühendislik Tasarım Defteri, Defter Özellikleri Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım defterini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler defter özelliklerine göre sınıf düzeyi değişkeni açısından incelendiğinde performans puanları arasında farklılıklar belirlenmiştir. Beşinci sınıf düzeyinde uygulanabilirlik, MTD'lerinin hem bireysel hem de takım etkinliklerinde tamamlanması kriterlerinde yüksek performans sergilenirken yenilik/orijinallik kriterinde ise düşük performans sergilenmiştir. Bu durum erken eğitim aşamasında yenilikçiliği teşvik etmede bu tür zorluklar vurgulanmış olup bu da temel mühendislik becerilerinin yanı sıra yaratıcı düşünmeyi de teşvik eden eğitim stratejilerine ihtiyaç olduğunu göstermektedir (Nagel, Pittman, Pidaparti, Rose ve Beverly, 2017b).

Diğer yandan altıncı sınıf düzeyinde, MTD'lerinin bireysel ve takım olarak tamamlama kriterinde yüksek performans sergilerken yenilik/orijinallik kriterinde ise düşük performans sergilemişlerdir. Alan yazın, MTD'lerin tamamlanması durumunda pedagojik ilerlemelerin veya artan öğrenci gelişiminin öğrencinin performansına olumlu katkıda bulunduğunu göstermektedir (Douglas ve diğerleri, 2018). Ayrıca, MTD'lerin tamamlanması öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini (Ralph, 2016) ve öğrenme çıktılarını (Abuchar, De La Hoz, Vieira ve Arteta, 2022; González-Cortés, Cantero ve Ramírez, 2025) geliştirdiği alan yazında ifade edilmektedir. Yenilik/orijinallik kriterinde düşük performans olmasında öğrencilerin iş birliğine dayalı MTS'ye etkili bir şekilde katılmalarına rağmen, yenilikçi düşüncenin entegrasyonunun genellikle farklı bir pedagojik çerçeve ve destek

yapısı gerektirdiğini göstermektedir (Dunham ve diğerleri, 2023). Ayrıca eğitimcilerin mühendislik tasarım sürecinde ilköğretim çağındaki öğrencilere dönüt vermelerinin ve bu öğrencilerin etkileşim halinde olmalarının önemini anlamaları gerekmektedir (Radloff ve Capobianco, 2020). Bu durum öğrencilerin daha düşük performansa sahip olmalarını açıklayabilir.

Son olarak yedinci sınıf düzeyinde de MTD'lerin sağlamlığı ve düzenine yönelik yüksek performans sergilerken yenilik/orijinallik kriterinde yine düşük performans sergilenmiştir. Yenilik/orijinallik kriterinde tüm sınıf düzeylerinde görülen zorluk, bu becerileri geliştirmek için eğitimde yaratıcı problem çözme ve fikir üretme becerilerinin geliştirilmesine gereksinim duyulduğunu göstermektedir (Okon ve Nocera, 2017; Zhang ve Aggidis, 2018). Sınıf düzeyleri arasında defter özellikleri boyutuyla ilgili ortalama performanslar dikkate alındığında altıncı sınıf düzeyi diğer sınıf düzeylerine göre daha yüksek performans sergilemiştir. Altıncı sınıf düzeyinin daha yüksek performans sergilemesi biyomimetik tasarım ilkelerinin mühendislik tasarım sürecine entegrasyonuyla ilgili gelişimde potansiyel bir zirveyi işaret etmektedir. Ayrıca yenilikçi eğitim yaklaşımlarının bilişsel gelişim aşamalarıyla uyumlu hale getirilmesinin altını çizmektedir. Bu durum, alanyazında yinelemeli öğrenme ve proje tabanlı öğrenmenin kullanımının zaman içinde tasarım tecrübesini önemli ölçüde artırabileceğini vurgulayan bulguları içermektedir (Graeff, Letard, Raskin, Maranzana ve Aoussat, 2021). Sınıf düzeylerine göre özel yetenekli öğrenciler arasında yenilik/orijinallik kriterinde performans düşüklüğü belirgin olsa da MTD'nin hem bireysel hem de takım olarak iş birlikli öğrenmeyi kolaylaştıracak araçlar olarak yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu defterler, özel yetenekli öğrencilerin yalnızca tasarım sürecini kolaylaştıran araçlar olarak değil aynı zamanda yaratıcılıklarını geliştiren araçlar olarak da hizmet etmektedir. MTD'lerin kullanımı konusunda sınırlı sayıda araştırma olması nedeniyle özel yetenekli öğrencilerin bu etkinliklere katılımı hususunda diğer araştırmalarla karşılaştırmalara yer verilememiştir. Ancak MTD'lerin öğretim sürecinde kullanımının genel olarak öğrencilerin etkinliklere daha derin katılımını ve yenilikçi sonuçlar sağlayabileceğini ortaya koyan araştırmalarla desteklenmektedir (Guzey, Moore ve Morse, 2016; Jacobs, Eggermont, Helms ve Wanieck, 2022; Petrakis ve diğerleri, 2022; Swarat, Ortony ve Revelle, 2012). MTD'lerin incelenmesi, tasarım çözümlerinde öğrencilerin yaratıcılıklarını (Atwood ve Pretz, 2016; Charyton, Jagacinski, Merrill, Clifton

ve DeDios, 2011; Purzer, Quintana-Cifuentes ve Menekse, 2022) ve yenilikçi (Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012) düşüncelerini bütünleştirmeyi amaçlamaktadır.

5.2. Mühendislik Tasarım Sürecine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın ikinci alt problemi "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) performanslarındaki değişim nasıldır?" olarak belirlenmiştir. İkinci alt probleme ilişkin veriler biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayalı mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriği yoluyla elde edilmiştir. Bu alt problem kapsamında mühendislik tasarım süreci, mühendislik tasarım süreci aşamalarına ilişkin özel yetenekli öğrencilerin cinsiyet, takım ve sınıf düzeyi gibi değişkenlere göre incelenmiştir.

5.2.1. Mühendislik Tasarım Süreci Aşama Boyutuna Yönelik Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre incelendiğinde performans puanları arasında farklılıklar belirlenmiştir. Hazırlık aşamasında öğrenciler beklenen düzeyde performans göstermiştir. Bu durum mühendislik tasarım sürecinin başında mühendislik ve biyomimetik hakkında becerilerin etkili olarak geliştirildiğini göstermektedir. Benzer şekilde öğrenciler, tanımlama aşamasında da beklenen düzeyde performans göstermişlerdir. Bu bulgular, özel yetenekli öğrencilerin MTS'ye ilişkin güçlü bir temel anlayışın geliştirilmesinde öğretim sürecine biyomimetik tasarım yaklaşımının entegre edilmesinin altını çizen araştırmalarda da ifade edildiği üzere MTS'nin sağlam adımlarla ilerlediğini göstermektedir (Mann ve diğerleri, 2011; Winarno, Rusdiana, Samsudin, Susilowati, Ahmad ve Afifah, 2020). Bu iki aşamanın aksine özel yetenekli öğrencilerin öğrenme aşamasındaki performansı daha düşük elde edilmiştir. Bu aşamada denizaltı keşif aracı tasarımına yönelik fen bilimleri ve matematik kavramlarına yer verilmiştir. Bu aşamada özel yetenekli öğrencilerin performanslarının düşük olmasının temel sebebi, bu öğrencilerin etkinliklerde gereken özeni göstermemeleridir. Etkinliklerde ölçümlerin yapılmasında dikkatsizlikler veya hatalı ölçümlerden dolayı daha düşük performans gösterdikleri düşünülmektedir. Ayrıca bu aşamada öğrencilerin performanslarının önceki iki aşamaya nazaran düşük olması fen bilimleri ve matematik kavramlarında zorlanmaları olarak düşünülebilir.

Planlama aşamasında ise öğrencilerin biyomimetik ve mühendislik tasarım ilkelerini bir arada kullanarak taslak tasarımlarını ortaya koydukları bir aşamadır. Bu aşamada öğrencilerin performansları, MTD'deki performanslarına benzer şekilde düşüktür. Bu durum öğrencilerin tasarım yaklaşımlarını kullanarak tasarımlarını ifade etme ve tasarımlarına ilişkin strateji oluşturma becerilerinde eksiklikler olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, öğrencilerin stratejik düşüncelerini destekleyebilecek yeterli bir taslak oluşturamamaları nedeniyle MTS'nin planlama aşamasında karşılaştıkları ortak zorluklara işaret eden çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Adıgüzel Ulutaş, 2024; Han ve Shim, 2019; Karakaya, 2021; Schubert ve diğerleri, 2012).

Planlama aşamasında düşen performans deneme aşamasında ise artmıştır. Bu durum öğrencilerin taslak tasarımdan ziyade tasarım yapma sürecinde daha aktif ve yüksek performans sergilediklerini göstermektedir. Benzer şekilde bu performanslarını karar verme aşamasında da yükseltmişlerdir. Bu durumda özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarına ilişkin seçenekleri etkili bir şekilde değerlendirdiklerini ve mühendislik tasarım problemlerinin çözümüne ilişkin çok önemli olan bilinçli seçimler yapabildiklerini de göstermektedir. Bu bulgular, etkili tasarım etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin MTS boyunca karar alma konusundaki gelişimlerini desteklemektedir (Schubert ve diğerleri, 2012).

Deneme ve karar verme aşamalarının aksine test etme aşamasında performans yeniden düşüş göstermiştir. Bu durum aşamalar arasında tutarsız bir katılıma da işaret etmektedir. Performanstaki bu dalgalanma, özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamalarında performansları yükselse de tasarımlarını test etme ve raporlaştırmada zorlandıklarını göstermektedir (Douglas ve diğerleri, 2018). Elde edilen sonuçlar, özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki performanslarının karmaşık bir tablosunu sunmaktadır. Öğrenciler, bu sürecin genelinde beklenen düzeyde bir performans göstermiştir. Ayrıca elde edilen bulgular, özellikle öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde zorlandıkları planlama ve test etme aşamalarındaki belirlenen zayıf noktalardan amaçlı müdahaleler yapılması gerektiğini göstermektedir (Adıgüzel Ulutaş, 2024; Han ve Shim, 2019; Karakaya ve Yılmaz, 2021).

5.2.1.1. Mühendislik Tasarım Süreci Aşama Boyutuna Yönelik Cinsiyet Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre cinsiyet açısından incelendiğinde performans puanları arasında farklılaşma bulunmamaktadır. Elde edilen verilere göre bazı önemli bulgulara ulaşılmaktadır. Kız öğrenciler, tanımlama ve karar verme aşamalarında kayda değer oranda yüksek performans göstermişlerdir. Bu öğrenciler, test etme aşamasında ise diğer aşamalara göre oldukça düşük performans göstermiştir. Yapılan araştırmalar, kız öğrencilerin tasarımlarını test etmekte zorluklarla karşılaşırken tasarım probleminin tanımlanması ve bu problemin çözüme ulaştırılmasında başarılı olabileceklerini göstermektedir (Dare, Ellis ve Roehrig, 2018; Nesmith ve Cooper, 2021). Öte yandan erkek öğrenciler ise karar verme aşamasında diğer aşamalara kıyasla daha yüksek başarı göstermiştir. Erkek öğrenciler planlama aşamasında ise diğer aşamalara nazaran oldukça düşük performans sergilemiştir. Elde edilen veriler, erkek öğrencilerin planlama aşamasında zorlandıklarını göstermektedir. Bu durum, planlama yapma ve bunun organizasyonunda bu öğrencilerin karşılaştıkları ortak zorluğa işaret eden alanyazın ile desteklenmektedir (Chien, Yao ve Chao, 2020; Sopakitiboon, Tuampoemsab, Howimanporn ve Chookaew, 2023). Yapılan araştırmaya göre MTS'de her ne kadar kız öğrencilerin performansı erkek öğrencilere göre çok düşük miktarda yüksek olsa da cinsiyet değişkenine ilişkin istatistiksel verilere dayalı kanıtlarla da desteklenmesi gerekmektedir. Ancak alan yazınında etkili stratejiler uygulandığında yalnızca cinsiyet değişkenin kayda değer bir şekilde MTS performansını artırmadığına ilişkin araştırmalar yer almaktadır (Farah, Spaenlehauer, Rodriguez-Triana, Ingram ve Gillet, 2022; Lin, Wu, Hsu ve Williams, 2021). Ayrıca yapılan bazı çalışmalar, MTS'nin öğretim sürecine entegre edilmesinin cinsiyetler arasında öğrenme ve problem çözme sonuçlarını iyileştirebileceğini de göstermektedir (Pérez, Henderson ve Wendell, 2025; Winarno, Rusdiana, Samsudin, Susilowati, Ahmad ve Afifah, 2020). Benzer şekilde bu durumların da daha fazla araştırma ile desteklenmesi gerekmektedir.

5.2.1.2. Mühendislik Tasarım Süreci Aşama Boyutuna Yönelik Takım Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre takımlar açısından incelendiğinde performans

puanları arasında farklılaşma bulunmaktadır. Elde edilen verilere göre mühendislik tasarım sürecinde Doğacı Mühendisler, Tasarım Şefleri ve Geleceğin Mühendisleri takımları beklenen düzeyin kısmen altında performans sergilerken Ay Mühendisleri Takımı ise beklenen düzeyin kısmen üzerinde performans sergilemiştir. Takımlar arasında performans bakımından tutarsızlık bulunmaktadır. Bu durumun oluşmasının nedeni takım içi iş birliğinin eksikliği olabilir. Bazı araştırmalar, takım çalışması uygulamalarına ve iletişim stratejilerine daha fazla yer verilmesinin öğrencilerin performanslarında artış sağlayabileceğini ifade etmektedir (Cowan, Barrella, Watson ve Anderson, 2017; Goldberg, 2017).

Doğacı Mühendisler Takımı, hazırlık, deneme ve karar verme kriterlerinde en yüksek performanslarını sergilerken planlama kriterinde ise en düşük performans göstermişlerdir. Bu sonuç, bu takımdaki öğrencilerin planlama aşamasında zorluk çektiklerini göstermektedir. Bu durumun nedeni yapılandırılmış bir yaklaşım ortaya koyma becerisinin başarılı tasarımlar yapılması için gerekli olduğunu ve fakat bu durumun eğitim ortamlarında sıklıkla yeterince geliştirilemediğini öne süren araştırmalarla da desteklenmektedir (Han ve Shim, 2019; Mann vd., 2011).

Tasarım Şefleri Takımı, deneme ile iletişim ve takım çalışması kriterlerinde en yüksek performanslarını sergilerken test etme kriterinde ise en düşük performanslarını sergilemişlerdir. Elde edilen bu bulgu, takımın daha iyi bir tasarıma ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalar, uygulamalı test kullanımının ve yinelemeli dönütlerin mühendislik eğitiminde bilgi ve becerilerin arttırılmasında önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu durumların öğretim süreçlerinde yeterince uygulanmadığını dile getirmektedir (Han ve Shim, 2019; Stith, Potts, Rubenstein, Shively ve Spoon, 2020).

Geleceğin Mühendisleri ve Ay Mühendisleri Takımları ise karar verme kriterinde çok yüksek bir performans sergilerken planlama kriterinde ise çok düşük performans sergilemiştir. Elde edilen bulgulara göre öğrencilerin planlama becerilerini geliştirmek için problem çözme ve tasarım becerilerine odaklanan etkinliklere daha fazla etkinliğe yer verilmesi gerekmektedir (Ejichukwu, Tolbert Smith ve Ayoub, 2024; Souza, Margalho, Lima, Mesquita ve Costa, 2022).

Sonuç olarak takımlar arasındaki performansların farklılaşması, öğrenme ve yenilik potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için MTS'nin öğretimde kullanımında iş birliğine dayalı öğrenme ortamlarına daha fazla yer verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Cantera,

Arevalo, García-Marina ve Alves-Castro, 2021; Van Helvoort, Brand-Gruwel, Huysmans ve Sjoer, 2017). Ayrıca planlama ve test etme kriterlerine yönelik öğretim yöntem tekniklerinin geliştirilmesi ve özel yetenekli öğrencilere yönelik bu yöntemlerin farklılaştırılması gerekmektedir. Bu durum özel yetenekli öğrencilerin performanslarını geliştirmek için hayati bir öneme sahiptir. Son olarak özel yetenekli öğrencilerin STEM alanlarında başarılı olmaları için gerekli yeterlilikleri geliştirmelerine destek olunacaktır (Mehalik, Doppelt ve Schuun, 2008; Pang, Kootsookos, Fox ve Pirogova, 2024).

5.2.1.3. Mühendislik Tasarım Süreci Aşama Boyutuna Yönelik Sınıf Düzeyi Değişkeni Açısından Değerlendirilmesine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecini değerlendirme rubriğinden elde edilen veriler aşamalara göre sınıf düzeyleri açısından incelendiğinde performans puanları arasında farklılaşma bulunmamaktadır. Elde edilen verilere göre beşinci sınıf öğrencileri en yüksek performansı karar verme kriterinde gösterirken planlama kriterinde ise en düşük performansı göstermişlerdir. Beşinci sınıf düzeyinde planlama kriterinde görülen performans düşüklüğü bu sınıf düzeyindeki öğrencilerin taslak tasarım oluşturmada öğretmen desteğine daha fazla ihtiyaç duyduklarını önceki bulgularla da uyumlu olarak bu alandaki zorlukları göstermektedir. Mann ve diğerlerine (2011) göre öğrencilerin mühendisliğe yönelik performansların arttırılması ve daha fazla deneyim elde etmeleri için mühendislik eğitiminin okul öncesi öğretim programına dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla beşinci sınıf düzeyinde ilk kez karşı karşıya gelinen mühendislik tasarım süreci gibi karmaşık tasarım yaklaşımlarında planlama kriterinde düşük performans sergilenmesi doğal bulunmaktadır.

Altıncı sınıf düzeyindeki öğrenciler, tanımlama kriterinde en yüksek performansı sergilerken planlama aşamasında ise en düşük performansı sergilemişlerdir. Bu sınıf düzeyinde en yüksek performans elde edilen bulgu, mühendisliğin öğretim programında küçük yaş gruplarında yaratıcılık ve problem çözme becerilerinin nasıl geliştirilmesi gerektiğini tartışan Robinson, Adelson, Kidd ve Cunningham'ın (2018) bulgularıyla desteklenmektedir. Diğer yandan bu sınıf düzeyindeki öğrencilerin de beşinci sınıf düzeyindeki öğrenciler gibi planlama kriterinde düşük performans sergilemeleri, tasarımın planlanmasının karmaşık bir süreç olması ile açıklanabilir. Bu durum, farklı sınıf düzeylerindeki öğrenciler arasında

zorluklara neden olduğu çeşitli araştırmalarla da desteklenmektedir (Ateş Akdeniz, 2023). Dolayısıyla planlama kriterinde genel olarak var olan sorun MTS'deki sistemik bir zorluğu da ifade etmektedir.

Yedinci sınıf düzeyindeki öğrenciler, deneme kriterinde en yüksek performansı gösterirken test etme kriterinde ise en düşük performansı göstermişlerdir. Bu durum sınıf düzeyleri arasında MTS'nin sonraki aşamalarının anlaşılması ve uygulanmasında farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Test etme kriterinde elde edilen düşük performansın öğrencilerin değerlendirici öğrenme biçimlerine geçişte ortaya çıkan kaygıyı veya hazırlıksız olma durumunu yansıtabilir (Ateş Akdeniz, 2023). Dolayısıyla bu durum öğrencilerin performanslarını açıklamada önemli olarak görülmektedir.

Sonuç olarak sınıf düzeylerine göre ortalama performanslar, özellikle planlama ve test etme kriterlerinde beklenen düzeyin altında kalmaktadır. Yine elde edilen verilere göre altıncı sınıf düzeyindeki öğrencilerin neredeyse tüm kriterlerde diğer sınıf düzeylerinden daha iyi performans gösterdiklerini göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin hem bilişsel hem de duygusal gelişim faktörlerinin mühendislik tasarım ilkeleriyle etkileşiminden kaynaklanmış olabilir. Özetle, sınıf düzeylerinin performans üzerindeki etkisinin özel yetenekli öğrenciler arasında güçlü bir farklılaşma göstermemektedir. Ancak bu durum hakkında daha fazla araştırma yapılarak istatistiksel verilerle desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca sınıf düzeyleri arasındaki farklılaşmanın sonucunda MTS'de özel yetenekli öğrencilerin mühendislik ve tasarım becerilerini geliştirmek için öğretim yöntemlerine ve tekniklerine ve bu amaca uygun hazırlanmış öğretim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

5.3. Ürün ve Biyomimetik Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın üçüncü ve dördüncü alt problemleri sırasıyla "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) performanslarındaki değişim nasıldır?" ve "Özel yetenekli öğrencilerin biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecindeki (Biyo-MTS) ürün performanslarının değişimi nasıldır?" olarak belirlenmiştir. Üçüncü alt probleme ilişkin veriler *Ürün Değerlendirme Rubriği* ve dördüncü alt probleme ilişkin veriler *Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği* yoluyla elde edilmiştir. Bu alt problemler kapsamında özel yetenekli öğrenciler tarafından ortaya konan tasarım ürünleri, takım değişkenine göre hem deneme hem de karar verme aşaması için ayrı ayrı incelenmiştir.

5.3.1. Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamalarındaki tasarım ürünlerinin çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi sonucunda elde ettikleri performanslarından dikkate değer sonuçlar çıkmıştır. Deneme aşamasında özellikle MTS kullanımı, maliyet ve zaman kriterlerinde tüm takımların tam performans puanı alarak başarılı olmuşlardır. Bu durumun aksine takımlar, su içindeki konum, çevre dostu ürün kullanımı ve yaşam ilkeleri kriterlerinde başarısız performans sergilemişlerdir. Karar verme aşamasında ise takımlar, MTS, maliyet, sudaki konum, zaman ve malzeme kullanımı gibi kriterlerde başarılı olurken çevre dostu ürün kullanımı kriterinde ise başarısız olmuşlardır. Bu sonuçlar, özel yetenekli öğrencilerin gerçek dünya problemlerini çözmeye katılımını artıran STEM eğitimi yaklaşımındaki MTS'nin önemini vurgulayan alan yazın ile desteklenmektedir (Long, Yen ve Hanh, 2020; Winarno, Rusdiana, Samsudin, Susilowati, Ahmad ve Afifah, 2020). Öte yandan tüm takımlar çevre dostu ürün kullanımı konusunda başarısız olmuştur. Ayrıca Doğacı Mühendisler Takımı dışında doğada yok olma süresi kriterinde diğer takımlar başarısız performans göstermişlerdir. Bu durum özel yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım becerileri ile biyomimetik tasarım becerileri ve teknik becerileri ile ekolojik uygulamaları arasında bir kopukluk olduğunu göstermektedir. Bunun yanında tasarım becerileri elde edilse de öğrencilerde tasarımların oluşturulmasında sürdürülebilirliğin anlaşılması ve önceliklendirilmesinde önemli bir boşluk olduğu fikrinin altını çizmektedir.

Öğrenciler arasında çevre bilincine sahip tasarıma odaklanma eksikliğine yönelik bazı araştırmalar, sürdürülebilir uygulamaların öğretimi için ortak bir çaba gösterilmezse, öğrencilerin çevreyi olumsuz etkileyen geleneksel malzemelere yönelebileceğini göstermektedir (Kelley ve Knowles, 2016; Lestari, 2020).

MTS'ye ekolojik hususların entegrasyonu için geliştirilmiş çerçeveleri savunan çalışmalarda vurgulandığı gibi, sürdürülebilirliğin öğrencilerin tasarım süreçlerine entegre etmenin zorlukları vurgulamaktadır (Aguiar, Mesa, Jugend, Pinheiro ve Fiorini, 2022; Chung, Lin ve Lou, 2018).

Özel yetenekli öğrencilerin tasarımlarında çevre dostu ürün kullanımıyla ilgili eksikliklerin olması, doğaya yönelik bakış açılarının değişmesi ve bu öğrencilerin ilerleyen yaşamlarında sürdürülebilirliği MTS'ye dahil eden öğretimsel müdahalelere olan acil ihtiyacını vurgulamaktadır (Appio, Achiche, Martini ve Beaudry, 2017; Raymond, Chisin ve Broom, 2017).

Tasarım geliştirme araştırmaları, özel yetenekli öğrencilerin başarısız performans gösterdikleri kriterlerin önemini vurgulamaktadırlar. Örneğin tasarım geliştirme aşamalarına eko tasarım stratejilerinin entegrasyonunun önemi vurgulanmış olup geri dönüşüm ve sürdürülebilirliğin ürünlerin yaşam döngüsünü zenginleştirebileceğinin ve bu yolla doğanın kendini yenilemesinin mümkün olacağı düşünülmektedir (Go, Wahab ve Hishamuddin, 2022). Dolayısıyla öğrencilerin bu kriterlerle karşı karşıya getirilmesi onların ve diğer canlıların gelecek yaşamlarına katkıda bulunacaktır. Ayrıca bazı araştırmalarda mühendislik tasarımların değerlendirilmesi yönü, tasarım probleminin belirlenmesinden tasarım ürününe kadar öğrencilerin elde ettikleri performanslarını da desteklemektedir (Ishak ve Romli, 2021; Pérez, Henderson ve Wendell, 2025; Turan ve Omar, 2013).

MTS'de elde edilen performansın aksine tasarımın çevre ile etkileşimine ilişkin kriterlerde performansın düşük olması, çevre dostu uygulamalar konusunda eğitimde karşılaşılan geniş zorlukları da yansıtmaktadır. Bu eksikliklerin giderilmesi, sürdürülebilirlik ve ekolojik etkide mühendislik bağlamında kullanılması bütünsel bir yaklaşımın izlenmesi için zorunludur (Turan, Johan, Nor ve Omar, 2017). Dolayısıyla ürün sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve performans ile çevresel sorumluluk arasında denge kurmak hayati önem taşımaktadır (Wu ve Yang, 2010). Ancak özel yetenekli öğrencilerin ürün performanslarından bu dengeyi sağlayamadıkları düşünülmektedir. Genel olarak ürünler incelendiğinde çevre dostu kriterler, ürün performansının artırılmasında dikkat edilmesi gereken durum olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, ekoloji ve sürdürülebilirlik konuları, MTS'de bir dereceye kadar etkili bir şekilde kullanılsa da elde edilen bulgular eğitim öğretim faaliyetlerinde çevreye duyarlı ürün geliştirmeye yönelik yeniden vurgu yapılmasının öneminin altını çizmektedir (Dondurucu ve Çetinkaya, 2024; Kocaşaban ve Tellioğlu, 2024; Sarı ve Yazıcı, 2019). Son araştırmalar da benzer şekilde sürdürülebilirlik ve çevreye duyarlı tasarımın öğretim programına entegre edilmesini savunmaktadır; bu durum da çağdaş ekolojik zorluklarla uyumlu, daha bütünsel öğrenci çıktılarını sağlayacaktır (Blanco, Pedersen Zari, Raskin ve Clergeau, 2021; Dondurucu ve Çetinkaya, 2024; Kocaşaban ve Tellioğlu, 2024). Bu durum sağlanamazsa tasarım alanında mükemmel olan ancak sürdürülebilir yenilikçi yaklaşımlar için gerekli olan ekolojik farkındalığa sahip olmayan geleceğin tasarımcılarının yetişmesine devam etme riski bulunmaktadır.

5.3.2. Biyomimetik Açıdan Ürün Performanslarına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Özel yetenekli öğrencilerin deneme ve karar verme aşamalarındaki biyomimetik açıdan tasarım ürünlerinin çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi sonucunda elde ettikleri performanslarından dikkate değer sonuçlar çıkmıştır. Genel olarak takımların biyomimetik ürün performansları incelendiğinde biyolojik yapı ve biyolojik işlev kullanımı ile yapı-işlev ilişkisine ilişkin kriterlerde özel yetenekli öğrenciler başarılı performans sergilerken yaşam ilkeleri kriterinde daha az başarılı performans sergilemişlerdir. Bu durum, etkili biyomimetik tasarımların genellikle doğadan ilham alan yapılara ve işlevlere yönelik hayati biyolojik faktörlere dayandığını göstermektedir. Özel yetenekli öğrencilerin bu kriterlerde başarılı olması alan yazınındaki araştırmalarla örtüşmektedir (Fadhurrahman ve Mutia, 2022; Wanieck ve diğerleri, 2022).

Öte yandan ekosistem kullanımı kriterinde ise başarısız olmuşlardır. Bu durum ilgili araştırmalarla örtüşmektedir ve özel yetenekli öğrencilerin teorik bilgileri ile ekolojik uygulamalar arasında bir kopukluk olduğunu göstermektedir (Özbek ve Dağyar, 2022). Ayrıca özel yetenekli öğrenciler, biyolojik yapı ve işlev kullanımı gibi kriterlerde yüksek performans sergilerken ekosistem kullanımı kriterinde başarısız performans sergilemeleri bu öğrencilerin, belirli alanlarda başarılı olmalarına rağmen var olan becerilerini bütünsel bir şekilde ekolojik durumlara uyarlamada zorlandıklarını gösteren García-Martínez, Cáceres, Rosa ve León (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırmayla da örtüşmektedir. Doğası gereği ekolojik sistemler karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle küçük yaş grubundaki öğrencilerin bu durumu anlamaları veya keşfetmeleri zorlayıcıdır. Dolayısıyla, tasarımlarda ekolojiden ilham almanın zorluğu açıkça görülmektedir (Goyes-Balladares, Moya-Jiménez, Molina-Dueñas, Chaca-Espinoza ve Magal-Royo, 2025; Graeff, Maranzana ve Aoussat, 2019; Lee ve diğerleri, 2015; Wanieck ve diğerleri, 2022). Bu durum, öğrencilerin doğrudan biyomimetik uygulamalarda daha iyi olduklarını, ancak daha geniş ekolojik anlayışlarla mücadele ettiklerini gösteren diğer çalışmalarda da yansıtıldığı gibi ortak bir davranış örüntüsünü ortaya koymaktadırlar (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer ve Pahl, 2006; Zhang, Kestem, Wommer ve Wanieck, 2025). Elde edilen bu sonuç, özel yetenekli öğrencilerin öğretim programlarında çevre konularına daha fazla odaklanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca biyomimetik ürün potansiyelleri incelendiğinde ekosistem kullanma kriterine yönelik öğretim programlarında düzenlemelere ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Buna ek olarak özel yetenekli öğrencilerin tüm kriterler kapsamında başarılı

olmalarını beklemek de yanlıştır. Bu yanlış beklenti, onların mükemmeliyetçi olmalarına ve daha fazla zarar görmelerine neden olabilir (Grugan, Olsson, Hill ve Madigan, 2025).

Özetle, bu sonuçlar önemli bir durumu vurgulamaktadır. Bu öğrenciler, farklı becerilere sahip olmalarına rağmen, tüm takımlar ekosistem kullanımında dikkate değer bir zorluk yaşamıştır. Bu zorluklar, mühendislik ve biyomimetik tasarım sürecine ekolojik konuların ve bu konuların değerlendirmesinin daha fazla entegre edilme ihtiyacını vurgulayan çalışmalar yer almaktadır (Graeff ve diğerleri, 2019; Vincent ve diğerleri, 2006). Sonuç olarak, özel yetenekli öğrenciler, biyomimetiğin daha basit yönlerinde daha fazla performans gösterseler de doğal sistemlerde mevcut olan karmaşık ilişkilerden ilham alan tasarımlar ortaya koymak için gerekli ekolojik anlayışa yeterince sahip değillerdir. Bunun geliştirilmesi için gereken önlemlerin alınması gerekmektedir.

5.4. Karar Verme Becerilerinin Gelişimine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın beşinci alt problemi "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerileri üzerinde etkisi nasıldır?" olarak belirlenmiştir. Beşinci alt probleme ilişkin veriler *Karar Verme Becerileri Testi* yoluyla elde edilmiştir.

Biyo-MTS uygulaması yapılan istatistiksel analize göre uygulamanın özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç alan yazınındaki diğer araştırmalarla kıyaslandığında destekleyen sonuca ulaşılamamıştır (Ayaz ve Sarikaya, 2021; Siagian, Ibrahim ve Supardi, 2022; Sopakitiboon, Tuampoemsab, Howimanporn ve Chookaew, 2023). Sonuç olarak, Biyo-MTS'nin özel yetenekli öğrencilerin karar verme yetenekleri üzerindeki etkisine ilişkin karar verme becerilerinin gelişmediğine ilişkin sonuç elde edilmiştir. Dolayısıyla bu sonucun başka araştırmalarla da desteklenmesi gerekmektedir. Bu yüzden öğrencilerin bilişsel gelişimlerini merkeze alan pedagojik uygulamaların bir arada olduğu kapsamlı stratejilerin geliştirilmesi ve araştırılması, bu öğrenci grubunda karar verme becerilerinin geliştirilmesinde hayati bir öneme sahiptir.

5.5. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerin Gelişimine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın altıncı alt problemi "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşleri üzerinde etkisi nasıldır?" ve yedinci alt problemi "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerindeki değişim nasıldır?" olarak belirlenmiştir. Bu iki alt probleme ilişkin veriler *Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu* yoluyla elde edilmiştir.

5.5.1. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerin Gelişiminin Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin uygulanması, özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşleri üzerinde önemli olumlu etkiler göstermiştir. Bu uygulamanın yapılan istatistiksel analize göre özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Mühendislik okuryazarlığı, üniversite öncesi mühendislik eğitimi ulusal ve uluslararası çalışmalarla da vurgulanmaktadır (Antink-Meyer ve Brown, 2019; Aydoğan, 2019; Barak, Ginzburg ve Erduran, 2024; Pleasants ve Olson, 2019). Araştırmalar, mühendisliğin doğasının fen bilimleri eğitimine entegre edilmesi gerektiğini işaret etmektedir (Antink-Meyer ve Arias, 2022; Deniz ve diğerleri, 2020, 2017a; Pleasants, 2024; Pleasants ve Olson, 2019; Yesilyurt ve diğerleri, 2019). Bu nedenle farklı tasarım yaklaşımlarının bir araya getirilmesiyle öğrencilerin bilişsel ve epistemik bakış açılarını nasıl kullandıklarına odaklanarak mühendisliğin ontolojik temelini fen eğitiminde kullanmak önemlidir (Barak ve diğerleri, 2024).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda biyomimetik tasarım entegrasyonu temelinde mühendislik tasarım sürecinin uygulanması, özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerini büyük etki göstererek geliştirdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu önemli etki, Biyo-MTS'nin, özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerini iyileştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Bu sonuç, biyomimetiğin mühendislikte etkili bir eğitim stratejisi olduğunu savunan daha geniş kapsamlı

araştırmalarla da tutarlıdır (Graeff, Letard, Raskin, Maranzana ve Aoussat, 2021; Jacobs, Eggermont, Helms ve Wanieck, 2022). Ayrıca, bu araştırma sonucu, özel yetenekli öğrenciler arasında yaratıcı problem çözme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan stratejilerle uyumlu olan biyomimetik tasarım yaklaşımının fen eğitiminde mühendisliğe dahil eden yöntemlerin benimsenmesinin gerekliliğini de vurgulamaktadır (Badarnah ve Kadri, 2015). Ayrıca eğitimciler ve araştırmacılar arasında, yalnızca STEM eğitim yaklaşımını benimsemekle kalmayıp öğrencilerin bu alandaki deneyimini zenginleştirmek için biyomimetik tasarımı da sürece entegre eden öğretim programlarının teşvik edilmesine yönelik eğilimi de yansıtmaktadır (Bruck ve diğerleri, 2007). Bu durum mühendisliğin doğasının kuramsallaştırılmasını da gerektirmektedir. Mühendisliğin doğasının kuramsallaştırılması hem mühendislik okuryazarlığının hem de fen bilimleri okuryazarlığının gelişimi açısından önemli olarak görülmektedir; çünkü bu iki durumun birlikte geliştirilmesi modern toplumun daha da gelişmesini sağlayabilir (Antink-Meyer ve Arias, 2022; Barak ve diğerleri, 2024; Pleasants, 2024; Pleasants ve Olson, 2019).

Sonuç olarak, elde edilen veriler doğrultusunda temel bir öğretim aracı olarak biyomimetik tasarım yaklaşımı yoluyla özel yetenekli öğrenciler arasında mühendisliğin doğasına ilişkin bir anlayış geliştirmeye odaklanan, fen eğitiminde mühendisliğin öğretimini geliştirmek için sürdürülebilir bir yaklaşım ortaya konmuştur.

5.5.2. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlere İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın yedinci alt problemi "Biyomimetik tasarım entegrasyonu temelli mühendislik tasarım sürecinin (Biyo-MTS) özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerindeki değişim nasıldır?" olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın sonuçları, özel yetenekli öğrencilerin çoğunluğunun, Biyo-MTS uygulamasından sonra mühendisliğin doğasının sınırlama yönü (%80), mühendislik tasarım süreci yönü (%40), geçicilik yönü (%40), yaratıcılık (%86,7), sosyal ve kültürel yerleşiklik yönü (%86,7) ve sosyal yönü (%93,3) hakkında yeterli ve bilgili görüşlere sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, eğitimden sonra yetersiz görüşler gösteren özel yetenekli öğrencilerin yüzdesi azalmıştır. Alan yazında, mühendisliğin doğası ve yönlerine ilişkin çalışmalarla benzer sonuçlar elde edilmiştir (Aydoğan, 2019; Deniz, Yesilyurt, Kaya ve Trabia, 2017; Yesilyurt ve diğerleri, 2019). Dolayısıyla Biyo-MTS uygulanmasının ve mühendisliğin doğası görüşü yönlerinin açıkça ve örtük olarak vurgulanmasının özel yetenekli öğrencilerin

mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuç, alan yazındaki araştırmalarla da uyumludur (Aydoğan, 2019; Deniz ve diğerleri, 2017b; Yesilyurt ve diğerleri, 2019).

Özel yetenekli öğrencilerin mühendis ve mühendislik disiplini (sınırlama yönü) hakkındaki görüşlerinin Biyo-MTS'nin uygulanmasından sonra olumlu olarak geliştiği sonucuna varılabilir. Özel yetenekli öğrenciler, mühendisliğin belirli problemlere yönelik çözümler sunmakla ilgili olduğunu ifade etmiştir ve öğrencilerin (%6) bu görüşlerine örnek vermede başarılı oldukları sonucuna ulaşılmaktadır. Örneğin bu kategoride ele alınan alıntılar *"Mühendisler, bir ürünün üretim aşamalarında çalışırlar. Mühendislik, bir meslektir ve pek çok dalı vardır. Bilgisayar mühendisliği, yazılım mühendisliği, inşaat mühendisliği."* ve *"Mühendislik herhangi bir sorunun veya ihtiyacın giderilmesi için yeni çözümler ve tasarımlar ortaya koymaktır. Mühendisler, toplumun, doğanın, canlıların vb. sorunlarını ve ihtiyaçlarını gidermek için çözüm yolları arar, bu çözüm yolları üzerinden de tasarımlar ve projeler vb. yaparlar."* şeklindedir. Alan yazındaki araştırmaların sonuçları, STEM eğitimi yaklaşımında veya MTS'de mühendis veya mühendislik disiplini hakkında görüşler üzerinde olumlu etkisini göstermiştir (Aydoğan, 2019; Deniz ve diğerleri, 2017b; Yesilyurt ve diğerleri, 2019). Ayrıca, sınırlama yönü kapsamında özel yetenekli öğrencilerin çizimleri analiz edildiğinde, öğrencilerin Biyo-MTS'nin uygulanmasından sonra, tasarlama veya ürün ortaya koyma konusunda çizimlerini daha fazla geliştirmişlerdir. Çizimlerde tasarım ürünü gibi tasarım veya tasarımla ilişkili nesnelerin frekanslarının sayısında artış görülmüştür. Ayrıca bu tema kapsamında masa, bilgisayar, sandalye, kalem, kalemlik ve kâğıt gibi nesneler hem uygulamadan önce hem de uygulamadan sonra görülmüştür. Çizimlerde bilgisayar başında tasarım yapan mühendisler görülmektedir ya da tasarım ürünü olup mühendisin olmadığı çizimler de bulunmaktadır. Bu sonuçlar, Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla uyumludur. Bu yön kapsamında ayrıca, Biyo-MTS uygulanması, katılımcıların mühendisin cinsiyeti konusundaki görüşleri üzerinde de etkisi vardır. Özel yetenekli öğrencilerin uygulama ile mühendislerin cinsiyetine yönelik erkek mühendis çizimlerinin yüzdesi artarken kadın mühendislerin hiç çizilmediği görülmüştür. Ayrıca cinsiyeti belirlenemeyenlerin de yüzdesi artmıştır. Bu sonuç, Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla desteklenirken Knight ve Cunningham'ın (2004) çalışmasıyla desteklenmemektedir. Knight ve Cunningham'ın (2004) çalışmasında çizimlerde kadın ve erkek mühendis arasında önemli bir fark bulunmuştur. Belirtilen araştırmada öğrencilerin yanında erkek ve kadın mühendis

de yer almıştır. Ancak özel yetenekli öğrencilerle gerçekleştirilen bu araştırmada ise herhangi bir mühendis araştırma sürecine dahil olmamıştır. Dolayısıyla bu araştırma, Knight ve Cunningham'ın (2004) çalışmasıyla uyumlu değildir.

Mühendisliğin doğasının yaratıcılık yönünde, özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS hakkındaki görüşleri uygulamadan sonra olumlu olarak gelişmiştir. Özel yetenekli öğrenciler, uygulamadan sonra yaratıcılık yönü hakkındaki görüşleri 13 yeterli görüş şeklindedir. Yaratıcılık ve hayal gücünün mühendislik tasarım sürecinin içerisindeki herhangi bir aşamada önemli olduğu vurgulanmıştır. Hayal gücünü kullanmadan tasarım fikrinin oluşamayacağı ifade edilmiştir. Dolayısıyla biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin özel yetenekli öğrencilerin yaratıcılık görüşlerini iyileştirebileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç, Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla uyumludur.

Mühendisliğin doğasının sosyal ve kültürel yerleşiklik yönünde, özel yetenekli öğrenciler, bir toplumun sosyokültürel değerleri ve mühendislik tasarım çözümleri arasındaki etkisi Biyo-MTS'nin uygulanmasından sonra olumlu olarak gelişmiştir. Özel yetenekli öğrencilerin çoğunluğu bu yön kapsamında yeterli ve bilgili düzeylerinde görüşlerini ifade etmişlerdir. Bu durum öğrencilerin günlük yaşam sorunlarını bilimi kullanarak çözmelerine yardımcı olmuştur. Etkinliklerde mühendislik tasarım problemi, bir senaryo çerçevesinde verilmiştir. Bu doğrultuda tasarımlarına ilişkin problemi tanımlamışlardır. Tanımladıkları problemlerine uygun olarak fen ve matematik kavramlarını kullanmayı öğrenmişlerdir. Biyomimetik tasarım ilkelerini kullanarak kriterleri ve kısıtlamaları dikkate alarak taslak tasarımlarını planlamışlardır. Planladıkları taslak tasarımlarını deneyerek prototip haline getirmişler ve bu tasarımlarını test etmişlerdir. Test etme verilerini de dikkate alarak tasarımlarının son haline karar vermişlerdir. Bu tasarım sürecinin tamamında bir tasarım probleminin çözülmesi, öğrencilerin takımca çalışmaları, onların sosyal ve kültürel yerleşiklik yönüne ilişkin görüşlerini geliştirdiği ifade edilebilir. Bu sonuç da Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla uyumludur.

Mühendisliğin doğasının mühendislik tasarım süreci yönünde de özel yetenekli öğrencilerin azınlığı yeterli ve bilgili düzeyde görüşe sahiptir. Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayanan mühendislik tasarım sürecinin uygulanmasının mühendislik tasarım süreci yönüne yönelik gelişimlerini sağlayamamıştır. Düşük miktarda artış olsa da bu durum yeterli değildir. Elde edilen bu sonuç Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla uyumlu değildir. Özel

yetenekli öğrenciler, MTS yönüne yönelik yetersiz görüş vermelerine süreçte oldukça yoğun bir öğretim programına maruz kalmaları gerekçe olarak gösterilebilir. Bu durumda yorulmuş olmaları nedeniyle bu şekilde bir görüş belirttikleri düşünülmektedir.

Mühendisliğin doğasının sosyal yönünde, özel yetenekli öğrencilerin çoğunluğu yeterli ve bilgili düzeyde görüş bildirmişlerdir. Bu öğrencilerin uygulamadan sonra yetersizlik görüşleri azalırken bilgili görüşleri ise artmıştır. Özel yetenekli öğrencilerin mühendisliğin doğasının sosyallik yönünün yönelik görüşlerinin arttığı görülmektedir. Bu durumun artmasında kullanılan mühendislik tasarım sürecindeki takım çalışmasına ve iletişime yapılan vurgu ile ilişkili olabileceği de düşünülmektedir (Moore ve diğerleri, 2014). Elde edilen bu sonuç Aydoğan'ın (2019) çalışmasıyla da desteklenmektedir. Süreç boyunca özel yetenekli öğrenciler takımlar halinde çalışarak tasarımları hakkında tartışmışlar ve karar vermişlerdir.

5.6. Öneriler

Bu araştırma sonucunda; özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS'deki performansları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede MTS aşamaları, cinsiyet, takım ve sınıf düzeyi değişkenleri bakımından irdelenerek sonuçlandırılmıştır. Ayrıca yapılan uygulamanın özel yetenekli öğrencilerin karar verme becerilerine ve mühendisliğin doğasına yönelik görüşlerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara ve sonuçlara ilişkin öneriler oluşturulmuştur.

5.6.1. Özel Yeteneklilerin Eğitimine İlişkin Öneriler

- Araştırmada elde edilen veriler doğrultusunda biyomimetik tasarım yaklaşımı, mühendislik tasarım süreci ve bunların birbirlerine entegrasyonunun özel yetenekli öğrencilerin fen bilimleri dersi öğretim programına dahil edilmesi önerilmektedir.
- Özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde karar verme becerileri ve eleştirel düşünme becerileri gibi üst düzey düşünme becerilerine daha fazla yer verilmesi gerekmektedir.
- Araştırma, denizaltı keşif aracı tasarım problemi ile yürütülmüştür. Biyomimetik tasarım entegrasyonuna dayan mühendislik tasarım sürecinde sürdürülebilir yaşam problemlerine yer verilmesi önerilmektedir. Ayrıca sosyobilimsel ve etik konularında da tasarım problemlerine de odaklanılması önerilmektedir.

- Özel yeteneklilerin eğitiminde mühendisliğin doğasına yer verilmelidir. Bu yaklaşım hakkında daha fazla etkinlik hazırlanmalıdır. Böylece yaklaşımın kuramsallaşmasına katkıda bulunabilir.
- Özel yeteneklilerin fen bilimleri öğretim programına başka tasarım yaklaşımlarının da entegrasyonu bu öğrencilerin gerçek dünya problemlerini farklı bakış açılarıyla çözmelerine katkıda bulunacaktır.
- Öğrenme aşamasında özel yetenekli öğrencilerin fen bilimleri ve matematik kavramlarında zorlandıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu konu hakkında bu öğrencilere farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş yenilikçi eğitim yaklaşımları kullanılarak ve kendi öğrenme hızlarında öğretim yapılarak desteklenmesi gerekmektedir.

5.6.2. Araştırmacılara Öneriler

- Araştırma kapsamında Janine Benyus'un önerdiği biyomimetik tasarım basamakları kullanılmıştır (Biomimicry Institute, 2015). Araştırma sonucunda özel yetenekli öğrencilerin bu basamaklarda zorlandıkları görülmüştür. Bu nedenle Benyus tarafından belirlenen basamakların öğrencilerin düzeylerine uygun olarak yeniden düzenlenerek uygulanması önerilmektedir.
- Araştırmada özel yetenekli öğrencilerin performanslarının değerlendirilmesi için bazı çevresel etkenlere ilişkin kriterlere ve kısıtlamalara yer verilmiştir. Ancak bu etkenlere ilişkin ayrıntılı etkinliklere yer verilememiştir. Yapılacak yeni araştırmalarda bu durumların dikkate alınarak biyomimetik tasarım yaklaşımına uygun daha fazla ekolojik ve sürdürülebilirlik etkinliklerinin tasarlanması önerilmektedir.
- Yapılandırılmış MTD'lerine öğrenme sürecinde daha fazla yer verilmesi ve bu defterlerin ölçme aracı olarak kullanılması önerilmektedir. Bu defterler, öğrencilerin mühendislik uygulamalarını anlamalarını desteklemektedir. Bilişsel öğrenme süreçlerini belgelemelerine olanak tanımaktadır. Onların bir problemin tanımlanmasından çözümüne kadar olan süreçteki gelişimleri görülebilmektedir.

5.6.3. Yöntem Kullanımına Yönelik Öneriler

- Özel yetenekli öğrencilerin MTD ve MTS'deki takım performansları ile takım üyeleri arasındaki ilişkinin hem nitel hem de nicel ölçme araçları ile araştırılması önerilmektedir.
- Araştırmada özel yetenekli öğrencilerin performanslarının değerlendirilmesine yönelik çeşitli ölçme araçları kullanılmıştır. Bu ölçme araçlarının daha geniş öğrenci katılımında başka performans ölçme araçlarıyla desteklenmesi gerekmektedir.
- Bu araştırma doğası gereği, küçük örneklem grubuna sahip olan özel yetenekli öğrenciler ile yürütülmüştür. Araştırmanın daha fazla öğrenci ile yürütülerek etkilerinin incelenmesi önerilmektedir.
- Özel yetenekli öğrencilerin Biyo-MTS yönelik performansları belirlenmiştir. Bu performanslarına gerekçe oluşturulması bakımından araştırmacılara gözlem ve görüşme veri toplama araçlarını da kullanmaları önerilmektedir.

5.6.4. Gelecek Araştırma Önerileri

- Biyo-MTS uygulanarak öğrencilerin doğaya yönelik farkındalıkları ve tutumları incelenebilir.
- Araştırmada özel yetenekli öğrencilerin MTS aşamaları, cinsiyet, takım, sınıf düzeyi değişkenlerine ilişkin performansları belirlenmiştir. Öğrencilerin özdeğerlendirme ve akran değerlendirmesi gibi farklı değişkenler açısından performanslarının değerlendirilmesi önerilmektedir.
- Özel yetenekli öğrencilerin MTD ve MTS performansları ile mühendislik kariyeri arasındaki ilişkinin yapılacak araştırmalarla ortaya konması önerilmektedir. Ayrıca daha fazla etkinlik yoluyla çeşitli değişkenler açısından mühendisliğin doğası incelenebilir.
- Özel yetenekli öğrencilerin bu araştırma sonucunda performansları belirlenmiştir. Yapılacak yeni araştırmalarda fen okuryazarlığı ve mühendislik okuryazarlığı bağlamında da entegrasyon süreci incelenebilir.
- Özel yetenekli öğrencilerin takım performansları incelenmiştir. Bu performansların arttırılması ve daha fazla incelenmesi için iş birlikli öğrenme yaklaşımlarına daha fazla yer veren etkinliklerin tasarlanması önerilmektedir.

- Özel yetenekli öğrencilere yönelik mühendislik eğitiminde hem erkek öğrencilerin hem de kız öğrencilerin ihtiyaçlarını giderecek düzeyde keşfe dayalı etkinliklere yer verilmesi önerilmektedir.
- Araştırmada özel yetenekli öğrencilere yönelik Biyo-MTS ortaya konmuştur. Böyle yenilikçi eğitim yaklaşımlarının örgün eğitim kurumlarında da uygulanması önerilmektedir.
- Araştırmada biyomimetik tasarım yaklaşımına da yer verilmiştir. Bu yaklaşımın MTS'nin dışında da uygulanması önerilmektedir. Ayrıca bu yaklaşım ile MTS ile bir problemin çözümünde özel yetenekli öğrencilerin performans düzeylerindeki farklılıklar incelenebilir.

KAYNAKLAR

Abuchar, V., De La Hoz, J., Vieira, C. ve Arteta, C. (2022). Predicting student performance in engineering courses: A risk model analysis. *9th Research in Engineering Education Symposium (REES 2021) and 32nd Australasian Association for Engineering Education Conference (REES AAEE 2021)* içinde (ss. 969-977). 9th Research in Engineering Education Symposium & 32nd Australasian Association for Engineering Education Conference, sunulmuş bildiri, Perth, WA, Australia: Research in Enineering Education Network (REEN). doi:10.52202/066488-0106

Acar, Ö., Tola, Z., Karaçam, S. ve Bilgin, A. (2016). Argümantasyon destekli fen öğretiminin 6. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına, bilimsel düşünme becerilerine ve bilimin doğası anlayışlarına olan etkisi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *16*(3), 730-749.

Achmad, W. K. S. ve Utami, U. (2023). The synergy of the school partnership model in the success of educational transformation (ss. 1247-1253). Unima International Conference on Social Sciences and Humanities (UNICSSH 2022), sunulmuş bildiri, Atlantis Press. doi:10.2991/978-2-494069-35-0_150

Adarsh, S. ve Thomas, A. V. (2024). A review on the applications of biomimetic principles for sustainable construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1326*(1), 012154. doi:10.1088/1755-1315/1326/1/012154

Adıgüzel, O. C., Küçükkayhan, S., Yapıcıoğlu, D. K. ve Kara, D. A. (2024). The effects of teaching practices based on biomimicry approach on learning-teaching processes. *Participatory Educational Research*, *11*(3), 109-125. doi:10.17275/per.24.37.11.3

Adıgüzel Ulutaş, M. (2024). *Üstün yetenekli öğrencilere yönelik mühendislik tasarım sürecinin uygulanması: BİLSEM örneği*. (Doktora Tezi). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp adresinden erişildi.

Adriaens, D. (2019). Evomimetics: The biomimetic design thinking 2.0. *Bioinspiration, Biomimetics, and Bioreplication IX* içinde (C. 10965, ss. 41-53). Bioinspiration, Biomimetics, and Bioreplication IX, sunulmuş bildiri, SPIE. doi:10.1117/12.2514049

Aguiar, M. F., Mesa, J. A., Jugend, D., Pinheiro, M. A. P. ve Fiorini, P. D. C. (2022). Circular product design: Strategies, challenges and relationships with new product development. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, *33*(2), 300-329. doi:10.1108/MEQ-06-2021-0125

Akar, H. (2019). Durum çalışması. A. Saban ve A. Ersoy (Ed.), *Eğitimde nitel araştırma desenleri* içinde (3. Baskı., ss. 139-177). Ankara: Pegem Akademi.

Akarsu, M. ve Guzey, S. S. (2022). Mühendislik tasarım süreci temelli STEM eğitimi yaklaşımı. M. Akarsu, N. Okur Akçay ve R. Elmas (Ed.), *STEM eğitimi yaklaşımı* içinde (1. Baskı.). Ankara: Pegem Akademi.

Akbay, T. (2021). Deneysel araştırmalar. S. Şen ve İ. Yıldırm (Ed.), *Eğitimde araştırma yöntemleri* içinde (ss. 155-179). Ankara: Nobel Akademik.

Aktamış, H. ve Ergin, Ö. (2006). Fen eğitimi ve yaratıcılık. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (20), 77-83.

Alpar, R. (2018). *Uygulamalı istatistik ve geçerlik-güvenirlik* (Yenilenmiş 5. Baskı.). Ankara: Detay.

Altun Yalçın, S. ve Çakır, Z. (2022). Okul öncesi dönemde mühendislik tasarımı eğitiminin kullanılmasının öğretmenlerin gözünden değerlendirilmesi. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi*, *6*(3), 558-581. doi:10.24130/eccdjecs.1967202263451

Antink-Meyer, A. ve Arias, A. M. (2022). Teachers' incorporation of epistemic practices in K-8 engineering and their views about the nature of engineering knowledge. *Science & Education*, *31*(2), 357-382. doi:10.1007/s11191-021-00265-4

Antink-Meyer, A. ve Brown, R. A. (2019). Nature of engineering knowledge: An articulation for science learners with nature of science understandings. *Science & Education*, *28*, 539-559. doi:10.1007/s11191-019-00038-0

Appio, F. P., Achiche, S., Martini, A. ve Beaudry, C. (2017). On designers' use of biomimicry tools during the new product development process: An empirical investigation. *Technology Analysis & Strategic Management*, *29*(7), 775-789. doi:10.1080/09537325.2016.1236190

Arastaman, G. (2024). Nitel araştırmalarda güvenirlik ve geçerlik. F. Nayır ve T. Atmaca (Ed.), *Nitel araştırmalarda tasarım ve uygulama* içinde . Ankara: Anı.

Ardi, A., Ananda, A., Rusdinal, R., Giastituati, N. ve Hervi, F. (2024). A comparison of science education between Germany, China and Indonesia. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, *8*(1), 73-85. doi:10.24036/jep/vol8-iss1/806

Ariffin, N. A. M. ve Gad, S. F. (2017). Content analysis of the existence of biomimicry life's principles in green building index Malaysia. *Planning Malaysia Journal*, *15*(1). doi:10.21837/pmjournal.v15.i6.233

Armstrong, T. (2009). *Multiple intelligences in the classroom*. Alexandria, Va: Assn for Supervision & Curriculum.

Arslan, M. ve Acar, H. (2022). Özel yetenekli ortaokul öğrencilerinin sosyal bilgiler kavramına ilişkin bilişsel yapılarının kelime ilişkilendirme testi yoluyla incelenmesi. *Journal of Innovative Research in Social Studies*, *5*(2), 115-137. doi:10.47503/jirss.1190014

Asrial, A., Syahrial, S., Kurniawan, D. A., Perdana, R. ve Nugroho, P. (2019). Supporting technology 4.0: Ethoconstructivist multimedia for elementary schools. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, *15*(14), 54-66. doi:10.3991/ijoe.v15i14.11365

Assouline, S. G., Foley Nicpon, M. ve Whiteman, C. (2010). Cognitive and psychosocial characteristics of gifted students with written language disability. *Gifted Child Quarterly*, *54*(2), 102-115. doi:10.1177/0016986209355974

Ataman, A. (2018). Giriş. A. Ataman (Ed.), *Üstün zekalılar ve üstün yetenekliler konusunda bilinmesi gerekenler* içinde (2. Baskı., s. 23). Ankara: Vize.

Ateş Akdeniz, A. (2023). Exploring the impact of self-regulated learning intervention on students' strategy use and performance in a design studio course. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*(5), 1923-1957. doi:10.1007/s10798-022-09798-3

Atreya, A., Gnawali, L., Menezes, R. G. ve Nepal, S. (2025). Enhancing medical education in Nepal through problem-based learning (PBL) and collaborative action research strategies. *BMC Medical Education*, *25*(1), 689. doi:10.1186/s12909-025-07267-8

Atwood, S. A. ve Pretz, J. E. (2016). Creativity as a factor in persistence and academic achievement of engineering undergraduates. *Journal of Engineering Education*, *105*(4), 540-559. doi:10.1002/jee.20130

Avcu, Y. E. ve Er, K. O. (2017). Education of gifted and talented individuals in Germany, the Netherlands, Sweden and Turkey: An investigation of education policies and its implementations. *International Online Journal of Educational Sciences*. doi:10.15345/iojes.2017.04.018

Ayaz, E. ve Sarikaya, R. (2021). The effect of engineering design based science teaching on decision making, scientific creativity and design skills of classroom teacher candidates. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. doi:10.21891/jeseh.961060

Aydın, B. (2023). *Fen eğitiminde biyomimikri öğretim yaklaşımının öğrencilerin 21. Yüzyıl becerilerine ve yaratıcılıklarına etkisi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesİ, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aydın-Günbatar, S., Tarkin-Çelikkıran, A., Kutucu, E. S. ve Ekiz-Kıran, B. (2018). The influence of a design-based elective STEM course on pre-service chemistry teachers' content knowledge, STEM conceptions, and engineering views. *Chemistry Education Research and Practice*, *19*(3), 954-972. doi:10.1039/C8RP00128F

Aydoğan, B. (2019). *The effects of engineering design based instruction on 7th grade students' nature of engineering views and attitudes towards STEM*. (Yayımlanmamış master of science). Middle East Technical University, The Department of Elementary Education, Ankara.

Aziz, A. R., Ab Razak, N. H., Perdani Sawai, R., Kasmani, M. F., Amat, M. I. ve Shafie, A. A. H. (2021). Exploration of Challenges Among Gifted and Talented Children.

Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH), *6*(4), 242-251. doi:10.47405/mjssh.v6i4.760

Baccassino, F. ve Pinnelli, S. (2023). Giftedness and gifted education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, *7*. doi:10.3389/feduc.2022.1073007

Badarnah, L. ve Kadri, U. (2015). A methodology for the generation of biomimetic design concepts. *Architectural Science Review*, *58*(2), 120-133. doi:10.1080/00038628.2014.922458

Bae, H. (2023). Biomimicry industry and patent trends. *Biomimetics*, *8*(3), 288. doi:10.3390/biomimetics8030288

Balçın, M. D. (2024). *Fen, mühendislik ve girişimcilik temelli etkinliklerin ortaokul öğrencilerinin mühendisliğin doğası anlayışları, girişimcilik becerileri, kariyer ve yetenek gelişimi öz-yeterliklerine etkisi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ballen, C. J., Wieman, C., Salehi, S., Searle, J. B. ve Zamudio, K. R. (2017). Enhancing diversity in undergraduate science: Self-efficacy drives performance gains with active learning. *CBE—Life Sciences Education*, *16*(4), ar56. doi:10.1187/cbe.16-12-0344

Bal-Taştan, S., Davoudi, S. M. M., Masalimova, A. R., Bersanov, A. S., Kurbanov, R. A., Boiarchuk, A. V. ve Pavlushin, A. A. (2018). The impacts of teacher's efficacy and motivation on student's academic achievement in science education among secondary and high school students. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(6). doi:10.29333/ejmste/89579

Bamberger, Y. M. ve Cahill, C. S. (2013). Teaching design in middle-school: Instructors' concerns and scaffolding strategies. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(2), 171-185. doi:10.1007/s10956-012-9384-x

Bapoğlu Dümenci, S. S. ve Küçük, T. (2022). Üstün yetenekli çocuklarda duyusal hassasiyet ve duyu bütünleme. *Turk Turizm Arastirmalari Dergisi*. doi:10.26677/tr1010.2022.1037

Barak, M., Ginzburg, T. ve Erduran, S. (2024). Nature of engineering: A cognitive and epistemic account with implications for engineering education. *Science & Education*, *33*(3), 679-697. doi:10.1007/s11191-022-00402-7

Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S. ve Benyus, J. (2013). *Biomimicry resource handbook: A seed bank of best practices* (İlk Baskı.). Missoula, Montana: The Biomimicry Institute and The Biomimicry Guild.

Beck, D. M., Vrabel, G. ve Budnik, M. M. (2009). Introduction to nanotechnology: implementation of a cooperative program for gifted and talented elementary school children. *2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference* içinde (ss. 1-7). 2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), sunulmuş bildiri, San Antonio, TX, USA: IEEE. doi:10.1109/FIE.2009.5350469

Benyus, J. M. (2022). *Biyomimikri ilhamını doğadan alan inovasyon*. İstanbul: Usturlab.

Benyus, Janine M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York, NY: Harper Perennial.

Berg, B. L. ve Lune, H. (2021). Araştırma sürecinde etik konular. B. L. Berg ve H. Lune (Ed.), *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* içinde (5. Baskı.). Konya: Eğitim.

Bergsman, K. (2018). The "structured" engineering design notebook: A new tool for design thinking within a studio design course. *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*

Proceedings içinde (s. 31076). 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, Salt Lake City, Utah: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--31076

Berkowitz, E. ve Cicchelli, T. (2004). Metacognitive strategy use in reading of gifted high achieving and gifted underachieving middle school students in New York City. *Education and Urban Society*, *37*(1), 37-57. doi:10.1177/0013124504268072

Berland, L., Steingut, R. ve Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology*, *23*, 705-720. doi:10.1007/S10956-014-9498-4

Berland, L., Martin, T., Ko, P., Peacock, S., Rudolph, J. ve Golubski, C. (2013). Student learning in challenge-based engineering curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *3*(1). doi:10.7771/2157-9288.1080

Biakolo, M. ve Afemikhe, O. A. (2002). The effect of literature-based reading on gifted students in botswana. *Research in Education*, *68*(1), 15-25. doi:10.7227/rie.68.2

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

Bilgen, Ö. B. ve Doğan, N. (2017). Puanlayıcılar arası güvenirlik belirleme tekniklerinin karşılaştırılması. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, *8*(1), 63-78. doi:10.21031/epod.294847

Bilim ve Sanat Merkezleri Yönergesi. 2771 Yönerge 1-30 (2022).

Biomimicry Institute. (2015). The biomimicry process. *Biomimicry Toolbox*. 23 Nisan 2025 tarihinde https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/ adresinden erişildi.

Biomimicry Institute. (2017). The biomimicry process. *Biomimicry Toolbox*. https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/ adresinden erişildi.

Blaas, S. (2014). The relationship between social-emotional difficulties and underachievement of gifted students. *Australian Journal of Guidance and Counselling*, *24*(2), 243-255. doi:10.1017/jgc.2014.1

Blanco, E., Pedersen Zari, M., Raskin, K. ve Clergeau, P. (2021). Urban ecosystem-level biomimicry and regenerative design: Linking ecosystem functioning and urban built environments. *Sustainability*, *13*(1), 404. doi:10.3390/su13010404

Blumenstein, M., Shakil, A. ve Swedlund, P. (2023). Technology-enhanced self and peer assessment to support student agency during group projects. *ASCILITE Publications*. doi:10.14742/apubs.2023.509

Bodnar, C. ve Kadlowec, J. (2018). Initial validation of a technical writing rubric for engineering design. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, *8*(1), 81. doi:10.3991/ijep.v8i1.7728

Boesdorfer, S. B. ve Staude, K. D. (2016). Teachers' practices in high school chemistry just prior to the adoption of the next generation science standards. *School Science and Mathematics*, *116*(8), 442-458. doi:10.1111/ssm.12199

Bowen-Mendoza, L., Pinargote-Ortega, M., Meza, J. ve Ventura, S. (2022). Design of peer assessment rubrics for ICT topics. *Journal of Computing in Higher Education*, *34*(1), 211-241. doi:10.1007/s12528-021-09297-9

Bozkurt Altan, E. (2022). Mühendislik tasarım süreci ve mühendislik tasarım becerileri. M. Genç ve H. Ö. Arslan (Ed.), *Fen eğitiminde disiplinlerarası yaklaşımlar ve uygulamaları* içinde (1. Baskı.). Ankara: Atlas Akademik.

Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının karar verme becerisi, bilimsel süreç becerileri ve sürece yönelik algılarına etkisi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Brady, P. ve Rushing, J. (2016). Using engineering design notebooks to evaluate student understanding of physics concepts in a design challenge. *2016 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings* içinde (s. 27142). 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, New Orleans, Louisiana: ASEE Conferences. doi:10.18260/p.27142

Bright, S. ve Calvert, E. (2023). Educational Technology: Barrier or Bridge to Equitable Access to Advanced Learning Opportunities? *Gifted Child Today*, *46*(3), 187-200. doi:10.1177/10762175231168711

British Columbia Ministry of Education Special Education Services. (1995). *A manual of policies, procedures, and guide-lines*. England. www.bced.gov.bc.ca/specialed/special_ed_policy_manual.pdf adresinden erişildi.

Bruck, H. A., Gershon, A. L., Golden, I., Gupta, S. K., Gyger, L. S., Magrab, E. B. ve Spranklin, B. W. (2007). Training mechanical engineering students to utilize biological inspiration during product development. *Bioinspiration & Biomimetics*, *2*(4), S198-S209. doi:10.1088/1748-3182/2/4/S08

Butt, A. N. ve Dimitrijević, B. (2022). Multidisciplinary and Transdisciplinary Collaboration in Nature-Based Design of Sustainable Architecture and Urbanism. *Sustainability*, *14*(16), 10339. doi:10.3390/su141610339

Camcı, S. (2012). Üstün zekalı ve yeteneklilerde cinsiyet farklılığı. *HAYEF Journal of Education*, *8*(2), 105-117.

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

Cantera, M. A., Arevalo, M.-J., García-Marina, V. ve Alves-Castro, M. (2021). A rubric to assess and improve technical writing in undergraduate engineering courses. *Education Sciences*, *11*(4), 146. doi:10.3390/educsci11040146

Cao, T. H., Jung, J. Y. ve Lee, J. (2017). Assessment in Gifted Education: A Review of the Literature From 2005 to 2016. *Journal of Advanced Academics*, *28*(3), 163-203. doi:10.1177/1932202X17714572

Capobianco, B. M., DeLisi, J. ve Radloff, J. (2018). Characterizing elementary teachers' enactment of high-leverage practices through engineering design-based science instruction. *Science Education*, *102*(2), 342-376. doi:10.1002/sce.21325

Capobianco, B. M., Yu, J. H. ve French, B. F. (2015). Effects of engineering design-based science on elementary school science students' engineering identity development across gender and grade. *Research in Science Education*, *45*(2), 275-292. doi:10.1007/s11165-014-9422-1

Catherine C. Chase, Catherine C. Chase, Laura J. Malkiewich, Laura J. Malkiewich, Aakash Kumar, ve Aakash S. Kumar. (2019). Learning to notice science concepts in engineering activities and transfer situations. *Science Education*. doi:10.1002/sce.21496

Chan, Y.-Y., Hui, D., Dickinson, A. R., Chu, D., Cheng, D. K.-W., Cheung, E., … Luk, K.-M. (2010). Engineering outreach: A successful initiative with gifted students in science and technology in Hong Kong. *IEEE Transactions on Education*, *53*(1), 158-171. doi:10.1109/TE.2009.2030178

Chancey, J. M. ve Lease Butts, J. (2021). A life-transformative education for the 21st century: Exploring, creating, and leading through honors. *International Journal for Talent Development and Creativity*, *8*(1-2), 191-201. doi:10.7202/1076756ar

Chao, J., Xie, C., Nourian, S., Chen, G., Bailey, S., Goldstein, M., … Tutwiler, M. (2017). Bridging the design-science gap with tools: Science learning and design behaviors in a simulated environment for engineering design. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*, 1049-1096. doi:10.1002/TEA.21398

Charyton, C., Jagacinski, R. J., Merrill, J. A., Clifton, W. ve DeDios, S. (2011). Assessing creativity specific to engineering with the revised creative engineering design assessment. *Journal of Engineering Education*, *100*(4), 778-799. doi:10.1002/j.2168-9830.2011.tb00036.x

Chen, W.-C. ve Chen, J. L. (2014). Eco-innovation by integrating biomimetic design and ARIZ. *Procedia CIRP*, *15*, 401-406. doi:10.1016/j.procir.2014.06.028

Cheong, H. ve Shu, L. H. (2010). Supporting creative concept generation by engineering students with biomimetic design. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. doi:10.24908/pceea.v0i0.3087

Chia Pao Liew, Puteh, M. ve Hamzah, S. H. (2021). Comparative study of engineering design project assessment rubrics to address the Washington accord's complexity attributes. *Asean Journal of Engineering Education* içinde (C. 4). doi:10.11113/ajee2020.4n1.21

Chien, Y.-H., Yao, C.-K. ve Chao, Y.-H. (2020). Effects of multidisciplinary participatory design method on students' engineering design process. *Eng*, *1*(2), 112-121. doi:10.3390/eng1020007

Chiu, J. L. ve Linn, M. C. (2011). Knowledge integration and wise engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *1*(1). doi:10.7771/2157-9288.1026

Cho, K.-J. ve Wood, R. (2016). Biomimetic robots. B. Siciliano ve O. Khatib (Ed.), *Springer handbook of robotics. Biomimetic robots* içinde , Springer Handbook of Robotics (ss. 543-574). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-32552-1_23

Chung, C.-C., Lin, C.-L. ve Lou, S.-J. (2018). Analysis of the learning effectiveness of the STEAM-6E special course—A case study about the creative design of IoT assistant devices for the elderly. *Sustainability*, *10*(9), 3040. doi:10.3390/su10093040

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Second edition.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. doi:10.4324/9780203771587

Cohen, L., Manion, L. ve Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th Editions.). New York: Routledge.

Colakkadioglu, O. ve Celik, D. B. (2016). The effect of decision-making skill training programs on self-esteem and decision-making styles. *Eurasian Journal of Educational Research*, *16*(65), 1-35. doi:10.14689/ejer.2016.65.15

Coleman, M. R., Baldwin, L. ve Pereles, D. (2018). It Takes a Team: Growing Up 2e. S. B. Kaufman (Ed.), *Twice Exceptional* içinde (1. bs., ss. 156-176). Oxford University PressNew York. doi:10.1093/oso/9780190645472.003.0010

Cory A. Buxton. (2010). Social problem solving through science: An approach to critical, place-based, science teaching and learning. *Equity & Excellence in Education*. doi:10.1080/10665680903408932

Coştu, B., Ünal, S. ve Ayas, A. (2007). Günlük yaşamdaki olayların fen bilimleri öğretiminde kullanılması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *8*(1), 197-207.

Cowan, C., Barrella, E., Watson, M. ve Anderson, R. (2017). Validating content of a sustainable design rubric using established frameworks. *2017 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings* içinde (s. 29101). 2017 ASEE Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, Columbus, Ohio: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--29101

Creswell, J. W. (2020a). Karma yöntem desenleri. H. Çelik (Çev.), *Eğitim araştırmaları: Nicel ve nitel araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi* içinde (3. Baskı., ss. 264-304). İstanbul: Edam.

Creswell, J. W. (2020b). Nitel veri toplama. A. Avcu (Çev.), *Eğitim araştırmaları: Nicel ve nitel araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi* içinde (3. Baskı., ss. 264-304). İstanbul: Edam.

Creswell, J. W. (2021). *Karma yöntem araştırmalarına giriş*. (İ. H. Acar, Çev.) (3. baskı.). Ankara: Pegem Akademi.

Creswell, J. W. ve Creswell, J. D. (2021). *Araştırma tasarımı: Nitel, nicel ve karma yöntem yaklaşımları*. (H. İ. Karabulut, Çev.) (Beşinci basımdan çeviri.). Ankara: Nobel.

Creswell, J. W. ve Plano Clark, V. L. (2020). *Karma yöntem araştırmaları: Tasarımı ve yürütülmesi* (2. Baskısından çevirilmiştir.). Ankara: Anı.

Cross, T. L. (2010). From the Editor's Desk. *Journal for the Education of the Gifted*, *33*(3), 309-310. doi:10.1177/016235321003300301

Crotty, E. A., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Glancy, A. W., Ring-Whalen, E. A. ve Moore, T. J. (2017). Approaches to integrating engineering in STEM units and student

achievement gains. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *7*(2). doi:10.7771/2157-9288.1148

Çakır, A. (2019). *Biyoloji öğretmen adaylarının biyomimikri ile ilgili farkındalıkları*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çoban, M. (2019). *Integration of biomimicry into science education*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dailey, D. (2017). Using engineering design challenges to engage elementary students with gifts and talents across multiple content areas. *Gifted Child Today*. doi:10.1177/1076217517707236

Dailey, D., Cotabish, A. ve Jackson, N. (2018). Increasing Early Opportunities in Engineering for Advanced Learners in Elementary Classrooms: A Review of Recent Literature. *Journal for the Education of the Gifted*, *41*(1), 93-105. doi:10.1177/0162353217745157

Daly, S. R., Mosyjowski, E. A. ve Seifert, C. M. (2014). Teaching creativity in engineering courses. *Journal of Engineering Education*, *103*(3), 417-449. doi:10.1002/jee.20048

Dare, E. A., Ellis, J. A. ve Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, *5*(4). doi:10.1186/s40594-018-0101-z

Deldin, J.-M. ve Schuknecht, M. (2014). The AskNature database: Enabling solutions in biomimetic design. A. K. Goel, D. A. McAdams ve R. B. Stone (Ed.), *Biologically inspired design: Computational methods and tools* içinde (ss. 17-27). London: Springer. doi:10.1007/978-1-4471-5248-4_2

Demirel Dingeç, Ş. ve Kılıçarslan, S. (2023). Gelişimsel üstün yetenek kuramlarının meta kurama göre incelenmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, *13*(2), 625-642. doi:10.18039/ajesi.1289465

Deniz, H., Kaya, E., Yesilyurt, E. ve Trabia, M. (2020). The influence of an engineering design experience on elementary teachers' nature of engineering views. *International Journal of Technology and Design Education*, *30*(4), 635-656. doi:10.1007/s10798-019-09518-4

Deniz, H., Yesilyurt, E., Kaya, E. ve Trabia, M. (2017a). The influence of an authentic engineering design experience on elementary teachers' nature of engineering views. *Journal of Science Education and Technology*. https://oasis.library.unlv.edu/tl_fac_articles/206 adresinden erişildi.

Deniz, H., Yesilyurt, E., Kaya, E. ve Trabia, M. (Ed.). (2017b). The influence of an authentic engineering design experience on elementary teachers' nature of engineering views. National Association for Research in Science Teaching, sunulmuş bildiri, San Antonio, TX.

Derksen, B. M., Bruinsma, W., Goslings, J. C. ve Schep, N. W. L. (2024). The kappa paradox explained. *The Journal of Hand Surgery*, *49*(5), 482-485. doi:10.1016/j.jhsa.2024.01.006

Desmet, O. A., Pereira, N. ve Peterson, J. S. (2020). Telling a Tale: How Underachievement Develops in Gifted Girls. *Gifted Child Quarterly*, *64*(2), 85-99. doi:10.1177/0016986219888633

Dickinson, J. K. (2020). Outcomes and lessons from deploying digital notebooks across a multi-section engineering design course. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)* içinde . doi:10.24908/pceea.vi0.14150

Diezmann, C. M. ve Watters, J. J. (2001). The Collaboration of Mathematically Gifted Students on Challenging Tasks. *Journal for the Education of the Gifted*, *25*(1), 7-31. doi:10.1177/016235320102500102

Dixon, R. A. ve Bucknor, J. (2019). A comparison of the types of heuristics used by experts and novices in engineering design ideation. *Journal of Technology Education*, *30*(2), 39-59.

Doğan, C. (2024). *FETEMM yaklaşımıyla hazırlanan biyomimikri etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin fen ilgilerine etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Dohn, N. B. (2013). Situational interest in engineering design activities. *International Journal of Science Education*, *35*(12), 2057-2078. doi:10.1080/09500693.2012.757670

Dondurucu, Z. B. ve Çetinkaya, A. (2024). İletişim bilimleri alanındaki sürdürülebilirlik konulu akademik çalışmalara yönelik bibliyometrik bir analiz. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (45), 27-56. doi:10.31123/akil.1490172

Douglas, K., Moore, T. J. ve Merzdorf, H. (2018). Informed designers? Students' reflections on their engineering design process. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*. doi:10.18404/ijemst.440347

Dunham, M., Deboer, J., Radhakrishnan, D. ve Bhide, N. (2023). Teacher and student perception of engineering design notebook utility. *2023 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings* içinde (s. 44402). 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, Baltimore, Maryland: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--44402

Dyrda, B. (2009). The Process of Diagnosing the Underachievement Syndrome in Gifted and Creative Children. *The New Educational Review*, *18*(2), 129-137. doi:10.15804/tner.09.18.2.08

Ednie, G., Kapoor, T., Koppel, O., Piczak, M. L., Reid, J. L., Murdoch, A. D., … Cooke, S. J. (2023). Foresight science in conservation: Tools, barriers, and mainstreaming opportunities. *Ambio*, *52*(2), 411-424. doi:10.1007/s13280-022-01786-0

Eggink, W. (2021). Ethics in design education, but different; practing the practal turn. *DS 110: Proceedings of the 23rd International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2021), VIA Design, VIA University in Herning, Denmark. 9th -10th September 2021* içinde . 23rd International Conference on Engineering & Product Design Education (E&PDE 2021), sunulmuş bildiri. doi:10.35199/EPDE.2021.18

Ejichukwu, E., Tolbert Smith, D. ve Ayoub, G. (2024). Assessing design process knowledge in project-based learning: A comparative study in introductory engineering and junior manufacturing courses. *Design Science*, *10*, e37. doi:10.1017/dsj.2024.29

Ekwaro-Osire, S., Afuh, I. ve Orono, P. (2008). Information gathering activities in engineering design. *2008 Annual Conference & Exposition Proceedings* içinde (s. 13.744.1-13.744.8). 2008 Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, Pittsburgh, Pennsylvania: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--4242

Elibol, G. C., Dündar Türkkan, V. ve Bezci, İ. (2021). Biologically inspired design: A case study on furniture design experiences of interior architecture students. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, *9*(4), 679-689. doi:10.29109/gujsc.1005015

English, L. D., Hudson, P. B. ve Dawes, L. (2012). Engineering design processes in seventh-grade classrooms: Bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, *37*(5), 436-447. doi:10.1080/03043797.2012.708721

English, L. D., King, D. ve Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, *110*(3), 255-271. doi:10.1080/00220671.2016.1264053

Ercan, S. ve Bozkurt, E. (Ed.). (2013). Expectations from engineering applications in science education: Decision-making skill. IOSTE Eurasian Regional Symposium & Brojerage event Horizon 2020, sunulmuş bildiri, Antalya, Turkey.

Ercan, Serhat ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, *9*(1), 128-164. doi:10.17522/nefefmed.67442

Fadhurrahman, F. ve Mutia, F. (2022). Implementation of biomimetic architectural concepts on equestrian buildings. *Art, Design, and Built Environment Conference Series*, *1*, 66-72. doi:10.33005/adbe.v1i.10

Fan, S.-C. ve Yu, K.-C. (2015). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, *27*(1), 107-129. doi:10.1007/s10798-015-9328-x

Farah, J. C., Spaenlehauer, B., Rodriguez-Triana, M. J., Ingram, S. ve Gillet, D. (2022). Toward code review notebooks. *2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* içinde (ss. 209-211). 2022 International Conference

on Advanced Learning Technologies (ICALT), sunulmuş bildiri, Bucharest, Romania: IEEE. doi:10.1109/ICALT55010.2022.00068

Feldhusen, J. F. ve Moon, S. M. (1992). Grouping Gifted Students: Issues and Concerns. *Gifted Child Quarterly*, *36*(2), 63-67. doi:10.1177/001698629203600202

Fidai, A., Barroso, L., Capraro, M. ve Capraro, R. (2020). Effects of engineering design process on science and mathematics. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-4. doi:10.1109/FIE44824.2020.9274167

Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, *76*(5), 378-382. doi:10.1037/h0031619

Foo, S. Y. (2025). Investigating gifted students' higher-order thinking skills in a differentiated learning environment: A case study. *Gifted Education International*, *41*(2), 236-259. doi:10.1177/02614294241305766

Frengley-Vaipuna, I., Kupu-MacIntyre, L. ve Riley, T. (2011). Successful tongan students in New Zealand secondary schools: Default or design? *Kairaranga*, *12*(2), 42-51. doi:10.54322/kairaranga.v12i2.163

Gagné, F. (2004). Transforming gifts into talents: The DMGT as a developmental theory1. *High Ability Studies*, *15*(2), 119-147. doi:10.1080/1359813042000314682

Gale, J., Koval, J., Ryan, M., Usselman, M. ve Wind, S. (2018). Implementing NGSS engineering disciplinary core ideas in middle school science classrooms: Results from the field. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *9*(1). doi:10.7771/2157-9288.1185

Gallay, E., Furlan Brighente, M., Flanagan, C. ve Lowenstein, E. (2022). Place-based civic science—Collective environmental action and solidarity for eco-resilience. *Child and Adolescent Mental Health*, *27*(1), 39-46. doi:10.1111/camh.12537

Galván-Sánchez, I., Verano-Tacoronte, D., González-Betancor, S. M., Fernández-Monroy, M. ve Bolívar-Cruz, A. (2017). Assessing oral presentation skills in electrical engineering: Developing a valid and reliable rubric. *International Journal of Electrical Engineering & Education*, *54*(1), 17-34. doi:10.1177/0020720916659501

Garcia-Cepero, M. C. (2008). The enrichment triad model: Nurturing creative-productivity among college students. *Innovations in Education and Teaching International*, *45*(3), 295-302. doi:10.1080/14703290802176238

Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic Books.

Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. New York: Basic Books.

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York, NY: Basic Books.

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

Genco, N., Hölttä-Otto, K. ve Seepersad, C. C. (2012). An experimental investigation of the innovation capabilities of undergraduate engineering students. *Journal of Engineering Education*, *101*(1), 60-81. doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb00041.x

Gentry, M., Saiying Hu, Peters, S. J. ve Rizza, M. (2008). Talented Students in an Exemplary Career and Technical Education School: A Qualitative Inquiry. *Gifted Child Quarterly*, *52*(3), 183-198. doi:10.1177/0016986208319300

Glesne, C. (2013). *Nitel araştırmaya giriş* (3. Baskı.). Ankara: Anı.

Go, T. F., Wahab, D. A. ve Hishamuddin, H. (2022). Evaluation of eco-design strategies for development of multiple life-cycle products. *International Journal of Automotive*

and Mechanical Engineering, *13*(3), 3642-3656. doi:10.15282/ijame.13.3.2016.9.0299

Goldberg, G. (2017). You be the judge: When competitions employ an engineering design rubric. *2017 Fall AEE Journal*, *6*(2), 31322. doi:10.18260/3-1-370.620-31322

González-Cortés, J. J., Cantero, D. ve Ramírez, M. (2025). Project-based learning in bioprocess engineering: MATLAB software as a tool for industrial-scale bioreactor design. *Computer Applications in Engineering Education*, *33*(1), e22811. doi:10.1002/cae.22811

Goyes-Balladares, A., Moya-Jiménez, R., Molina-Dueñas, V., Chaca-Espinoza, W. ve Magal-Royo, T. (2025). What Inspires Biomimicry in Construction? Patterns, Trends, and Applications. *Biomimetics*, *10*(5), 259. doi:10.3390/biomimetics10050259

Gökce, A. (2024). *Biyomimikri temelli STEM etkinliklerinin özel yetenekli öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerisine etkisinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gökçe, E. (2024). *Ses ve özellikleri ünitesinde biyomimikri uygulamalarıyla zenginleştirilmiş mühendislik tasarım temelli öğretimin 6. Sınıf öğrencilerinin günlük yaşamla ilişkilendirme, STEM'e yönelik tutum ve biyomimikriye yönelik tutumlarına etkileri*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Gökgöz, T. (2022). *Öğretmen adaylarının dolaşım sistemi konusu ile ilgili biyomimikri tasarımlarının analizi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.

Graeff, E., Letard, A., Raskin, K., Maranzana, N. ve Aoussat, A. (2021a). Biomimetics from practical feedback to an interdisciplinary process. *Research in Engineering Design*. doi:10.1007/s00163-021-00356-x

Graeff, E., Letard, A., Raskin, K., Maranzana, N. ve Aoussat, A. (2021b). Biomimetics from practical feedback to an interdisciplinary process. *Research in Engineering Design*, *32*(3), 349-375. doi:10.1007/s00163-021-00356-x

Graeff, E., Letard, A., Raskin, K., Maranzana, N. ve Aoussat, A. (2021c). Biomimetics from practical feedback to an interdisciplinary process. *Research in Engineering Design*, *32*(3), 349-375. doi:10.1007/s00163-021-00356-x

Graeff, E., Maranzana, N. ve Aoussat, A. (2019). Engineers' and biologists' roles during biomimetic design processes, towards a methodological symbiosis. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, *1*(1), 319-328. doi:10.1017/dsi.2019.35

Grugan, M. C., Olsson, L. F., Hill, A. P. ve Madigan, D. J. (2025). Perfectionism, school burnout, and school engagement in gifted students: The role of stress. *Gifted Child Quarterly*, *69*(3), 255-268. doi:10.1177/00169862251328015

Guzey, S., Moore, T. J. ve Morse, G. (2016). Student Interest in Engineering Design-Based Science. *School Science and Mathematics*, *116*(8), 411-419. doi:10.1111/ssm.12198

Guzey, S. S., Ring-Whalen, E. A., Harwell, M. ve Peralta, Y. (2019). Life STEM: A Case Study of Life Science Learning Through Engineering Design. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(1), 23-42. doi:10.1007/s10763-017-9860-0

Güçlü, İ. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri: Teknik-yaklaşım-uygulama* (2. Baskı.). Ankara: Nika.

Gwet, K. L. (2008). Computing inter-rater reliability and its variance in the presence of high agreement. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *61*(Pt 1), 29-48. doi:10.1348/000711006X126600

Hall, W. M., Schmader, T. ve Croft, E. (2015). Engineering exchanges: Daily social identity threat predicts burnout among female engineers. *Social Psychological and Personality Science*, *6*(5), 528-534. doi:10.1177/1948550615572637

Hallström, J. ve Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. *Frontiers in Education*, *8*. doi:10.3389/feduc.2023.1078313

Hammack, R., Ivey, T., Utley, J. ve High, K. (2015). Effect of an engineering camp on students' perceptions of engineering and technology. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *5*(2). doi:10.7771/2157-9288.1102

Han, H.-J. ve Shim, K. (2019). Development of an Engineering Design Process-Based Teaching and Learning Model for Scientifically Gifted Students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*. doi:10.1186/s41029-019-0047-6

Hartman, B. D. (2016). *Aspects of the nature of engineering for K-12 science education: A delphi study*. (Yayımlanmamış doctoral thesis). Orgeon State University, USA.

Hayes, S., Desha, C. ve Baumeister, D. (2020). Learning from nature – biomimicry innovation to support infrastructure sustainability and resilience. *Technological Forecasting and Social Change*, *161*, 120287. doi:10.1016/j.techfore.2020.120287

Hayuana, W., Suwono, H. ve Setiowati, F. K. (2023). Effectiveness of PBL STEM to improve problem solving skills. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, *21*(2). doi:https://doi.org/10.19184/bioedu.v21i2.39740

Hertzog, N. B. (2007). Transporting pedagogy: Implementing the project approach in two first-grade classrooms. *Journal of Advanced Academics*, *18*(4), 530-564. doi:10.4219/jaa-2007-559

Hinkelman, K., Yang, Y. ve Zuo, W. (2023). Design methodologies and engineering applications for ecosystem biomimicry: An interdisciplinary review spanning cyber, physical, and cyber-physical systems. *Bioinspiration & Biomimetics*, *18*(2), 021001. doi:10.1088/1748-3190/acb520

Hojjati, M. ve Nejatifar, S. (2024). Effectiveness of compassion therapy on psychological well-being and feelings of shame and guilt in underachieving gifted adolescents. *Journal of Adolescent and Youth Psychological Studies*, *5*(9), 15-22. doi:10.61838/kman.jayps.5.9.3

Hopp, M., Händel, M., Stoeger, H., Vialle, W. ve Ziegler, A. (2016). A cross-national study of implicit theories of a creative person. *Education Sciences*, *6*(4), 38. doi:10.3390/educsci6040038

Housand, B. C. ve Housand, A. M. (2012). The role of technology in gifted students' motivation. *Psychology in the Schools*, *49*(7), 706-715. doi:10.1002/pits.21629

Hyde, R. (2023). Site-specific bioinspired architecture—a case study of the allen–lambe house by Frank Iloyd wright: The pragmatic versus the naturalistic, intent versus realization. *Biomimetics*, *8*(2), 178. doi:10.3390/biomimetics8020178

Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. ve Carberry, A. (2012). Infusing engineering design into high school STEM courses. Publications, 1.

Inguva, P., Lee-Lane, D., Teck, A., Anabaraonye, B., Chen, W., Shah, U. V. ve Brechtelsbauer, C. (2018). Advancing experiential learning through participatory design. *Education for Chemical Engineers*, *25*, 16-21. doi:10.1016/j.ece.2018.10.001

Iouguina, A., Dawson, J. W., Hallgrimsson, B. ve Smart, G. (2014). Biologically informed disciplines: A comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry, and bio-inspiration among others. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, *9*(3), 197-205. doi:10.2495/dne-v9-n3-197-205

Irene, N. J. (2025). Biomimicry: Designing sustainable solutions from nature. *IAA Journal of Biological Sciences*, *13*(1), 75-80. doi:10.59298/IAAJB/2025/1317580

Ishak, F. D. ve Romli, F. I. (2021). Design selection for new in-flight food delivery and waste collection system of commercial passenger transport aircraft using TOPSIS. *Journal of Mechanical Engineering*, *18*(3), 233-245. doi:10.24191/jmeche.v18i3.15429

İlhan, N. ve Hoşgören, G. (2017). Fen bilimleri dersine yönelik yaşam temelli Başarı testi geliştirilmesi: Asit baz konusu. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, *5*(2), 87-110.

Jackson, A., Mentzer, N. ve Kramer-Bottiglio, R. (2021). Increasing gender diversity in engineering using soft robotics. *Journal of Engineering Education*, *110*(1), 143-160. doi:10.1002/jee.20378

Jacobs, S., Eggermont, M., Helms, M. ve Wanieck, K. (2022). The education pipeline of biomimetics and its challenges. *Biomimetics*, *7*(3), 93. doi:10.3390/biomimetics7030093

Jamal, A., Putra, A. ve Nuraini, N. (2024). Implementasi model pembelajaran project-based learning (pjbl) untuk meningkatkan pemahaman akidah akhlak pada siswa kelas v di sdn 77/i penerokan, bajubang, batang hari. *Asian Journal of Early Childhood and Elementary Education*, *3*(1), 1-14. doi:10.58578/ajecee.v3i1.4455

Jamei, E. ve Vrcelj, Z. (2021). Biomimicry and the built environment, learning from nature's solutions. *Applied Sciences*, *11*(16), 7514. doi:10.3390/app11167514

Jituafua, A. (2024). A professional development programme based on biomimicry to improve stem project creativity of science student teachers. *Journal of Turkish Science Education*, *21*(4), 705-722. doi:10.36681/tused.2024.038

Johnston, A. C., Akarsu, M., Moore, T. J. ve Guzey, S. S. (2019). Engineering as the integrator: A case study of one middle school science teacher's talk. *Journal of Engineering Education*, *108*(3), 418-440. doi:10.1002/jee.20286

Kahraman, N., Yecan, E., Taskın Ekıcı, F. ve Kara, İ. (2023). Mühendislik tasarım becerileri özyeterlik algı ölçeği'nin (MTBÖAÖ) geliştirilmesi. *Pamukkale University Journal of Education*. doi:10.9779/pauefd.1284927

Kalinina, L. Yu., Ivanov, D. V. ve Nikitin, N. A. (2022). Interdisciplinary approach to the study of giftedness. *Perspectives of Science and Education*, *59*(5), 37-52. doi:10.32744/pse.2022.5.3

Karabey, B. ve Yürümezoğlu, K. (2015). Yaratıcılık ve üstün yetenekliliğin bazı zeka kuramları açısından değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (40), 86-107.

Karakaya, F. (2021). *Fen lisesi öğrencilerinin STEM entegrasyon süreçlerinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karakaya, F. ve Yılmaz, M. (2021). Fen lisesi öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerinin incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *17*(3), 511-534. doi:10.17860/mersinefd.993346

Karasu, C. B. (2024). *Biyomimikriye dayalı tasarım uygulamalarının 8. Sınıf öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma konusundaki problem çözme algılarına ve sürdürülebilir*

çevreye yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karatas, F. O. (2009). First-year engineering students' views of the nature of engineering. *Theses and Dissertations Available from ProQuest*, 1-282.

Karatas-Aydin, F. I. ve Isiksal-Bostan, M. (2023). Engineering-based modelling experiences of elementary gifted students: An example of bridge construction. *Thinking Skills and Creativity*, *47*, 101237. doi:10.1016/j.tsc.2023.101237

Karataş, F. Ö, Bodner, G. M. ve Unal, S. (2016). First-year engineering students' views of the nature of engineering: Implications for engineering programmes. *European Journal of Engineering Education*. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03043797.2014.1001821 adresinden erişildi.

Karataş, Faik Özgür. (2017). Eğitimde geleneksel anlayışa yeni bir s(i)tem. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya STEM eğitimi* içinde (ss. 52-68). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Kavak, N., Tufan, Y. ve Demirelli, H. (2006). Fen teknoloji okuryazarlığı ve informal fen eğitimi gazetelerin potansiyel rolü. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *26*(3), 17-28.

Kaya, N. G., Mertol, H., Turhan, G., Araz, D. ve Uçar, H. (2022). Üstün yetenekli öğrencilerin eğitiminde farklilaştirma ve zenginleştirme uygulamalarina ilişkin yapilan lisansüstü tezlerin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (41), 102-114.

Kaya, Ş. (2022). *Biyomimikri uygulamalarının kullanıldığı STEM eğitimine yönelik hazırlanmış etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlık*

becerilerine etkisinin incelenmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Kelley, T. R. ve Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1). doi:10.1186/s40594-016-0046-z

Kennedy, B., Buikema, A. ve Nagel, J. K. S. (2015). Integrating biology, design, and engineering for sustainable innovation. *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference* içinde (ss. 88-93). 2015 IEEE Integrated STEM Education Conference, sunulmuş bildiri. doi:10.1109/ISECon.2015.7119952

Kennedy, E. B. ve Niewiarowski, P. H. (2018). Biomimicry: Do frames of inquiry support search and identification of biological models? *Designs*, *2*(3), 27. doi:10.3390/designs2030027

Keser Özmantar, Z. (2020). Eğitim araştırmalarında sık kullanılan araştırma türleri. S. Turan (Ed.), *Eğitimde araştırma yöntemleri* içinde (2. Baskı.). Ankara: Nobel.

Keskinkılıç, F. ve Ünal, M. (2023). Evaluation of STEM education supported by nature courses and informatics according to students' views. *Journal of Teacher Education and Lifelong Learning*, *5*(2), 838-857. doi:10.51535/tell.1306815

Keusters, G., Bakker, H. ve Houwing, E.-J. (2022). Improving the performance of civil engineering projects through the integrated design process. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *1*(1). https://repository.tudelft.nl/record/uuid:f6b97d2f-0c48-4748-b5d5-2ac49578729d adresinden erişildi.

Kim, Y. R., Yang, J., Lee, Y. ve Earwood, B. (2024). Assessing cybersecurity problem-solving skills and creativity of engineering students through model-eliciting

activities using an analytic rubric. *IEEE Access*, *12*, 5743-5759. doi:10.1109/ACCESS.2023.3348554

King, D. ve English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, *38*(18), 2762-2794. doi:10.1080/09500693.2016.1262567

Knight, M. ve Cunningham, C. (2004). Draw an engineer: Development of a tool to investigate students' ideas about engineers and engineering (s. 9.482.1-9.482.11). 2004 Annual Conference Proceedings, sunulmuş bildiri, Salt Lake City, Utah: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--12831

Kocaşaban, M. ve Tellioğlu, T. (2024). Sürdürülebilirlik muhasebesine ilişkin işletme yöneticilerinin algı ve tutumlarına etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Organize sanayi bölgesi çalışması. *Turk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5. doi:10.26677/TR1010.2024.1389

Koupatsiaris, A. A. ve Drinia, H. (2024). Expanding geoethics: Interrelations with geoenvironmental education and sense of place. *Sustainability*, *16*(5), 1819. doi:10.3390/su16051819

Köksal, S. (Ed.). (2022). Üstün zekalılar için eğitim: Öğretimi ihtiyaçlarla eşleştirme. M. Baloğlu (Çev.), *Üstün zekalı ve yeteneklilerin eğitimi* içinde (1. Baskı.). Ankara: Atlas.

Kshirsagar, M., Kulkarni, S., Meena, A. K., D'costa, D. C., Bhagwat, A., Siddiqui, M. I. H. ve Dobrotă, D. (2025). Biomimicry-based design of underground cold storage facilities: Energy efficiency and sustainability. *Biomimetics*, *10*(2), 122. doi:10.3390/biomimetics10020122

Kuo, J.-Y., Song, X. T., Chen, C.-H. ve Patel, C. D. (2021). Fostering design thinking in transdisciplinary engineering education. *Transdisciplinary Engineering for Resilience: Responding to System Disruptions* içinde (ss. 63-70). IOS Press. doi:10.3233/ATDE210083

Küpeli, M. A. (2021). *Mühendislik tasarım temelli etkinliklerin 8. Sınıf öğrencilerin çevresel farkındalık, girişimcilik algı ve becerilerine etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Aksaray Üniversitesi, Aksaray.

Laguador, J. M. (2013). Students' interest in engineering and average final grade in mathematics as factors in program retention. *International Journal of Multidisciplinary Research*, *5*(1). doi:10.7718/iamure.v5i1.615

Landis, J. R. ve Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, *33*(1), 159-174. doi:10.2307/2529310

Lawson, A. P., White, J. ve Williams, J. (2025). Building Bridges for twice-exceptional students: A case study in a secondary school. *Education Sciences*, *15*(9), 1260. doi:10.3390/educsci15091260

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. ve Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(6), 497-521. doi:10.1002/tea.10034

Lee, H. (2024). Academic and affective effects of enrichment programs from parents' perspectives. *Advance Research in Sciences (ARS)*, *2*(2), 1-10. doi:10.54026/ARS/1020

Lee, J. H., Jin, H.-E., Desai, M. S., Ren, S., Kim, S. ve Lee, S.-W. (2015). Biomimetic sensor design. *Nanoscale*, *7*(44), 18379-18391. doi:10.1039/C5NR05226B

Lee, S. ve Park, B. S. (2025). Anthropocene literacy for science education. *Science & Education*, *34*(3), 1049-1066. doi:10.1007/s11191-024-00541-z

Lestari, D. (2020). Biomimicry learning as inspiration for product design innovation in industrial revolution 4.0. *International Journal of Creative and Arts Studies*, *7*(1), 1-18. doi:10.24821/ijcas.v7i1.4160

Li, Y., Alfeld, C., Kennedy, R. P. ve Putallaz, M. (2009). Effects of summer academic programs in middle school on high school test scores, course-taking, and college major. *Journal of Advanced Academics*, *20*(3), 404-436. doi:10.1177/1932202X0902000303

Lie, R., Aranda, M. L., Guzey, S. S. ve Moore, T. J. (2019). Students' views of design in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, *51*(3), 663-683. doi:10.1007/s11165-018-9813-9

Lim, C., Yun, D., Park, I. ve Yoon, B. (2018). A systematic approach for new technology development by using a biomimicry-based TRIZ contradiction matrix. *Creativity and Innovation Managment*, *27*(4). doi:10.1111/caim.12273

Lin, K.-Y., Wu, Y.-T., Hsu, Y.-T. ve Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, *8*(1), 1. doi:10.1186/s40594-020-00258-9

Linder, B. ve Huang, J. (2022). Beyond structure-function: Getting at sustainability within biomimicry pedagogy. *Biomimetics*, *7*. doi:10.3390/biomimetics7030090

Linder, Benjamin ve Huang, J. (2025). A design process framework and tools for teaching and practicing biomimicry. *Biomimetics*, *10*(376), 1-12. doi:https://doi.org/10.3390/biomimetics10060376

Littlefield, M. B. (2002). student-identified strengths and challenges of using blackboard for group projects in a social work course. *Advances in Social Work*, *3*(1), 72-83. doi:10.18060/30

MacKinnon, R. B., Oomen, J. ve Pedersen Zari, M. (2020). Promises and presuppositions of biomimicry. *Biomimetics*, *5*(3), 33. doi:10.3390/biomimetics5030033

Maeng, J. L., Whitworth, B. A., Gonczi, A. L., Navy, S. L. ve Wheeler, L. B. (2017). Elementary science teachers' integration of engineering design into science instruction: Results from a randomised controlled trial. *International Journal of Science Education*, *39*(11), 1529-1548. doi:10.1080/09500693.2017.1340688

Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D. ve Yoon, S. Y. (2011). Integrating engineering into K-6 curriculum: Developing talent in the STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, *22*(4), 639-658. doi:10.1177/1932202X11415007

Mann, R. L. (2006). Effective teaching strategies for gifted/learning-disabled students with spatial strengths. *Journal of Secondary Gifted Education*, *17*(2), 112-121. doi:10.4219/jsge-2006-681

Marulcu, I. ve Barnett, M. (2013). Fifth graders' learning about simple machines through engineering design-based instruction using LEGO^{TM} materials. *Research in Science Education*, *43*(5), 1825-1850. doi:10.1007/s11165-012-9335-9

Maxwell, J. A. (1992). Understanding and validity in qualitative research. *Harward Educational Review*, *62*(3), 279-300.

McBee, M. ve Makel, M. C. (2017). What proportion of people are gifted? Assessing the implications of conceptions of giftedness. Center for Open Science. doi:10.31234/osf.io/m7zff

McCoach, D. B. ve Siegle, D. (2003). Factors that differentiate underachieving gifted students from high-achieving gifted students. *Gifted Child Quarterly*, *47*(2), 144-154. doi:10.1177/001698620304700205

McCoach, D. B., Siegle, D. ve Rubenstein, L. D. (2020). Pay attention to inattention: exploring adhd symptoms in a sample of underachieving gifted students. *Gifted Child Quarterly*, *64*(2), 100-116. doi:10.1177/0016986219901320

McCord, R. E. ve Matusovich, H. M. (2019). Naturalistic observations of metacognition in engineering: Using observational methods to study metacognitive engagement in engineering. *Journal of Engineering Education*, *108*(4), 481-502. doi:10.1002/jee.20291

McFadden, J. ve Roehrig, G. (2019). Engineering design in the elementary science classroom: Supporting student discourse during an engineering design challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, *29*(2), 231-262. doi:10.1007/s10798-018-9444-5

McGregor, S. L. T. (2013). Transdisciplinarity and biomimicry. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, *4*(1). doi:10.22545/2013/00042

McInerney, S. J., Khakipoor, B., Garner, A. M., Houette, T., Unsworth, C. K., Rupp, A., … Niewiarowski, P. H. (2018). Facilitating user interaction with a biomimetic ontology via semantic translation and interface design. *Designs*, *2*(4), 53. doi:10.3390/designs2040053

Mecek, S. ve Taşlıdere, E. (2015). Investigation of gifted students mathematics and physics achievements in terms of different variables. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, *5*(5), 733-746. doi:10.14527/pegegog.2015.040

Mehalik, M. M., Doppelt, Y. ve Schuun, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, *97*(1), 71-85. doi:10.1002/j.2168-9830.2008.tb00955.x

Merril, C. ve Daugherty, J. (2010). STEM education and leadership: A mathematics and science partnership approach. *Journal of Technology Education*, *21*(2), 21-34.

Mesutoglu, C. ve Baran, E. (2020). Examining the development of middle school science teachers' understanding of engineering design process. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *18*(8), 1509-1529. doi:10.1007/s10763-019-10041-0

Metwally, W. M. (2025). Biomimicry and green architecture: Nature-inspired innovations for sustainable buildings. *Sustainability*, *17*(16), 7223. doi:10.3390/su17167223

Meyer, H. (2018). Teachers' Thoughts on student decision making during engineering design lessons. *Education Sciences*, *8*(1), 9. doi:10.3390/educsci8010009

Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (2016). *Nitel veri analizi genişletilmiş bir kaynak kitap*. (S. Akbaba Altun ve A. Yıldırım, Çev.) (İkinci baskıdan çeviri, 2. baskı.). Ankara: Pegem Akademi.

Miles, S. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook* (2nd ed.). Cambridge: Sage.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı. https://bilimakademisi.org/wp-content/uploads/2017/02/Fen-Bilimleri.pdf adresinden erişildi.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2022). MEB, BİLSEM sayısında hedefini aştı. 8 Temmuz 2025 tarihinde https://www.meb.gov.tr/meb-bilsem-sayisinda-hedefini-asti/haber/26129/tr adresinden erişildi.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2025). Türkiye yüzyılı maarif modeli öğretim programları ortak metni. https://tymm.meb.gov.tr/ortak-metin adresinden erişildi.

Mills, A., Durepos, G. ve Wiebe, E. (2010). *Encyclopedia of case study research, Volumes I and II.*

Mofield, E. ve Parker Peters, M. (2019). Understanding underachievement: Mindset, perfectionism, and achievement attitudes among gifted students. *Journal for the Education of the Gifted*, *42*(2), 107-134. doi:10.1177/0162353219836737

Mofield, E., Parker Peters, M. ve Chakraborti-Ghosh, S. (2016). Perfectionism, coping, and underachievement in gifted adolescents: Avoidance vs. approach orientations. *Education Sciences*, *6*(3), 21. doi:10.3390/educsci6030021

Moon, S. M., Swift, M. ve Shallenberger, A. (2002). Perceptions of a self-contained cass for fourth and fith-grade students with high to extreme levels of intellectual giftedness. *Gifted Child Quarterly*, *46*(1), 64-79. doi:10.1177/001698620204600106

Moore, T. J., Glancy, A., Tank, K., Kersten, J., Smith, K. A. ve Stohlmann, M. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-Peer)*. doi:10.7771/2157-9288.1069

Moore, T. J., Guzey, S. S., Roehrig, G. H. ve Lesh, R. A. (2018). Representational fluency: A means for students to develop STEM literacy. K. L. Daniel (Ed.), *Towards a Framework for Representational Competence in Science Education* içinde (ss. 13-30). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-89945-9_2

Moore, T. J., Stohlmann, M., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. ve Roehrig, G. H. (2014). Engineering in precollege settings: Researh into practice. S. Pruzer, J. Strobel ve M. Cardella (Ed.), *Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education* içinde (ss. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.

Morrison, J. S. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *Teaching Institute for Excellence in STEM*, TIES STEM Education Monograph Series, 1-7.

Mullet, D. R., Kettler, T. ve Sabatini, A. (2018). Gifted students' conceptions of their high school STEM education. *Journal for the Education of the Gifted*, *41*(1), 60-92. doi:10.1177/0162353217745156

Mulligan, R. P., Simper, N. ve Mulligan, N. (2018). An engineering design course to develop and assess critical thinking and problem solving. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*. doi:10.24908/pceea.v0i0.13084

Mychajliw, A. M., Kemp, M. E. ve Hadly, E. A. (2015). Using the anthropocene as a teaching, communication and community engagement opportunity. *The Anthropocene Review*, *2*(3), 267-278. doi:10.1177/2053019615601444

Nagel, J. K., Pittman, P., Pidaparti, R., Rose, C. ve Beverly, C. (2017). Teaching bioinspired design using C–K theory. *Bioinspired Biomimetic and Nanobiomaterials*, *6*(2), 77-86. doi:10.1680/jbibn.16.00013

Naim, A. M. ve Lewis, K. E. (2012). Rethinking design: The formal integration of engineering innovation into a design process (ss. 465-477). ASME 2011 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, sunulmuş bildiri, American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. doi:10.1115/DETC2011-48381

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* (No: 13165). Washington. https://nap.nationalacademies.org/download/13165 adresinden erişildi.

Nesmith, S. M. ve Cooper, S. (2021). Connecting engineering design and inquiry cycles: Impact on elementary preservice teachers' engineering efficacy and perspectives toward teaching engineering. *School Science and Mathematics*, *121*(5), 251-262. doi:10.1111/ssm.12469

Nieminen, N. ve Reunanen, T. (2025). Combining AI tools, low-code platforms, and product development in ICT education: A Reflective study on educational and practical outcomes. 16th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2025), sunulmuş bildiri. doi:10.54941/ahfe1006320

Nurtanto, M., Pardjono, P., Widarto - ve Ramdani, S. D. (2019). The effect of STEM-EDP in professional learning on automotive engineering competence in vocational high school. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *8*(2), 633-649. doi:10.17478/jegys.645047

Ogegbo, A. A., Ramnarain, U. ve Krajcik, J. (2024). Factors predicting teachers' implementation of inquiry-based teaching practices: Analysis of South African TIMSS 2019 data from an ecological perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, *61*(9), 2069-2103. doi:10.1002/tea.21943

O'Grady-Jones, M. ve Grant, M. M. (2023). Ready Coder One: Collaborative Game Design-Based Learning on Gifted Fourth Graders' 21st Century Skills. *Gifted Child Today*, *46*(2), 84-107. doi:10.1177/10762175221149259

Ogurlu, U. ve Sevim, M. N. (2017). The Opinions of Gifted Students about Leadership Training. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, *4*(2), 41-52. doi:10.29333/ejecs/73

Okon, M. ve Nocera, T. (2017). Electronic lab notebooks impact biomedical engineering students' quality of documentation and technical communication. *2017 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings* içinde (s. 28210). 2017 ASEE Annual Conference & Exposition, sunulmuş bildiri, Columbus, Ohio: ASEE Conferences. doi:10.18260/1-2--28210

Okulu, H. Z. ve Oğuz Ünver, A. (2021). Mühendisliğin STEM eğitimine entegrasyonunda kuramsal bir inceleme. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *8*(2), 545-558. doi:10.21666/muefd.841152

Olszewski-Kubilius, P., Subotnik, R. F. ve Worrell, F. C. (2015). Conceptualizations of giftedness and the development of talent: Implications for counselors. *Journal of Counseling & Development*, *93*(2), 143-152. doi:10.1002/j.1556-6676.2015.00190.x

Oruç, Ş. ve Çağır, S. (2020). Üstün yetenekli çocukların eğitimsel beklentileri. *Türkiye Eğitim Dergisi*, *5*(2), 302-319.

Özbaşi, D. ve Yılmaz, D. (2025). Gifted identification inventory for teacher awareness: Development, validation, and measurement invariance. *Psychology in the Schools*, *62*(4), 1071-1086. doi:10.1002/pits.23378

Özbek, G. ve Dağyar, M. (2022). Examining gifted students' evaluations of their education programs in terms of their project production and management. *Frontiers in Psychology*, *13*, 833395. doi:10.3389/fpsyg.2022.833395

Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği. 30471 Yönetmelik (2018). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24736&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 adresinden erişildi.

Özer, E. ve Koç, H. (2023). Özel yetenekli ve tipik gelişim gösteren öğrencilerin çalışma belleği becerilerinin incelenmesi. *International Journal Of Turkish Literature Culture Education*. doi:10.7884/teke.1344192

Özkan, R. A. ve Sarıkaya, R. (2023). Mühendislik tasarım temelli fen etkinliklerinin dördüncü sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (55), 154-167. doi:10.53444/deubefd.1208412

Öztoprak, Z. (2020). Yaşamın ilkeleri ile kenti yeniden düşünmek: Biyomimikri temelli bir yaklaşım. *İdealkent Dergisi*, *11*(Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı), 1180-1204. doi:https://doi.org/10.31198%2Fidealkent.654203

Öztürk, M., Akdeniz, A. R. ve Bakırcı, H. (2017). Bilgisayar destekli öğretim uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin bilimsel düşünme becerilerine etkisi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *14*(1), 611-639. doi:10.23891/efdyyu.2017.24

Pallant, J. (2017). *SPSS kullanma kılavuzu: SPSS ile adım adım veri analizi* (2. baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.

Pang, T. Y., Kootsookos, A., Fox, K. ve Pirogova, E. (2024, 4 Ekim). Teamwork assessment in undergraduate Engineering courses. In Review. doi:10.21203/rs.3.rs-4984098/v1

Park, D.-Y., Park, M.-H. ve Bates, A. B. (2016). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(2), 275-294. doi:10.1007/s10763-016-9776-0

Parker, C., Smith, E. L., McKinney, D. ve Laurier, A. (2016). The Application of the engineering design process to curriculum revision: A collaborative approach to STEM curriculum refinement in an urban district. *School Science and Mathematics*, *116*(7), 399-406. doi:10.1111/ssm.12194

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4'th Edition.). United States: Sage Publications.

Pauls, S. (2017). Biomimicry a "natural lesson" in STEAM. *The STEAM Journal*, *3*(1). https://scholarship.claremont.edu/steam/vol3/iss1/33 adresinden erişildi.

Pekdoğan, S. ve Ulutaş, İ. (2018). Karar verme becerileri eğitim programının okul öncesi dönem çocuklarının karar verme becerileri üzerindeki etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 230-244. doi:10.17679/inuefd.325966

Pérez, G., Henderson, T. ve Wendell, K. B. (2025a). Addressing media and information literacy in engineering design education: Learning to design technologies in the era of science denial and misinformation. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(6), 1546-1579. doi:10.1002/tea.22023

Pérez, G., Henderson, T. ve Wendell, K. B. (2025b). Addressing media and information literacy in engineering design education: Learning to design technologies in the era of science denial and misinformation. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(6), 1546-1579. doi:10.1002/tea.22023

Petrakis, K., Wodehouse, A., Grierson, H., Coutts, E., Liikkanen, J. ve Parkkamäki, H. (2022). The application of a prototyping support tool in a student design project. *Proceedings of the 24th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2022), London South Bank University in London, UK. 8th—9th September 2022* içinde . 24th International Conference on Engineering and Product Design Education, sunulmuş bildiri, The Design Society. doi:10.35199/EPDE.2022.65

Pleasants, J. (2024). Rethinking the nature of engineering: Attending to the social context of engineering. *Science & Education*, *33*(6), 1353-1370. doi:10.1007/s11191-023-00445-4

Pleasants, J. ve Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, *103*(1), 145-166. doi:10.1002/sce.21483

Prilandita, N., McLellan, B. C. ve Tezuka, T. (2016). Framework for identifying autonomous decision making process in energy and environmental issues: Case studies in indonesian communities (rukun warga). *International Journal of Sustainable Future for Human Security*, *3*(2), 3-17. doi:10.24910/jsustain/3.2/317

Purzer, Ş., Quintana-Cifuentes, J. ve Menekse, M. (2022). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*, *111*(1), 19-39. doi:10.1002/jee.20441

Pyryt, M. C. (2004). Pegnato revisited: Using discriminant analysis to identify gifted children. *Psychology Science*, *46*(3), 342-347.

Radloff, J. ve Capobianco, B. M. (2020). Elementary teachers' responsiveness to supporting students' engineering design feedback. *European Journal of Mathematics and Science Education*, *1*(2), 53-65. doi:10.12973/ejmse.1.2.53

Ralph, R. A. (2016). Post secondary project-based learning in science, technology, engineering and mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, *6*(1), 26-35. doi:10.3926/jotse.155

Raveendran, A. ve Srivastava, H. (2022). Science and environment education in the times of the Anthropocene: Some reflections from India. M. F. G. Wallace, J. Bazzul, M. Higgins ve S. Tolbert (Ed.), *Reimagining Science Education in the Anthropocene* içinde , Palgrave Studies in Education and the Environment (ss. 201-213). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-79622-8_12

Raymond, C., Chisin, A. ve Broom, A. (2017). Biomimicry, S.PSS and DRE: Designerly strategies to reduce the knowledge gap between design and nature. *DEStech Transactions on Environment, Energy and Earth Sciences*, (eesd). doi:10.12783/dteees/eesd2017/11983

Rayneri, L. J., Gerber, B. L. ve Wiley, L. P. (2003). Gifted achievers and gifted underachievers: The impact of learning style preferences in the classroom. *Journal of Secondary Gifted Education*, *14*(4), 197-204. doi:10.4219/jsge-2003-434

Reis, S. M. ve McCoach, D. B. (2000). The underachievement of gifted students: What do we know and where do we go? *Gifted Child Quarterly*, *44*(3), 152-170. doi:10.1177/001698620004400302

Renzulli, J. S. ve Reis, S. M. (2014). *The schoolwide enrichment model: A how-to guide for talent development* (3rd Ed.). Prufrock Press.

Renzulli, Joseph S. (2011). What makes giftedness?: Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, *92*(8), 81-88. doi:10.1177/003172171109200821

Ridgley, L. M., DaVia Rubenstein, L. ve Callan, G. L. (2020). Gifted underachievement within a self-regulated learning framework: Proposing a task-dependent model to guide early identification and intervention. *Psychology in the Schools*, *57*(9), 1365-1384. doi:10.1002/pits.22408

Rimm, Sylia B., Siegle, D. ve Davis, G. A. (2022). Gruplama, farklılaştırma ve zenginleştirme. *Üstün zekalı ve yeteneklilerin eğitimi* içinde (1. Baskı., s. 126). Ankara: Atlas.

Rimm, Sylvia B. ve Lovance, K. J. (1992). The Use of Subject and Grade Skipping for the Prevention and Reversal of Underachievement. *Gifted Child Quarterly*, *36*(2), 100-105. doi:10.1177/001698629203600208

Rinn, A. N., McQueen, K. S., Clark, G. L. ve Rumsey, J. L. (2008). Gender differences in gifted adolescents' math/verbal self-concepts and math/verbal achievement: Implications for the STEM fields. *Journal for the Education of the Gifted*, *32*(1), 34-53. doi:10.4219/jeg-2008-818

Ritterfeld, U., Weber, R., Fernandes, S. ve Vorderer, P. (2004). Think science!: Entertainment education in interactive theaters. *Computers in Entertainment*, *2*(1), 11-11. doi:10.1145/973801.973819

Robinson, A., Adelson, J. L., Kidd, K. A. ve Cunningham, C. M. (2018a). A talent for tinkering: Developing talents in children from low-income households through engineering curriculum. *Gifted Child Quarterly*, *62*(1), 130-144. doi:10.1177/0016986217738049

Robinson, A., Adelson, J. L., Kidd, K. A. ve Cunningham, C. M. (2018b). A talent for tinkering: Developing talents in children from low-income households through engineering curriculum. *Gifted Child Quarterly*, *62*(1), 130-144. doi:10.1177/0016986217738049

Rohmaniyah, N. ve Asih, S. W. (2024). Project-based learning design in secondary schools: Enhancing students' collaborative and creative skills. *International Journal of Post Axial: Futuristic Teaching and Learning*, 274-287. doi:10.59944/postaxial.v2i4.395

Rovalo, E. ve McCardle, J. (2019). Performance based abstraction of biomimicry design principles using prototyping. *Designs*, *3*(3), 38. doi:10.3390/designs3030038

Rowland, R. (2017). Biomimicry step-by-step. *Bioinspired Biomimetic and Nanobiomaterials*, *6*(2), 102-112. doi:10.1680/jbibn.16.00019

Röver, T., Fuchs, C., Asami, K. ve Emmelmann, C. (2024). Dimensioning of biomimetic beams under bending for additively manufactured structural components. *Biomimetics*, *9*(4), 214. doi:10.3390/biomimetics9040214

Rubenstein, L. D., Siegle, D., Reis, S. M., Mccoach, D. B. ve Burton, M. G. (2012). A complex quest: The development and research of underachievement interventions for gifted students. *Psychology in the Schools*, *49*(7), 678-694. doi:10.1002/pits.21620

Sak, U. (2017). *Üstün zekalılar: Özellikleri, tanılanmaları, eğitimleri* (7. Baskı.). Ankara: Vize. https://www.vizeakademik.com.tr/urun/257-ustun-zekalilar adresinden erişildi.

Sak, U. (Ed.). (2020). *Üstün yeteneklilerin eğitiminde modeller ve stratejiler*. Ankara Pegem Akademi Yayıncılık. doi:10.14527/9786257052832

Samancı, O. ve Mazlumoğlu, M. (2023). Decision-making skill: How to make better decisions? *Türk Akademik Yayınlar Dergisi*, *7*(2), 668-683. doi:10.29329/tayjournal.2023.543.14

Sarı, U. ve Yazıcı, Y. Y. (2019). Fen bilgisi öğretmenlerinin fen ve mühendislik uygulamaları hakkında görüşleri. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, *5*(2), 157-167. doi:10.24289/ijsser.519447

Sari, U. ve Yazici, Y. Y. (2019). Fen bilgisi öğretmenlerinin fen ve mühendislik uygulamaları hakkında görüşleri. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, *5*(2), 157-167. doi:10.24289/ijsser.519447

Sartori, J., Pal, U. ve Chakrabarti, A. (2010). A methodology for supporting "transfer" in biomimetic design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, *24*(4), 483-506. doi:10.1017/S0890060410000351

Schina, D., Esteve-González, V., Usart, M., Lázaro-Cantabrana, J.-L. ve Gisbert, M. (2020). The integration of sustainable development goals in educational robotics: A teacher education experience. *Sustainability*, *12*(23), 10085. doi:10.3390/su122310085

Schmitt, O. H. (1969). Some interesting and useful biomimetic transforms. Proceedings of the Third International Biophysics Congress, sunulmuş bildiri, Boston.

Schnittka, C. (2012). Engineering education in the science classroom: A case study of one teacher's disparate approach with ability-tracked classrooms. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *2*(1), 35-48. doi:10.5703/1288284314654

Schubert, T. F., Jacobitz, F. G. ve Kim, E. M. (2012a). Student perceptions and learning of the engineering design process: An assessment at the freshmen level. *Research in Engineering Design*, *23*(3), 177-190. doi:10.1007/s00163-011-0121-x

Schubert, T. F., Jacobitz, F. G. ve Kim, E. M. (2012b). Student perceptions and learning of the engineering design process: An assessment at the freshmen level. *Research in Engineering Design*, *23*(3), 177-190. doi:10.1007/s00163-011-0121-x

Schunn, C. D. (2009). How kids learn engineering: The cognitive science perspective. *The Bridge Linking Engineering and Society*, *39*(3), 32-37.

Sert Özen, A. ve Elçi, M. (2019). Takım kolektivizminin performans ve vatandaşlık davranışına etkisi: Takım arkadaşı işlem adaletinin aracılık rolü. *Türk Psikoloji Dergisi*, *34*(Özel Sayı). doi:10.31828/tpd1300443320190402x000032

Shabani, Y., Bajrami, V. ve Bajrami, V. (2025). Teachers' Views on the Readiness of the Education System for Work with Gifted Students. *Journal Human Research in Rehabilitation*, *15*(1), 182-194. doi:10.21554/hrr.042515

Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K. ve Zulkifeli, M. A. (2016). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(5), 1189-1211. doi:10.12973/eurasia.2017.00667a

Shanahan, L. E., Silvestri, K. N. ve McVee, M. B. (2018). Digital engineering design team journals: Providing multimodal opportunities for English learners to explain design choices. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, *61*(4), 445-451. doi:10.1002/jaal.707

Shcherbinina, O. ve Grushetskaya, I. (2023). Socialization challenges in gifted high school students: Causes and solutions. *Russian Foundation for Basic Research Journal. Humanities and social sciences*, 35-48. doi:10.22204/2587-8956-2023-114-03-35-48

Siagian, A. F., Ibrahim, M. ve Supardi, Z. A. I. (2022). The effectiveness of the creative-scientific decision making skills (CSDMS) model to practice creative thinking skills and decision making skills. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, *3*(5), 631-639. doi:10.46245/ijorer.v3i5.251

Siegle, D., Rubenstein, L. D. ve Mitchell, M. S. (2014). Honors Students' Perceptions of Their High School Experiences: The Influence of Teachers on Student Motivation. *Gifted Child Quarterly*, *58*(1), 35-50. doi:10.1177/0016986213513496

Siew, N. M., Goh, H. ve Sulaiman, F. (2016). Integrating STEM in an engineering design process: The learning experience of rural secondary school students in an outreach challenge program. *Journal of Baltic Science Education*, *15*(4). doi:10.33225/jbse/16.15.477

Slavkin, H. C. ve Slavkin, L. E. (1988). Science curriculum and teaching for the 21st century. *Journal for the Education of the Gifted*, *11*(2), 35-61. doi:10.1177/016235328801100205

Smith, D. V. (2021). Educating future scientists towards post-patrimonial governance. *Cultural Studies of Science Education*, *16*(1), 173-192. doi:10.1007/s11422-020-09992-6

Sopakitiboon, T., Tuampoemsab, S., Howimanporn, S. ve Chookaew, S. (2023). Implementation of new-product creativity through an engineering design process to foster engineering students' higher-order thinking skills. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, *13*(5), 4-15. doi:10.3991/ijep.v13i5.38863

Sorrentino, C. (2019). Creativity assessment in school: Reflection from a middle school italian study on giftedness. *Universal Journal of Educational Research*, *7*(2), 556-562. doi:10.13189/ujer.2019.070228

Souza, M., Margalho, É., Lima, R. M., Mesquita, D. ve Costa, M. J. (2022). Rubric's development process for assessment of project management competences. *Education Sciences*, *12*(12), 902. doi:10.3390/educsci12120902

Spoon, R., Rubenstein, L. D., Shively, K., Stith, K., Ascolani, M. ve Potts, M. L. (2020). Reconceptualizing professional learning within the gifted field: Exploring the instruct to innovate model. *Journal for the Education of the Gifted*, *43*(3), 193-226. doi:10.1177/0162353220933001

Sternberg, R. (1997). *Successful intelligence: How practical and creative intelligence determine success in life*. New York: Plume.

Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J. (2003). *Wisdom, intelligence, and creativity synthesized*. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J., Castejón, J. L., Prieto, M. D., Hautamäki, J. ve Grigorenko, E. L. (2001). Confirmatory factor analysis of the sternberg triarchic abilities test in three international samples. *European Journal of Psychological Assessment*, *17*(1), 1-16. doi:10.1027//1015-5759.17.1.1

Sternberg, R. J. ve Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. New York, N.Y: Free Press.

Stevens, L. (2021). *Analogical reasoning in biomimicry design education*. (Doctoral Thesis). https://repository.tudelft.nl/record/uuid:4b770960-b810-4acc-abe9-d81c93823a91 adresinden erişildi.

Stevens, L., De Vries, M., Bos, M. ve Kopnina, H. (2019). Biomimicry design education essentials. *DS 94: Proceedings of the Design Society: 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)* içinde . 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19), sunulmuş bildiri. doi:10.1017/dsi.2019.49

Stevens, L., Fehler, M., Bidwell, D., Singhal, A. ve Baumeister, D. (2022). Building from the bottom up: A closer look into the teaching and learning of life's principles in biomimicry design thinking courses. *Biomimetics*. doi:10.3390/biomimetics7010025

Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K. ve De Vries, M. (2021). Biomimicry design thinking education: A base-line exercise in preconceptions of biological analogies. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*(4), 797-814. doi:10.1007/s10798-020-09574-1

Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K. ve Vries, M. J. de. (2021). Analogies in biomimicry. Brill. doi:10.1163/9789004450004_012

Stevens, L. L., Fehler, M., Bidwell, D., Singhal, A. ve Baumeister, D. (2022). Building from the bottom up: A closer look into the teaching and learning of life's principles in biomimicry design thinking courses. *Biomimetics*, *7*(1), 25. doi:10.3390/biomimetics7010025

Stevens, L. L., Whitehead, C. ve Singhal, A. (2022). Cultivating cooperative relationships: Identifying learning gaps when teaching students systems thinking biomimicry. *Biomimetics*, *7*(4). doi:https://doi.org/10.3390/biomimetics7040184

Stith, K., Potts, M., Rubenstein, L., Shively, K. ve Spoon, R. (2020). Perceptions of K-12 teachers on the cognitive, affective, and conative functionalities of gifted students engaged in design thinking. *Journal of STEM Teacher Education*, *54*(1). doi:10.30707/JSTE55.1/DPHX3873

Stoeger, H. ve Ziegler, A. (2013). Deficits in fine motor skills and their influence on persistence among gifted elementary school pupils. *Gifted Education International*, *29*(1), 28-42. doi:10.1177/0261429412440649

Stohlmann, M., Moore, T. ve Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *2*(1), 28-34. doi:10.5703/1288284314653

Sun, A. ve McGuire, H. (2024). Data-Driven Teamwork: Navigating the Barriers to Effective Student Collaborations in Large Cohorts. *ASCILITE Publications*, 119-120. doi:10.14742/apubs.2024.1179

Suryadi, A., Alatas, F. ve Hanifa, N. A. (2023). Supporting students problem solving skills using science, technology, religion, art, and mathematics (STREAM) approach on sound wave concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *9*(11). https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/5385 adresinden erişildi.

Swarat, S., Ortony, A. ve Revelle, W. (2012). Activity matters: Understanding student interest in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(4), 515-537. doi:10.1002/tea.21010

Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L. E. ve Soewarno, S. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students' science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *7*(1), 66-75. doi:10.15294/jpii.v7i1.12297

Şentürk, Ş., Kefeli, İ. ve Bircan, M. A. (2022). Assessment of in-service training program of support education room awareness course for gifted and talented students organized for classroom teachers. *Education Mind*, 1. doi:10.58583/Pedapub.EM2202

Tank, K. M., Moore, T. J. ve Gajdzik, E. (2017). *PictureSTEM: Designing hamster habitats*. United States: Purdue University Research Foundation. http://picturestem.org/picturestem-units/first-grade-hamsters/ adresinden erişildi.

Taşgit, Y. E., Bayraktar, M., Kaplan, N. ve Öney, M. (2021). Takım oluşturma ve takım devamlılığı arasındaki ilişkide takım performansının aracılık rolü. *Business & Management Studies: An International Journal*, *9*(3), 922-942. doi:10.15295/bmij.v9i3.1848

Tavşan, G. (2022). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikri kavramı ile ilgili farkındalıkları*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Rize.

Taylor Buck, N. (2017). The art of imitating life: The potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, *44*(1), 120-140. doi:10.1177/0265813515611417

Tien Long, N., Thi Hoang Yen, N. ve Van Hanh, N. (2020). The role of experiential learning and engineering design process in K-12 stem education. *International Journal of Education and Practice*, *8*(4), 720-732. doi:10.18488/journal.61.2020.84.720.732

Tientongdee, S. ve Ficklin, K. (2021). How engineering notebook supporting Thai elementary student practice in STEM learning. *Journal of Physics: Conference Series*, *1835*(1), 012041. doi:10.1088/1742-6596/1835/1/012041

Tolppanen, S., Kang, J. ve Tirri, K. (2023). Climate competencies of finnish gifted and average-ability high school students. *Education Sciences*, *13*(8), 840. doi:10.3390/educsci13080840

Treffinger, D. J. ve Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly*. doi:10.1177/001698620504900407

Turan, F. M., Johan, K., Nor, N. H. M. ve Omar, B. (2017). Sustainability assessment model in product development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *226*, 012021. doi:10.1088/1757-899X/226/1/012021

Turan, F. M. ve Omar, B. (2013). Application of house of quality, fuzzy-analytical hierarchy process and rough-grey analysis in design concept evaluation – a case study. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, *5*, 723-733. doi:10.15282/jmes.5.2013.19.0070

Türe, D. D. (2023). *Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli STEM etkinliklerinin tasarlanması kimya derslerinde uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Unger, S. (2023). Not all Doom and Gloom: Students in the Anthropocene Develop Collaborative Skills Using Social Media and Surveys. *World Journal of Educational Research*, *10*(4), p41. doi:10.22158/wjer.v10n4p41

Urhahne, D. (2011). Motivation and emotions of gifted and regular students performing a creative task. *The Open Education Journal*, *4*(1), 105-112. doi:10.2174/1874920801104010105

Uzel, L. (2019). *6.sınıf madde ve ısı ünitesinde gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerileriyle etkisinin değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Ülbeği Ülker, M. (2023). *Biyomimikri ile STEM eğitimi yaklaşımının 7. Sınıf öğrencilerinin çevresel tutumları, bilimsel yaratıcılık becerileri ve fen bilimleri dersine karşı olan tutumları üzerine etkisinin incelemesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.

Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M. C. ve Mäkitalo-Siegl, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, *33*(3). doi:10.14742/ajet.3518

Valtonen, T., Sointu, E. T., Mäkitalo-Siegl, K. ve Kukkonen, J. (2015). Developing a TPACK measurement instrument for 21st century pre-service teachers. *Seminar.net*, *11*(2). doi:10.7577/seminar.2353

Valtorta, C. ve Berland, L. (2015). Math, science, and engineering integration in a high school engineering course: A qualitative study. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *5*(1). doi:10.7771/2157-9288.1087

Van Boxtel, H. W. ve Mönks, F. J. (1992). General, social, and academic self-concepts of gifted adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, *21*(2), 169-186. doi:10.1007/BF01537335

Van Helvoort, J., Brand-Gruwel, S., Huysmans, F. ve Sjoer, E. (2017). Reliability and validity test of a scoring rubric for information literacy. *Journal of Documentation*, *73*(2), 305-316. doi:10.1108/JD-05-2016-0066

Vasinayanuwatana, T. ve Plianram, S. (2023). Biomimicry in STEM education: Case study of developing pre-service biology teachers' integrative teaching competence. *Research in Integrated STEM Education*, *1*(2), 316-340. doi:10.1163/27726673-bja00011

Verbrugghe, N., Rubinacci, E. ve Khan, A. Z. (2023). Biomimicry in architecture: A review of definitions, case studies, and design methods. *Biomimetics*, *8*(1), 107. doi:10.3390/biomimetics8010107

Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. ve Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: Its practice and theory. *Journal of The Royal Society Interface*, *3*(9), 471-482. doi:10.1098/rsif.2006.0127

Vintere, A. (2018). A constructivist approach to the teaching of mathematics to boost competences needed for sustainable development. *Rural Sustainability Research*, *39*(334), 1-7. doi:10.2478/plua-2018-0001

Wallace, M. F. G., Bazzul, J., Higgins, M. ve Tolbert, S. (2022). Introduction. M. F. G. Wallace, J. Bazzul, M. Higgins ve S. Tolbert (Ed.), *Reimagining Science Education in the Anthropocene* içinde , Palgrave Studies in Education and the Environment (ss. 1-13). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-79622-8_1

Wanieck, K., Hamann, L., Bartz, M., Uttich, E., Hollermann, M., Drack, M. ve Beismann, H. (2022). Biomimetics linked to classical product development: An interdisciplinary endeavor to develop a technical standard. *Biomimetics*, *7*(2), 36. doi:10.3390/biomimetics7020036

Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. ve León De La Barra, B. (2015). Using engineering activities to engage middle school students in physics and biology. *Australasian Journal of Engineering Education*, *20*(2), 145-156. doi:10.1080/22054952.2015.1130092

Watkins, J., McCormick, M., Wendell, K. B., Spencer, K., Milto, E., Portsmore, M. ve Hammer, D. (2018). Data-based conjectures for supporting responsive teaching in engineering design with elementary teachers. *Science Education*, *102*(3), 548-570. doi:10.1002/sce.21334

Welch, R. (2015). STEM Collaboration Assessment Leading to Curriculum Changes and Greater Long-Term STEM Engagement. *2015 ASEE Annual Conference and Exposition Proceedings* içinde (s. 26.1395.1-26.1395.18). 2015 ASEE Annual Conference and Exposition, sunulmuş bildiri, Seattle, Washington: ASEE Conferences. doi:10.18260/p.24732

Weller, J. A., Moholy, M., Bossard, E. ve Levin, I. P. (2015). Preadolescent decision-making competence predicts interpersonal strengths and difficulties: A 2-year prospective study. *Journal of Behavioral Decision Making*, *28*(1), 76-88. doi:10.1002/bdm.1822

Wellisch, M. ve Brown, J. (2012). An integrated identification and intervention model for intellectually gifted children. *Journal of Advanced Academics*, *23*(2), 145-167. doi:10.1177/1932202x12438877

Wendell, Kristen B., Andrews, C. J. ve Paugh, P. (2019). Supporting knowledge construction in elementary engineering design. *Science Education*, *103*(4), 952-978. doi:10.1002/sce.21518

Wendell, Kristen B., Swenson, J. ve Dalvi, T. (2019). Epistemological framing and novice elementary teachers' approaches to learning and teaching engineering design. *Journal of Research in Science Teaching*. doi:10.1002/tea.21541

Wendell, Kristen B., Wright, C. G. ve Paugh, P. (2017). Reflective decision-making in elementary students' engineering design. *Journal of Engineering Education*. doi:10.1002/jee.20173

Wendell, Kristen Bethke ve Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, *102*(4), 513-540. doi:10.1002/jee.20026

Wendell, Kristen Bethke, Wright, C. G. ve Paugh, P. (2017). Reflective decision-making in elementary students' engineering design. *Journal of Engineering Education*, *106*(3), 356-397. doi:10.1002/jee.20173

Whitmore, J. R. (1979). The Etiology of Underachievement in Highly Gifted Young Children. *Journal for the Education of the Gifted*, *3*(1), 38-51. doi:10.1177/016235327900300105

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. ve Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *8*(4), 1345-1360. doi:10.17478/jegys.766201

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Ayu Afifah, R. M. (2020a). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*. doi:10.17478/jegys.766201

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J. ve Ayu Afifah, R. M. (2020b). Synthesizing results from empirical research on engineering design process in science education: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*. doi:10.29333/ejmste/9129

Wolff, L.-A., Skarstein, T. H. ve Skarstein, F. (2020). The Mission of Early Childhood Education in the Anthropocene. *Education Sciences*, *10*(2), 27. doi:10.3390/educsci10020027

Woods-Groves, S. (2015). The human behavior rating scale–brief: A tool to measure 21 century skills of K–12 learners. *Psychological Reports*, *116*(3), 769-796. doi:10.2466/03.11.PR0.116k29w0

Wu, L. Y., Truong, N. M., Lu, H.-Y., Tseng, Y.-H. ve Chang, C.-Y. (2019). Science-edu-communication: Trends reveal in 20 years of science communication research. *Journal of Baltic Science Education*, *18*(5), 793-805. doi:10.33225/jbse/19.18.793

Wu, Y. M. ve Yang, Z. H. (2010). Evaluating process design through quality function deployment for environment. *Advanced Materials Research*, *97-101*, 2377-2380. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.97-101.2377

Yesilyurt, E., Deniz, H. ve Kaya, E. (Ed.). (2019). Improving upper elementary students' nature of engineering views with an engineering design experience. 2019 ASTE International Conference, sunulmuş bildiri, Savannah, Georgia.

Yeter, I. H., Tan, V. S. Q. ve Le Ferrand, H. (2023). Conceptualization of biomimicry in engineering context among undergraduate and high school students: An international interdisciplinary exploration. *Biomimetics*, *8*(1), 125. doi:10.3390/biomimetics8010125

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2021a). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. Baskı.). Ankara: Seçkin.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2021b). *Nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin. https://www.seckin.com.tr/kitap/176755156 adresinden erişildi.

Yıldız, A. (2023). *Biyomimikri ile bütünleştirilmiş e-STEM modüllerinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Yılmaz-Bilir, E. (2021). *Matematik ağırlıklı bir STEM modülünün geliştirilmesi ve modüle yönelik görüşlerin değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir.

Yin, R. K. (2017). *Durum çalışması araştırması uygulamaları* (3. Basımdan Çeviri.). Ankara: Nobel Akademik.

Yoke, S. K., Syahrul Ahmar Ahmad, Rahimah Mohamed Yunos, Juyati Mohd Amin, Normala Sulaiman, ve Faizah Abdul Majid. (2019). Educator's readiness for 21st century education. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, *14*(9), 10687-10692.

Zhang, H. ve Aggidis, G. A. (2018). Nature rules hidden in the biomimetic wave energy converters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *97*, 28-37. doi:10.1016/j.rser.2018.08.018

Zhang, H. B., Xiong, X., Zhu, P. L. ve Kong, F. R. (2014). Research of a new theoretical model of innovative design methodology. *Advanced Materials Research*, *853*, 565-570. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.853.565

Zhang, J., Kestem, L., Wommer, K. ve Wanieck, K. (2025). Biomimetic tools: Insights and implications of a comprehensive analysis and classification. *Bioinspiration & Biomimetics*, *20*(2), 026014. doi:10.1088/1748-3190/adaff6

Zheltukhina, M. R., Kislitsyna, N. N., Sergeeva, O. V., Knyazeva, S. A., Polovikov, I. P. ve Tukhvatullina, L. R. (2023). Trends of cultural studies in science education: A systematic review from 1973 to 2023. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *19*(12), em2364. doi:10.29333/ejmste/13837

Zhou, N., Pereira, N. L., George, T. T., Alperovich, J., Booth, J., Chandrasegaran, S., … Ramani, K. (2017). The influence of toy design activities on middle school students' understanding of the engineering design processes. *Journal of Science Education and Technology*, *26*(5), 481-493. doi:10.1007/s10956-017-9693-1

Zhou, S., Merzdorf, H. E., Douglas, K. A. ve Moore, T. J. (2023). Development and validation of an integrated STEM teacher classroom observation protocol. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *13*(1). doi:10.7771/2157-9288.1357

Zytner, R. G., Donald, J., Gordon, K., Clemmer, R. ve Thompson, J. (2015). Using rubrics in a capstone engineering design course. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association* içinde . doi:10.24908/pceea.v0i0.5720

EKLER

EK 1. Veri Toplama Araçlarının Uygulanması İçin Gazi Üniversitesi Etik Kurul İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 20.10.2023-E.780220

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-780220 20.10.2023
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

Dağıtım Yerlerine

Üniversitemiz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı **Doktora Öğrencisi Yunus Emre İLERİ'nin, Prof. Dr. Mahmut SELVİ'nin** danışmanlığında yürüttüğü ***"Özel Yetenekli Öğrencilerin Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayanan Mühendislik Tasarım Süreçlerinin İncelenmesi"*** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **17.10.2023** tarih ve **18** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

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

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2023 - 1250

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM
Gereği:
Sayın Prof. Dr. Mahmut SELVİ

Bilgi:
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK 2. Veri Toplama Araçlarının Uygulanması İçin Gazi Üniversitesi Araştırma İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 02.11.2023-E.791478

T.C.
ANKARA VALİLİĞİ
Milli Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-14588481-605.99-88613317 01.11.2023
Konu : Araştırma İzni

GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü)

İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 2020/2 sayılı Genelgesi.
b) 24.10.2023 tarihli ve 783328 sayılı yazınız.

Üniversiteniz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı doktora programı öğrencisi Yunus Emre İLERİ'nin **"Özel Yetenekli Öğrencilerin Biyomimetik Tasarım Entegrasyonuna Dayanan Mühendislik Tasarım Süreçlerinin İncelenmesi"** başlıklı çalışması kapsamında Yenimahalle ilçemize bağlı ortaokullarda yapılacak uygulama talebi ilgi (a) Genelge çerçevesinde incelenmiştir.

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

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Yaşar KOÇAK
Vali a.
Milli Eğitim Müdürü

Ek : Uygulama Araçları (73 Sayfa)

Dağıtım:
Gereği:
Gazi Üniversitesi

Bilgi :
Yenimahalle İlçe MEM

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK 3. Mühendislik Tasarım Defterini Değerlendirme Rubriği

KRİTERLER		YETERLİLİK DÜZEYİ						
		Beklenen Düzeyin Çok Üstünde Başarı (5 Puan)	Beklenen Düzeyin Kısmen Üzerinde Başarı (4 Puan)	Beklenen Düzeyde Başarı (3 Puan)	Beklenen Düzeyin Kısmen Altında Başarı (2 Puan)	Beklenen Düzeyin Çok Altında Başarı (1 Puan)	Başarısız (0 Puan)	Alınan Puan
MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ AŞAMALARI	Hazırlık	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri tam, ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında mühendisliğe ait etkinlik mühendislik tasarım defteri eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	
	Hazırlık	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında biyomimetik tasarım yaklaşımına ait etkinlik kâğıtları mühendislik tasarım defterine yazılarla veya resimlerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ AŞAMALARI	Tanımlama	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde tanımlanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar kısmen tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde tanımlanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde tanımlanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde tanımlanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde tanımlanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin kriterler ve kısıtlamalar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde tanımlanmıştır.	
	Öğrenme	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle tam, ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	Tasarım probleminin çözümüne yönelik öğrenilen fen bilimleri ve matematik konularına ait etkinlik kağıtları, kelimelerle, sayılarla, hesaplamalarla ve grafiklerle eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	
	Planlama	Tasarım planına ilişkin etkinlikler tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım planına ilişkin etkinlikler tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım planına ilişkin etkinlikler tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım planına ilişkin etkinlikler eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım planına ilişkin etkinlikler eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım planına ilişkin etkinlikler eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ AŞAMALARI	Planlama	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım probleminin çözümünün neden seçildiği karar verme matrisi yoluyla eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	
	Test Etme	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar tam, tamamen ayrıntılı ve doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	Test sonuçları da dahil olmak üzere tasarım çözümünü test etmek için gereken adımlar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	
	Karar Verme	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak gereken adımlar eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	Tasarım problemine ilişkin ortaya konan prototipe neden karar verildiği, mühendislik tasarım sürecinde elde edilen veriler kullanılarak eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	

DEFTER ÖZELLİKLERİ	Yenilik/Orijinallik	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış sekizden fazla adette özgün fikre yer verilmiştir.	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış yedi veya sekiz adet özgün fikre yer verilmiştir.	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış beş veya altı adet özgün fikre yer verilmiştir.	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış üç veya dört adet özgün fikre yer verilmiştir.	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış bir veya iki adet özgün fikre yer verilmiştir.	Mühendislik tasarım defterinde tasarım çözümünün ortaya konmasında alışılmışın dışında, daha önce hiç kullanılmamış hiçbir özgün fikre yer verilmemiştir.	
	Uygulanabilirlik	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılır, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılır, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılır, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılırlıktan ve ayrıntıdan yoksun ayrıca bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde açıklanmıştır.	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılırlıktan ve ayrıntıdan yoksun ayrıca bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	Tüm tasarım ve geliştirme süreci, okuyucunun tasarım geçmişini yeniden oluşturabileceği kadar anlaşılırlıktan ve ayrıntıdan yoksun ayrıca bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde açıklanmıştır.	
	Tamamlanma Durumu (Bireysel Etkinlikler)	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin bireysel cevap bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	

DEFTER ÖZELLİKLERİ	Tamamlanma Durumu (Takım Etkinlikleri)	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, tam, tamamen ayrıntılı ve bilimsel açıdan doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, tam, kısmen ayrıntılı ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, tam, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla doğru bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan çoğunlukla yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	Mühendislik tasarım defterinin takım cevabı bölümleri, eksik, ayrıntıdan yoksun ve bilimsel açıdan tamamen yanlış bir şekilde doldurulmuştur.	
	Mühendislik Tasarım Defteri Sağlamlığı ve Düzeni	Mühendislik tasarım defteri tamamen sağlam; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya tamamen uygun, düzenli ve eksiksiz bir şekilde yapıştırılmıştır.	Mühendislik tasarım defteri çoğunlukla sağlam; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya tamamen uygun, düzenli ve eksiksiz bir şekilde yapıştırılmıştır.	Mühendislik tasarım defteri kısmen sağlam; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya tamamen uygun, düzenli ve eksiksiz bir şekilde yapıştırılmıştır.	Mühendislik tasarım defteri kısmen sağlam; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya çoğunlukla uygun, düzenli ve eksiksiz bir şekilde yapıştırılmıştır.	Mühendislik tasarım defteri sağlam değil; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya kısmen uygun, düzenli ve eksiksiz bir şekilde yapıştırılmıştır.	Mühendislik tasarım defteri sağlam değil; etkinlik kağıtları ise verilen sıraya uyulmadan, düzensiz ve eksik bir şekilde yapıştırılmıştır.	
TOPLAM								

EK 4. Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Rubriği

Tasarımın Adı:				
Hazırlayan Takım:				
Aşamalar	**0 puan**	**1 puan**	**2 puan**	**3 puan**
	Gerçekleşmemiştir (Başarısızdır)	**Hedeflenen düzeyin altında gerçekleşmiştir**	**Hedeflenen düzeyde gerçekleşmiştir**	**Hedeflenen düzeyin üzerinde gerçekleşmiştir**
Hazırlık: Biyomimetik tasarım ilkelerine yönelik etkinliklerin gerçekleştirilme düzeyi				
Tanımlama: Tasarım probleminin tanımlanma düzeyi				
Tanımlama: Tasarım problemine yönelik kriterlerin ve kısıtlamaların belirlenme düzeyi				
Öğrenme: Problem durumu ile ilgili öğrenme aşamasındaki etkinliklerin başarı düzeyi				
Planlama: Biyomimetik tasarım fikri/ fikirleri ortaya koyma düzeyi				
Planlama: Biyomimetik tasarım çizimi/ çizimleri ortaya konulma düzeyi				
Planlama: Taslak tasarıma ait sunumun belirtilen kriterler açısından başarı düzeyi				
Deneme: Tasarımın probleme ilişkin kriterleri karşılama düzeyi				
Deneme: Tasarımın probleme ilişkin kısıtlamaları karşılama düzeyi				
Test Etme: Tasarımın test edilmesinde elde edilen verilerin kaydedilme düzeyi				
Test Etme: Planlama aşamasında çizilen taslak tasarım ile test etme aşamasında ortaya konan tasarım arasında performans açısından uygun olma düzeyi				

Test Etme: Tasarımın test edilmesinde elde edilen verilerin tasarımın geliştirilmesine yönelik fikir verme düzeyi				
Test Etme: Tasarım çözümünde başarısızlığın nedenlerinin ortaya konma düzeyi				
Test Etme: Tasarım çözümünün geliştirilmeye ihtiyacının olup olmadığına ilişkin kanıt/kanıtların sunulma düzeyi				
Test Etme: Tasarım çözümlerinde geliştirilmesi düşünülen bölümlerin hangi kanıtlara dayalı olarak geliştirileceğinin gerekçelendirilme düzeyi				
Test Etme: Tasarımda gerçekleştirilen son geliştirmeler doğrultusunda tasarımın kriterleri karşılama düzeyi				
Test Etme: Tasarımda gerçekleştirilen son geliştirmeler doğrultusunda tasarımın kısıtlamaları karşılama düzeyi				
Karar Verme: Test sonuçlarına göre karar verme durumunun raporlaştırılma düzeyi				
İletişim ve Takım Çalışması: Tasarım süreci boyunca takım üyeleri arasında iletişim gözlenme düzeyi				
İletişim ve Takım Çalışması: Tasarım süreci boyunca takım çalışmalarının yerine getirilme düzeyi				

EK 5. Ürün Değerlendirme Rubriği

Kriter ve Kısıtlama	0 Puan	1 Puan	2 Puan	Alınan Puan
1. Biyomimikri Kullanımı	Prototipte herhangi bir canlıdan ilham alınmadan tasarım yapılmıştır.	Prototipte bir veya iki canlıdan ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	Prototipte ikiden fazla canlıdan ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	
2. Boyut	Prototipin boyutu test ortamına uygun değildir.	Prototipin boyutu test ortamına uygundur, ancak hareket etmesi için yeterli boyutta değildir.	Prototipin boyutu test ortamına uygundur, hareket etmesi için yeterli boyuttadır.	
3. Maliyet	Prototipin maliyeti, 301 TL'nin üzerindedir.	Prototipin maliyeti, 151-300 TL arasındadır.	Prototipin maliyeti, 150 TL'nin altındadır.	
4. Su içindeki konum	Prototip, gerektiğinde test ortamının tabanına ve suyun yüzeyine doğru hareket etmemektedir.	Prototip suda asılı kalmaktadır (tabana batmaz ve yüzeye çıkmaz).	Prototip, gerektiğinde test ortamının tabanına ve suyun yüzeyine doğru başarılı bir şekilde hareket etmektedir.	
5. Görünüş	Prototip tasarımı estetik görünmemektedir.	Prototip tasarımı kısmen estetik görünmektedir.	Prototip tasarımı çok estetik görünmektedir.	
6. Değişen koşullara uyum	Prototip, sıcak suya karşı hiçbir şekilde dayanıklı değildir. Sıcak suda prototipin şekli tamamen bozulmuştur.	Prototip, sıcak suya karşı kısmen dayanıklıdır. Sıcak suda prototipin şekli kısmen bozulmuştur.	Prototip, sıcak suya karşı dayanıklıdır. Sıcak suda prototipin şekli hiçbir şekilde bozulmamıştır.	
7. Zaman	Verilen sürede prototip tasarımı gerçekleştirilememiştir.	Verilen sürede prototip tasarımı kısmen gerçekleştirilmiştir.	Verilen sürede prototip tasarımı tamamen gerçekleştirilmiştir.	
8. Malzeme	Verilen malzemeler kullanılarak prototip tasarımı gerçekleştirilmemiştir.	Verilen malzemeler kullanılarak prototip tasarımı kısmen gerçekleştirilmiştir.	Verilen malzemeler kullanılarak prototip tasarımı tamamen gerçekleştirilmiştir.	
9. Yaşam ilkeleri	Prototip tasarımında 0-6 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	Prototip tasarımında 7-13 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	Prototip tasarımında 14-20 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	
10. Çevre Dostu Ürün Kullanımı	Prototip tasarımında hiçbir çevre dostu ürün kullanılmamıştır.	Prototip tasarımında yalnızca bir çevre dostu ürün kullanılmıştır.	Prototip tasarımında birden fazla çevre dostu ürün kullanılmıştır.	
11. Doğada Yok Olma Süresi	Prototip tasarımında kullanılan malzemeler doğada 2000 yıldan daha uzun sürede yok olmaktadır.	Prototip tasarımında kullanılan malzemeler doğada 1500-2000 yıl arasında yok olmaktadır.	Prototip tasarımında kullanılan malzemeler doğada 1500 yıldan daha kısa sürede yok olmaktadır.	
Toplam Puan				

EK 6. Biyomimetik Açıdan Ürün Değerlendirme Rubriği

Kriterler	0 Puan	1 Puan	2 Puan	3 Puan	Alınan Puan
1. Biyolojik Yapı (Şekil) Kullanımı	Prototipte herhangi bir canlının hiçbir yapısından ilham alınmadan tasarım yapılmıştır.	Prototipte bir canlının bir yapısından ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	Prototipte bir canlının birden fazla yapısından ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	Prototipte birden fazla canlının birden fazla yapısından ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	
2. Biyolojik İşlev Kullanımı (Bir biyolojik yapının görevi)	Prototipte herhangi bir canlının hiçbir işlevinden ilham alınmadan tasarım yapılmıştır.	Prototipte bir canlının bir işlevinden ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	Prototipte bir canlının birden fazla işlevinden ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	Prototipte birden fazla canlının birden fazla işlevinden ilham alınarak tasarım yapılmıştır.	
3. Yapı-İşlev ilişkisi	Prototipte canlıya /canlılara ait yapılar ile işlevler arasında hiçbir ilişki bulunmamaktadır.	Prototipte canlıya /canlılara ait yapılar ile işlevler arasında düşük ilişki bulunmaktadır.	Prototipte canlıya /canlılara ait yapılar ile işlevler arasında kısmen ilişki bulunmaktadır.	Prototipte canlıya /canlılara ait yapılar ile işlevler arasında tamamen ilişki bulunmaktadır.	
4. Ekosistem Kullanımı	Prototipte herhangi bir işlevden ilham alınmadan tasarım yapılmış ancak işlev kullanılmadığı için hiçbir ilişki bulunmamaktadır.	Prototipte birden fazla işlevden ilham alınarak tasarım yapılmış ancak bu işlevlerin birbirleri arasındaki ilişki düşük düzeyde (1-2 işlev arasında ilişki) taklit edilmiştir.	Prototipte birden fazla işlevden ilham alınarak tasarım yapılmış ancak bu işlevlerin birbirleri arasındaki ilişki kısmen (3-4 işlev arasında ilişki) taklit edilmiştir.	Prototipte birden fazla işlevden ilham alınarak tasarım yapılmış ve bu işlevlerin birbirleri arasındaki ilişki tamamen (5'ten fazla işlev arasında ilişki) taklit edilmiştir.	
5. Yaşam ilkeleri Kullanımı	Prototip tasarımında hiçbir yaşam ilkesi kullanılmamıştır.	Prototip tasarımında 1-6 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	Prototip tasarımında 7-12 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	Prototip tasarımında 13-20 arasında yaşam ilkesi kullanılmıştır.	
Toplam Puan:					

EK 7. Ders Planları ve Etkinlikler

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

1-4.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Anahtar Kavramlar:

- *Mühendislik Tasarım Süreci*

Öğrenme Çıktıları:

- *Takımını belirler.*
- *Takımına isim verir.*
- *Mühendislik Tasarım Defterinin Önemini açıklar.*
- *Mühendislik Tasarım Sürecini Tanımlar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik Tasarım Defteri*
- *Mühendislik Tasarım Süreci Diyagramı*
- *Yeşil, kırmızı ve mavi tükenmez kalem*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Mühendislik Tasarım Süreci Diyagramı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasına girilen bu derslerde takımlar oluşturulur, takım üyeleri kendi aralarında görev paylaşımı yaparlar ve takımda yer alan üyelerin rollerini belirlerler. Öğretmen, öğrencilere Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)'nin işleyişi ve Mühendislik Tasarım Defteri (MTD)'nin kullanımı hakkında genel bilgilendirme yapar. Öğrenciler mühendislik mesleğini tanırlar.

Etkinlik Önce Köprü Kurma:

- **Takım çalışması:** Araştırma kapsamında yer alan özel yetenekli öğrenciler, aynı akademik ve yetenek düzeylerinde tanılanmaktadırlar. Bu nedenle takımların oluşturulmasında bu öğrencilerin dil ve sosyal ihtiyaçları ile cinsiyet dağılımlarının homojen olmasına dikkat edilmelidir. Ancak takımların oluşturulmasında öğrenciler arasında memnuniyetsizlik oluşabilmektedir. Bu durumda cinsiyet dağılımı eşit olması koşuluyla kura yoluyla öğrencilerin takımları oluşturulur. Kız öğrenciler için ayrı kura çekimi yapılırken erkek öğrenciler için ayrı kura çekimi yapılır. Öğrenciler, kendilerine sunulan tüm tasarım görevlerini kura yoluyla yerleştikleri takımlarda yerine getirirler. Etkili takım çalışması tüm tasarım görevleri ve mühendislik açısından çok önemlidir. Özel yetenekli öğrencilerinizin takım çalışması konusunda deneyimleri yoksa, tasarım görevine başlamadan önce takım oluşturma etkinlikleri yapılması gerekebilir. Bu durum, öğrencilerin birbirleri ile bağ kurmalarını sağlar ve takımca çalışmalarını kolaylaştırır.
- **Mühendislik ve Mühendislik Tasarımı:** Bu derste özel yetenekli öğrencilerin mühendislik mesleği ve mühendisler hakkında tartışmalarını içermektedir. Bu nedenle, öğrencilerin mühendislikle ilgili hazırbulunuşluk düzeylerine bağlı olarak ders süresi düzenlenebilir. Tasarım görevi, mühendislerin çeşitli endüstrilerdeki süreçleri tasarladığı ve optimize ettiği süreç ve tasarım mühendisliğine odaklanmaktadır.
- **Mühendislik Tasarım Defteri:** Tasarım görevi boyunca öğrenciler elde ettikleri bilgileri kendilerine verilen Mühendislik Tasarım Defteri'ne kaydedeceklerdir. Bu defter, boş A4 kağıtlarından oluşan büyük boy bir defterdir. Grupların oluşturulmasından sonra öğrencilerin isimlerinin yazılı olduğu Mühendislik Tasarım Defterleri öğrencilere teslim edilir.
- **Kullanılacak Kalemler:** Öğrencilerin bireysel ve takımlarıyla yaptıkları çalışmalarda farklı renkte kalemler kullanmaları istenir. Öğrencilerin kendilerinin yazıp çizdikleri ifadelerde yeşil renkte kalem, takımca yaptıkları çalışmalarda ise kırmızı renkte kalem ve sınıfça yapılacak etkinliklerde ise mavi renkte kalem kullanmaları gerektiği ifade edilir. Bu kalemler, öğrencilerin yazdıkları yazılardan veya çizdikleri resimlerinden hangilerini kendilerinin yazıp çizdikleri, hangilerini ise takım veya sınıf tarafından yazılıp çizildiğini belirlemek amacıyla kullanılacaktır.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

1-4.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Anahtar Kavramlar:

- *Mühendislik Tasarım Süreci*

Öğrenme Çıktıları:

- *Kura yoluyla takımını belirler.*
- *Takımına isim verir.*
- *Mühendislik Tasarım Defterinin Önemini kavrar.*
- *Mühendislik Tasarım Sürecini Tanımlar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik Tasarım Defteri*
- *Mühendislik Tasarım Süreci Diyagramı*
- *Yeşil, kırmızı ve mavi tükenmez kalem*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Mühendislik Tasarım Süreci Diyagramı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Dersin Açıklaması:

1. Öğrenciler selamlanır. Öğretmen öğrencilere şu şekilde seslenir: "Merhaba genç mühendisler hoş geldiniz, sizlerle birlikte çeşitli mühendislik projeleri üzerinde çalışacağız."
2. Mühendislerin takımlar halinde çalıştıkları ve bu durumun onların başarılı olmasında çok önemli olduğu vurgulanır. Bu nedenle 7 kız ve 8 erkek öğrencinin yer aldığı sınıftan kura yöntemi ile karma bir takım kurulacağı ve bu takımların tüm çalışma boyunca değişmeyeceği ifade edilir. Takımlarda cinsiyet dağılımını eşit bir şekilde dağıtabilmek için kız ve erkek öğrencilere ayrı ayrı küçük kağıtlara 2'şer adet 1, 2, 3 ve 4 yazılarak takımlara rastgele geçmeleri sağlanır. Böylece bir takım hariç her bir takım 2 kız ve 2 erkek öğrenci olmak üzere toplam 4 üyeden oluşacaktır.
3. Mühendislik Tasarım Defteri tanıtılır. Mühendislerin tasarım süreçlerini belgelemek ve not tutmak için bir defter kullandıkları ifade edilir. Öğrencilerin de mühendislik etkinlikleri boyunca Mühendislik Tasarım Defterlerini kullanacakları ifade edilir. Öğrencilerin Mühendislik Tasarım Sürecinde not almaları ve öğrendiklerini kaydetmeleri için bu defterleri kullanacakları ifade edilir. Ayrıca öğretmen tarafından yanıtlanması istenen soruların cevapların da bu deftere yazılacağı ifade edilir. Öğretmen öğrencilere, kendilerine sorulan soruların önce bireysel, sonra da takım arkadaşlarıyla birlikte cevaplayacakları ifade edilir. Öğrencilere üç kalem verilir. Bireysel yazıp çizdikleri için yeşil renkte kalem, takımca yapılanlar için kırmızı renkte kalem ve sınıfça yapılan etkinlikler için mavi renkte kalem kullanacakları açıklanır. Her ders sonunda, sınıftan ayrılmadan önce Mühendislik Tasarım Defterlerinin dolaba bırakılması gerektiği ifade edilir.
4. Mühendislik hakkında herhangi bir şey ifade edilmeden evvel öğrencilere şu iki soru sorulur: "Mühendisler ne iş yaparlar?" ve "Mühendisler sorunları nasıl çözerler?". Bu soruları, mühendislik tasarım defterlerine önce kendileri yeşil kalemle, daha sonra ise takımca tartışarak kırmızı kalemle cevaplamaları istenir. Öğrencilerin rahat bir şekilde cevaplamaları için onlar cesaretlendirilir.
5. Takımca sorulara verilen cevaplar sınıftaki diğer takımlarla paylaşılarak soru cevap bölümü tamamlanır. Böylece öğretmen tarafından öğrencilerin mühendislik hakkındaki ön bilgileri elde edilmiş olur.
6. Mühendislik Tasarım Süreci tanıtılır. Mühendislik Tasarım Süreci'ne ait görsel öğrencilere dağıtılır. Her bir basamak kısaca açıklanır. Öğrencilerden gelen sorular cevaplanır. Anlaşılmayan yerler tekrar anlatılarak akıllardaki sorular giderilir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

5-8.

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-1

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimikri kavramını ifade eder.*
- *Biyomimikri kavramının hangi alanlarda kullanıldığını açıklar.*
- *Biyomimikri kavramının nasıl oluşturulduğunu ifade eder.*
- *Doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen tasarımları bilir.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Video,*
- *Akıllı Tahta.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-1A ve EK-1B: Videodan Fark Ettiklerim ve Merak Ettiklerim Etkinlik kağıtları*
- EK-1C: *"BİYO-BİNGO" Oyunu*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-1

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasında tema olarak belirlenen biyomimikri tasarım yaklaşımı hakkında giriş yapılır. Öğrencilerin biyomimikri kavramını ve hangi alanlarda kullanıldıklarını öğrenmeleri sağlanır. Bu amaç doğrultusunda oyun yoluyla doğadan ilham alınarak yapılan tasarım örneklerini öğrenirler.

Ders Akışı:

1. Öğretmen bu derste öğrencilere biyomimikri adı verilen tasarım yaklaşımı hakkında bilgi sahibi olup olmadıklarını sorar. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Biyomimikri kavramının hangi kavramlardan türetildiğine ve tanımına (Biyo: Yaşam, Hayat; Mimik: Taklit, Benzetim) değinilir. Biyomimikri kavramının ilk kez 1997 yılında Amerikalı Biyolog Janine Benyus tarafından yazılan "Biyomimikri: İlhamını Doğadan Alan İnovasyon" adlı kitapta geçtiği öğrencilere ifade edilir. Öğrencilere Janine Benyus tarafından hazırlanan kısa film (https://www.youtube.com/watch?v=nSj0y-AylGs) izlettirilir. Öğrencilerin izledikleri bu kısa filmden yola çıkarak biyomimikri hakkında bireysel olarak fark ettikleri ve merak ettiklerini kendilerine verilen ek-1a'da yer alan etkinlik kağıtlarına yeşil kalemlerle yazarlar. Ardından takımca tartıştıktan sonra takımlarının cevaplarını etkinlik-1b'de yer alan etkinlik kağıdındaki ilgili yere kırmızı kalemle yazarlar. Son olarak takımların ulaştıkları sonuçlar sınıfta yer alan diğer takımlarla paylaşılır.
2. Biyomimikri hakkında izlenen videodan takımların fark ettikleri ve merak ettikleri şeyler tahtaya not edilir. Öğretmen tarafından sınıfa ait notlar tüm öğrenciler tarafından etkinlik kağıdındaki sınıfın fark ettikleri bölümüne mavi kalemle yazılır. Öğretmen, öğrencilere oluşturulan bu listeyle ilgili ilerleyen derslerde tartışma yapacaklarını iletir.
3. Öğretmen öğrencilere çok fark edemesek de biyomimikri tasarım anlayışının yaşadığımız yeryüzünde devamlı gerçekleştiğini ifade eder. Bu amaçla öğretmen, bazı biyomimikri örnekleri veya ilham alınan canlıya ait "BİYO-BİNGO" adlı oyununu oynanacaklarını öğrencilere ifade eder. Oyun ile ilgili ek-1c'de yer alan etkinlik kağıtları öğrencilere dağıtılır. Oyun kurallarını önce öğrencilerin bireysel okumaları istenir. Ardından öğrencilerin oyun hakkında soruları yanıtlanır. Oyun oynanır. Oyunun oynanması ile fotoğraflar ve bilgilerin tamamı eşleştirilerek öğrencilerin biyomimetik tasarım örneklerini veya tasarımların ilham alındığı canlılar hakkında farkındalık kazanmaları sağlanır.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

9-10.

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-2

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen tasarımlara örnekler verir.*
- *Doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen tasarımların hikayelerini ifade eder.*
- *İnsan yaşamında kullanılan nesneleri doğadaki benzerlikleri ile ilişkilendirir.*
- *Öğrendiği kavramları kullanarak özgün bir ürün ortaya koyar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Video,*
- *Akıllı Tahta.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- EK-2A: Cırt cırtın patent bilgisi
- EK-2B: Biyomimikri Anahtar Kavramları ve Tanımları Mini Sözlüğü

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-2

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasında tema olarak belirlenen biyomimikri tasarım yaklaşımı hakkında öğretime devam edilir. Öğrencilerin biyomimikri tasarımlarının tarihsel olarak bulunuş hikayelerini öğrenmeleri sağlanır. Biyomimikri kavramlarını kullanarak kompozisyon yazmaları sağlanır.

Ders Akışı:

1. Geçen derste öğrencilerin öğrendiklerini her bir takımdan birisinin ifade etmesi istenir. Böylece geçen derste olup bitenler özetlenir.
2. Öğretmen, öğrencilere "Biyo-Bingo oyununda bazı tasarımlara ya da tasarımların ilham alındığı canlılara ait örnekleri gördünüz. Bugün ise bazı biyomimikri tasarım örneklerinin hikayelerine değinerek başlayacağız." diyerek Japonya'da tasarlanan hızlı trenin sahip olduğu problemi Japon mühendisin nasıl çözdüğünü, insanların uçma özlemi ve uçağın icadı literatürden yararlanılarak hazırlanan metin doğrultusunda Yunan Mitolojisinden Wright kardeşlerin uçağı keşfine doğru tarihsel bir sırada öğrencilere sunulur.
3. Alp dağlarındaki George de Mestral'in cırt cırtı (velcro) nasıl keşfettiği hakkında bilgilendirmeler yapılarak bu tasarım ürününe yönelik video izlettirilir (https://www.youtube.com/watch?v=7un9wlEvNe0). Tasarıma ait patent bilgileri öğrencilerle paylaşılır (https://asknature.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2020/11/US3009235.pdf) (1499079487196719978-02717437_(asknature.wpenginepowered.com)). Ayrıca bu tasarım ile hala 1950'lerden bu yana Velcro adındaki yaratıcı ve orijinal fikirleri teşvik eden bir şirketin hala çalışmalarına devam ettiği ve bu şirketin internet sitesinin (https://www.velcro.com/) de bulunduğu öğrencilere ifade edilir. Böylece öğrencilerin yapacakları tasarımları konusunda motive edilmeleri ve cesaretlendirmeleri hedeflenmektedir.
4. Öğrencilere önceki derste dersin başında tahtaya yazılan sınıfın fark ettikleri ve merak ettikleri kavramlar hakkında takımca tartışma yapmaları söylenir. Bu kavramlardan hangilerini bildiklerini ve bilmediklerini önce bireysel olarak sonrasında ise takımca belirlemeleri istenir. Bu tartışmadan sonra öğrencilere biyomimikri ve tasarım sürecinde kendilerine fayda sağlayacak anahtar kavramların tanımlarının yer aldığı bir mini sözlük (https://biomimicry.org/wp-content/uploads/2022/09/YDC-Definitions-and-Key-Terms-2022.pdf) dağıtılır. Takımların bu sözlükte yer alan kavramları tartışmaları istenir. Tartışmalarda takım üyeleri tartıştıkları kavramlara tik işareti koyarlar. Böylece öğrencilerin biyomimikri tasarım yaklaşımına yönelik kavramları tanımaları sağlanacaktır. Ayrıca bu tasarım yaklaşımına yönelik öğrencilerin aşinalık kazanmaları sağlanmaktadır.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

9-10.

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-2

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen tasarımlara örnekler verir.*
- *Doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen tasarımların hikayelerini ifade eder.*
- *İnsan yaşamında kullanılan nesneleri doğadaki benzerlikleri ile ilişkilendirir.*
- *Öğrendiği kavramları kullanarak özgün bir ürün ortaya koyar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Video,*
- *Akıllı Tahta.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- EK-2A: Cırt cırtın patent bilgisi
- EK-2B: Biyomimikri Anahtar Kavramları ve Tanımları Mini Sözlüğü

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

BİYOMİMİKRİ ÖĞRETİMİ-2

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasında tema olarak belirlenen biyomimikri tasarım yaklaşımı hakkında öğretime devam edilir. Öğrencilerin biyomimikri tasarımlarının tarihsel olarak bulunuş hikayelerini öğrenmeleri sağlanır. Biyomimikri kavramlarını kullanarak kompozisyon yazmaları sağlanır.

Ders Akışı:

5. Takım tartışmalarının sonunda tüm sınıf ile öğretmenin moderatörlüğünde tartışma yürütülerek öğrencilerin tahtada ve mini sözlükte yer alan kavramlar hakkında bilgilerinin arttırılması hedeflenmektedir. Öğretmen öğrencilere bu tartışmalarda neler öğrendiklerini sorar. Öğretmen yanlış bir ifade olmadığı sürece öğrencilerin bilgilerini rahatlıkla paylaşacakları bir ortam sağlar. Yanlış ifadeler olduğunda ise çeşitli sorular yönelterek takımların doğruyu bulmasında rehberlik eder. Tartışmanın sonunda ise öğretmen, takımlardan öğrenilen bu kavramları kullanarak bir kompozisyon yazmalarını ister. Böylece öğrencilerin öğrendikleri kavramları yapılandırarak yeni bir yerde kullanmaları kavramalarına imkan verecektir. Takımlarca yazılan kompozisyonlar diğer takımlara okunarak süreç tamamlanır. Bu kompozisyonlar kurumda yer alan edebiyat öğretmeni ile değerlendirecektir. Bu şekilde takımlardan en başarılı takım bir sonraki ders öğrencilere bildirilecektir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

11-12.

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-1

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlevi ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Göz bağı,*
- *Canlılara ait kalıntılar.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-3: Yapı ve İşlev Gözlem Formu*

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-1

Dersin Açıklaması:

Canlılarda yer alan yapılar, genellikle canlının doğada hayatta kalmasına ve gelişmesine yardımcı olan bazı işlevlere sahiptir. "Yapı ve İşlevi Keşfediyorum" adlı etkinlikte öğrenciler, canlılara ait yapıları inceleyerek onlara ait yapılardan işlevlerini bulacaklardır. Ardından, belirli bir işlevle başlayıp bu işlevi yerine getiren bir canlı tasarlayarak bir önceki aşamadaki düşüncelerini tersine çevireceklerdir. Son olarak, canlılara ait benzersiz olduğunu düşündükleri yapıları ve işlevleri tanımlayacaklardır. Bu amaç için bir canlıya ait yapıyı gözlemleyerek deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerini bir tasarıma uygulayacaklar ve biyomimikri tasarımcılarının bu organizmadan neler öğrenebileceklerini düşüneceklerdir.

Ders Akışı:

1. Yapının anlaşılabilmesi için etkinlik, öncelikle çeşitli nesnelerle başlatılır.
2. Takım üyeleri teker teker alınarak gözleri, göz bağı ile kapatılarak öğrencilere zarar vermeyecek çeşitli nesnelere dokunarak nesneler hakkında tanımlayıcı sıfatlar ve bu sıfatı neden kullandığına ilişkin açıklama yapmaları ve nesnenin ne olduğunun tahmin edilmesi istenir. Bu durum ile öğrencilerin canlı kalıntılarına ilişkin etkinlik ile ilgili aşinalık kazanmaları hedeflenmektedir.
3. Sınıfın önünde, gözleri bağlı öğrenciye görme ve tat alma dışındaki duyularını kullanarak kendisine verilen nesneyi incelemesi gerektiğini açıklanır. Öğrenci elindeki nesneyi incelerken; onun hakkında nesneyi tanımlayan sıfatları kullanarak ifade etmesi istenir (Örneğin, "bu kısım sivri, sert ya da yumuşak" vb.).
4. Takımlardan gelen üyelerin sırasıyla gözleri bağlanır ve onlara sınıftan bir nesne (Tahta kalemi, kurşun kalem, defter, pergel vb.) verilir. Öğrenciden kendisine verilen nesnelerin farklı bölümlerini tanımlaması istenir. Tanımlamada sıfatları kullanması gerektiği tekrar vurgulanır. Tanımlama sürecinde öğrencinin gözleri bağlı olduğu için öğrencinin elleri ilgili nesne üzerinde yönlendirilir. Ayrıca yanında gözü açık bir arkadaşının neler yapabileceğini göstermek için yanındaki arkadaşı gözü kapalı olan öğrenciye elindeki nesne hakkında sorular yöneltir. Gözü kapalı öğrenciden, elindeki nesnenin tanımladığı özelliklere neden sahip olduğu sorulur. Bu soruya alınan cevabın nesneye ait o kısmın olası bir işlevi tanımlayacağı vurgulanır.
5. Tüm öğrenciler etkinliği tamamlamasıyla etkinlik sonra erer.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

13-14.

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-2

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlevi ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Göz bağı,*
- *Canlılara ait kalıntılar.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-3: Yapı ve İşlev Gözlem Formu*

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-2

Dersin Açıklaması:

Canlılarda yer alan yapılar, genellikle canlının doğada hayatta kalmasına ve gelişmesine yardımcı olan bazı işlevlere sahiptir. "Yapı ve İşlevi Keşfediyorum" adlı etkinlikte öğrenciler, canlılara ait yapıları inceleyerek onlara ait yapılardan işlevlerini bulacaklardır. Ardından, belirli bir işlevle başlayıp bu işlevi yerine getiren bir canlı tasarlayarak bir önceki aşamadaki düşüncelerini tersine çevireceklerdir. Son olarak, canlılara ait benzersiz olduğunu düşündükleri yapıları ve işlevleri tanımlayacaklardır. Bu amaç için bir canlıya ait yapıyı gözlemleyerek deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerini bir tasarıma uygulayacaklar ve biyomimikri tasarımcılarının bu organizmadan neler öğrenebileceklerini düşüneceklerdir.

Ders Akışı:

1. Öğrencilerin takımlarından ikişerli gruplar oluşturması sağlanır. Her gruba bir göz bağı verilir. Her birinin mühendislik tasarım defterlerine kendilerine verilen gözlem tablosunu yapıştırmaları istenir.
2. Öğrencilere az önce anlatıldığı gibi grup arkadaşı ile canlılara ait yapıları inceleyerek keşifte bulunacakları söylenir. Bu yapıların bir zamanlar canlı olan bir varlığa ait olduğu vurgulanır.
3. Tanımlama görevinin en fazla 15 dakika içinde bitirilmesi gerektiği öğrencilere söylenir. Tanımlama görevi belirtilen sürede tamamlanamazsa ek olarak 5 dakika daha süre verileceği ifade edilmelidir. Tanımlama görevinde her bir öğrenciye 2 canlı ait yapı verilir.
4. Tanımlama görevini bitiren gözleri kapalı öğrenci aynı görevi grup arkadaşının yapması için ona yardımcı olur.
5. Gözleri açık olan öğrenci yanındaki gözleri bağlı arkadaşına öğretmen tarafından verilen gizemli bir canlı kalıntısını verecektir. Gözleri açık olan grup arkadaşı, gözleri bağlı olan arkadaşının güvenliğinden her zaman sorumlu olduğunu hatırlatılmalıdır.
6. Gözleri bağlı öğrenci, kendisine verilen bu canlı ait yapıyı görme ve tatma duyuları dışındaki diğer duyularıyla inceleyecek (dokunma, koklama, dinleme) ve onu tanımlayan sıfatları söyleyecektir (örneğin, yumuşak, kıvrımlı, sivri, çıkıntılı, kaygan vs.).
7. Gözleri açık olan öğrenci ise kendi mühendislik tasarım defterine arkadaşı tarafından söylenen organizmaya ait sıfat açıklamalarını gözlem bölümüne yazacaktır.
8. Gözleri açık olan öğrenci, gözleri kapalı olan öğrenciye elindeki canlı kalıntısını neden o sıfat ile tanımladığını soracaktır.
9. Grupların zamanında görevi tamamlamaları için öğretmen tarafından birkaç defa kalan zaman hakkında bilgi verilir.
10. Belirlenen sürenin sonunda grup arkadaşları rolleri değiştirir ve süreç tekrarlanır.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

13-14.

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-2

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlevi ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Göz bağı,*
- *Canlılara ait kalıntılar.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-3: Yapı ve İşlev Gözlem Formu*

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-2

Dersin Açıklaması:

Canlılarda yer alan yapılar, genellikle canlının doğada hayatta kalmasına ve gelişmesine yardımcı olan bazı işlevlere sahiptir. "Yapı ve İşlevi Keşfediyorum" adlı etkinlikte öğrenciler, canlılara ait yapıları inceleyerek onlara ait yapılardan işlevlerini bulacaklardır. Ardından, belirli bir işlevle başlayıp bu işlevi yerine getiren bir canlı tasarlayarak bir önceki aşamadaki düşüncelerini tersine çevireceklerdir. Son olarak, canlılara ait benzersiz olduğunu düşündükleri yapıları ve işlevleri tanımlayacaklardır. Bu amaç için bir canlıya ait yapıyı gözlemleyerek deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerini bir tasarıma uygulayacaklar ve biyomimikri tasarımcılarının bu organizmadan neler öğrenebileceklerini düşüneceklerdir.

Ders Akışı:

11. Etkinliğin ardından öğrencilerden bu deneyim üzerine düşünmelerini istenir. Gözlerinin bağlı olması onların yaptıkları gözlemleri nasıl etkilemiştir?
12. Bazı öğrencilerden neyi keşfettiklerini ve bunu tanımlayan sıfatı paylaşmalarını isteyiniz. Öğrencilere kendilerine etkinlik sırasında verilen gözlem tablosunda sıfat sütununun "bir özelliğin tanımı" olarak adlandırmaları istenir. Ardından öğrencilerden canlının neden bu özelliğe sahip olduğunu düşündüklerini paylaşmalarını istenir. "Neden" sütununa ise "özelliğin olası işlevi" olarak adlandırmalarını istenir.
13. Aşağıdaki tanım öğrencilere paylaşılır ve mühendislik tasarım defterlerine bu bilgilerin yazmaları istenir.

İşlev: Bir canlının ya da nesnenin yaptığı eylemdir. Biyomimikri'de işlev ise bir özelliğin bir organizma için ne yaptığını tanımlamak için kullanılır. İşlev, insan yapımı bir tasarımın amacını da tanımlayabilir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

15-16.

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-3

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlevi ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Akıllı Tahta,*
- *İşlev kartları,*
- *Bilgisayar.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-4: İşlev Kartları*

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-3

Dersin Açıklaması:

Canlılarda yer alan yapılar, genellikle canlının doğada hayatta kalmasına ve gelişmesine yardımcı olan bazı işlevlere sahiptir. "Yapı ve İşlevi Keşfediyorum" adlı etkinlikte öğrenciler, canlılara ait yapıları inceleyerek onlara ait yapılardan işlevlerini bulacaklardır. Ardından, belirli bir işlevle başlayıp bu işlevi yerine getiren bir canlı tasarlayarak bir önceki aşamadaki düşüncelerini tersine çevireceklerdir. Son olarak, canlılara ait benzersiz olduğunu düşündükleri yapıları ve işlevleri tanımlayacaklardır. Bu amaç için bir canlıya ait yapıyı gözlemleyerek deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerini bir tasarıma uygulayacaklar ve biyomimikri tasarımcılarının bu organizmadan neler öğrenebileceklerini düşüneceklerdir.

Ders Akışı:

1. Öğretmen öğrencileri selamlayarak önceki etkinlikte görme ve tatma duyusu olmadan diğer duyularla canlıların ve canlılara ait kısımların özelliklerin tanımlandığı ve bununla işlev hakkında bilgi edindikleri ifade eder. Bu etkinlikte ise sürecin tersine çevrileceği vurgulanır. Bu amaçla öğretmen, öğrencilere bir poşette yer alan işlev kartlarından seçeceklerini, seçtikleri işlev kartı ile bir hayvan tasarımı yapacaklarını ifade eder.
2. Bu özet bilgiden sonra öğretmen süreçte kullanacakları switchzoo.com adlı siteyi tanıtır. Nasıl kullanacağını açıklar.
3. Bu bilgilendirmenin ardından öğretmen, öğrencilere bir poşette yer alan işlev kartlarından rastgele birini seçmelerini ister. Tüm sınıfın işlev kartını seçmesinden sonra takımlar tahtaya çıkıp aldıkları işlev kartını okurlar.
4. Öğretmen, öğrencilerin seçtikleri kartta yazan işlev hakkında tasarım yapacakları hayvan hakkında bir hipotez kurmalarını ister. Hipotezin anlaşılması için öğretmen, öğrencilere kısa bir bilgilendirme yapar.
5. Hipotezlerini kuran öğrencilerden bireysel olarak önce Mühendislik Tasarım Defterlerine çizim yapmaları istenir. Öğrenciler, çizimlere öğretmenin onay vermesinin ardından switchzoo.com adlı siteden seçilen işleve ilişkin hayvanlarını tasarlarlar. Tasarlanan hayvanın öğretmen tarafından ekran görüntüsünün çıktısı alınarak Mühendislik tasarım Defterlerine yapıştırılmak üzere öğrencilere verilir.
6. Bireysel çalışmanın ardından öğrencilere takım arkadaşlarıyla birlikte çalışacakları ifade edilir. Her bir takım üyesinin seçtiği dört işlev yola çıkarak tasarlanacak hayvan hakkında bir takım hipotezi kurulur. Hipotezin yazımından sonra her bir takım üyesi işlevleri kullanarak bireysel olarak tasarlanacak hayvanı Mühendislik Tasarım Defterlerine çizerler. Ardından takımca tartışarak tasarımlarının son halini Mühendislik Tasarım Defterlerine çizerler.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

15-16.

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-3

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlevi ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Akıllı Tahta,*
- *İşlev kartları,*
- *Bilgisayar.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-4: İşlev Kartları*

Gerekli Süre:

- *2 ders saati (80 dk)*

Notlar:

YAPIYI KEŞFEDİYORUM-3

Dersin Açıklaması:

Canlılarda yer alan yapılar, genellikle canlının doğada hayatta kalmasına ve gelişmesine yardımcı olan bazı işlevlere sahiptir. "Yapı ve İşlevi Keşfediyorum" adlı etkinlikte öğrenciler, canlılara ait yapıları inceleyerek onlara ait yapılardan işlevlerini bulacaklardır. Ardından, belirli bir işlevle başlayıp bu işlevi yerine getiren bir canlı tasarlayarak bir önceki aşamadaki düşüncelerini tersine çevireceklerdir. Son olarak, canlılara ait benzersiz olduğunu düşündükleri yapıları ve işlevleri tanımlayacaklardır. Bu amaç için bir canlıya ait yapıyı gözlemleyerek deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerini bir tasarıma uygulayacaklar ve biyomimikri tasarımcılarının bu organizmadan neler öğrenebileceklerini düşüneceklerdir.

Ders Akışı:

7. Çizimlerinin bitmesi ve öğretmen onayının ardından switchzoo.com adlı siteden seçilen işlevlere ilişkin takım hayvanlarını tasarlarlar. bu tasarım sürecinin sonunda ise takımlar sırayla tahtaya çıkıp tasarımlarını sınıf arkadaşlarına sunarlar.
8. Sunumda takımların tanımladıkları biyolojik unsurun kartlardaki işlevleri nasıl karşıladığını açıklamasını istenir. Burada açıklamanın ayrıntı düzeyi ya da doğruluğundan ziyade önemli olan öğrencilerin gözlemlere dayanarak doğadaki işlev hakkında bir açıklama yapma becerilerini geliştirir. Bu nedenle öğrenciler, öğretmen tarafından gözlemlerini ve fikirlerini paylaşmaları için motive edilir.
9. Sürecin sonunda öğrencilere verilen etkinlik kağıdı ile etkinlik hakkında değerlendirme yapmaları istenir. Böylece etkinliğe son verilir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

17-20.

YAPI VE İŞLEV İLİŞKİSİ

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Makine*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Canlılardaki yapı ve işlev ilişkisini kavrar.*
- *Makinelerde de yapı ve işlev ilişkisi olduğunu ifade eder.*
- *Yapıyı açıklar.*
- *İşlevi açıklar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Akıllı Tahta,*
- *Video.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-5: Bisikletteki Yapı ve İşlevleri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

YAPI VE İŞLEV İLİŞKİSİ

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasına devam edilen bu derste öğrencilerin yapı ve işlev ilişkisinin sadece canlılarda olan bir durum olmadığını, bu ikilinin arasındaki ilişkinin makinelerde de kullanıldığını kavrayacaklardır.

Ders Akışı:

1. Öğretmen, öğrencileri selamlayarak derse başlar.
2. Öğretmen, öğrencilerin dikkatini çekmek için onlara "Okulumuzun hemen dışındaki doğanın tasarım şampiyonları kimlerdir?" şeklinde bir soru yöneltir. Tüm öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Sonrasında biyomimikri hakkındaki kısa video (2:03) öğrencilere izlettirilir (https://asknature.org/resource/what-is-biomimicry/).
3. Öğrencilerden izledikleri videodan neler fark ettikleri sorulur. Öğrencilerden gelen cevaplar alınır. Öğretmen öğrencilere" Geçen ders yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfederek öğrenmeye başlamıştık bugün yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi daha ayrıntılı öğreneceğiz. Bu ilişkiyi öğrenmeniz siz genç mühendislerin tasarım yapmanızda çok işinize yarayacak." diye seslenerek onları motive eder.
4. Öğretmen soru ile derse başlar: "Geçen derste de konuşmuştuk sizce biyolojide yapı ve işlev nedir?". Öğrencilerden gelen cevaplar öğretmen tarafından dikkatlice dinlenir. Bu cevaplardan sonra öğretmen PowerPoint sunusunda öğrencilere insan akciğerlerinin şekillerini içeren fotoğraflar gösterir. Her bir fotoğrafta "Sizce bu akciğerin şekli nasıldır?" şeklinde soru yöneltir. Cevapların ardından ise "Sizce akciğerlerimizin görevi nedir?" diye soru sorar. Sınıfta kısa süreli tartışma ortamı oluşturularak öğrencilerin yapı (şekil) ile işlevi (görev ya da yapılan iş) kendilerinin bulmasına imkan verilir. Tartışmanın ardından öğretmen, öğrencilere yapı ve işlevin ne olduğunu tekrar sorar. Onlardan gelen yanıtları dinler ve sözlü olarak olumlu pekiştireçler verir. Öğretmen biyolojik anlamda yapıyı, biyolojik olarak canlının şekli ile tanımlar. Benzer şekilde biyolojik işlevi ise o yapının yaptığı iş ya da görev ile ilgili olduğunu ifade eder. Öğretmen bu iki kavramın birbiriyle ilişkili olduğunu öğrencilere söyler.
5. Öğretmen, öğrencilere "Canlıların en küçük yapı taşı nedir?" şeklinde soru yöneltir. Öğrencilerden gelen cevaplar alınır.(Bazen hücre kavramını öğrenmemiş öğrenciler bu sorunun cevabına atom diyebilirler. Bu durumda öğretmen, tüm canlıların da diğer maddeler gibi atomlardan oluştuğunu söyler. Ancak atomik düzeye inildiğinde canlılık faaliyetlerinin olmadığı öğrencilere belirtilir. Canlılık için beslenme, solunum, hareket gibi canlıları maddeden ayırt etmemizi sağlayan faaliyetler olarak vurgulanır.)

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

17-20.

YAPI VE İŞLEV İLİŞKİSİ

Anahtar Kavramlar:

- *Yapı*
- *İşlev*
- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfeder.*
- *Yapılardan işlev ve işlevlerden yapıyı bulur.*
- *Daha önce yapılmış tasarımlardan yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi bulur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Akıllı Tahta,*
- *İşlev kartları.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-5: Bisikletteki Yapı ve İşlevleri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

YAPI VE İŞLEV İLİŞKİSİ

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasına devam edilen bu derste öğrencilerin yapı ve işlev ilişkisinin sadece canlılarda olan bir durum olmadığını, bu ikilinin arasındaki ilişkinin makinelerde de kullanıldığını kavrayacaklardır.

Ders Akışı:

6. Öğrencilere doğru cevabın hücre olduğu ifade edilir ve PowerPoint sunusunda bitki ve hayvan hücrelerine ait mikroskop görüntüleri gösterilir. Öğretmen, öğrencilere bitki ve hayvan hücresinin yapı ve işlevinin ne olduğunu sorar. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir.

7. Öğretmen "Yetişkin sağlıklı bir insanda kaç tane diş vardır?" şeklinde soru yöneltir. Öğretmen gelen cevaplardan sonra öğrencilere "Peki diş türleri nelerdir?" şeklinde yeni bir soru daha yöneltir. Cevaplardan sonra PowerPoint sunusunda dişlerin yapısı öğrencilere gösterilir. "Dişlerimizin yapısı ve işlevi nedir?" şeklinde bir başka soru yöneltir. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Öğrencilerden gelen cevaplar toparlanarak yapı ve işlev ilişkisinin sadece biyolojide olmadığı diğer bilimsel disiplinlerde de olduğu vurgulanır. Ayrıca mühendislik alanında da tasarımların oluşturulmasında sıklıkla kullanıldığı vurgulanır. Öğrencilerin günlük hayatlarında sıklıkla kullandıkları bileşik makinelerde de yapı ve işlev ilişkisini görmelerini sağlamak amacıyla "bisikletteki yapı ve işlevi keşfediyorum" adlı etkinlik yapılır.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

21-24.

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimikrinin temel bileşenlerini açıklar.*
- *Tasarımcıların doğadan ilham alarak nasıl tasarım yaptıklarını ifade eder.*
- *AskNature internet sitesini kullanır.*
- *Biyomimikri Tasarım Tablosunu doldurur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Biyomimikri tasarım tablosu*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-2B: Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Ek-6: AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Dersin Açıklaması:

Öğrenciler hazırlık aşamasının bu bölümünde Biyomimikri'nin temel bileşenlerini ve tasarımcıların doğadan nasıl ilham alarak öğrendiklerini keşfedeceklerdir. Bunun için öncelikle AskNature adlı internet sitesi tanıtılacaktır. Site hakkında öğrencilerin alışkanlık kazanmaları için "AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinlik yapılacaktır. Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin AskNature internet sitesinin neler sunabileceğini keşfederek nasıl kullanılacağını öğrenmelerini sağlamaktır. AskNature, biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesidir. Öğrenciler, doğadan ilham alarak insanların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri nasıl bulacaklarını öğreneceklerdir. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yeni tasarımlar için ilham bulmak veya başarılı biyomimikri buluşları hakkında bilgi edinmek için bu internet sitesinde biyolojik strateji veya tasarım inovasyonları (yenilikler) hakkında arama yapabilirler.

Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derste öğrenciler bireysel olarak veya takımlar halinde çalışarak AskNature Biyolojik Strateji internet sitesini analiz edecek ve biyomimikri tasarım tablosunu tasarımlarını tanımlamak için uygulama yaparak öğreneceklerdir. Biyomimikri tasarım süreci, tasarımcıların hem biyoloji hem de tasarım dilini rahatlıkla kullanabilmelerini gerektirir. Biyomimikri tasarımcıları, tasarım problemlerindeki işlevleri tanımlayabilmelidirler. Daha sonra doğanın aynı işlevleri nasıl ele aldığına bakarak ilham alabilirler. Bu şekilde tasarımlarını yapabileceklerdir.

Ders Akışı:

1. Öğretmen öğrencileri selamlar ve bugün tasarımcıların doğadan nasıl ilham alarak tasarımlarını yaptıklarını öğreneceklerini ifade eder.
2. İlk olarak biyomimikri tasarım yaklaşımını kullanan mühendis ve tasarımcıların sıklıkla kullandıkları AskNature adlı internet sitesini tanıyacaklarını ifade eder. Bunun için öğrencilerin bilgisayarlarının başına geçerek www.asknature.org adresine girmeleri istenir.
3. Öğretmen de aynı internet adresini akıllı tahtadan açarak adım adım öğrencilere internet sitesinin kullanımı hakkında bilgilendirme yapar.
4. Ek-6'da verilen "AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinlik kağıdı öğrencilere dağıtılır ve öğrencilerin belirtilen adımları gerçekleştirmeleri sağlanır. Öğrencilerin internet sitesi hakkında problemleri olması halinde öğretmen, problemlerinin çözümünde onlara rehberlik yapar.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

21-24.

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimikrinin temel bileşenlerini açıklar.*
- *Tasarımcıların doğadan ilham alarak nasıl tasarım yaptıklarını ifade eder.*
- *AskNature internet sitesini kullanır.*
- *Biyomimikri Tasarım Tablosunu doldurur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Biyomimikri tasarım tablosu*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-2B: Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Ek-6: AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Dersin Açıklaması:

Öğrenciler hazırlık aşamasının bu bölümünde Biyomimikri'nin temel bileşenlerini ve tasarımcıların doğadan nasıl ilham alarak öğrendiklerini keşfedeceklerdir. Bunun için öncelikle AskNature adlı internet sitesi tanıtılacaktır. Site hakkında öğrencilerin alışkanlık kazanmaları için "AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinlik yapılacaktır. Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin AskNature internet sitesinin neler sunabileceğini keşfederek nasıl kullanılacağını öğrenmelerini sağlamaktır. AskNature, biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesidir. Öğrenciler, doğadan ilham alarak insanların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri nasıl bulacaklarını öğreneceklerdir. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yeni tasarımlar için ilham bulmak veya başarılı biyomimikri buluşları hakkında bilgi edinmek için bu internet sitesinde biyolojik strateji veya tasarım inovasyonları (yenilikler) hakkında arama yapabilirler.

Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derste öğrenciler bireysel olarak veya takımlar halinde çalışarak AskNature Biyolojik Strateji internet sitesini analiz edecek ve biyomimikri tasarım tablosunu tasarımlarını tanımlamak için uygulama yaparak öğreneceklerdir. Biyomimikri tasarım süreci, tasarımcıların hem biyoloji hem de tasarım dilini rahatlıkla kullanabilmelerini gerektirir. Biyomimikri tasarımcıları, tasarım problemlerindeki işlevleri tanımlayabilmelidirler. Daha sonra doğanın aynı işlevleri nasıl ele aldığına bakarak ilham alabilirler. Bu şekilde tasarımlarını yapabileceklerdir.

Ders Akışı:

6. AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinliğin ardından öğretmen, öğrencilere tasarımlarında yardımcı olacak biyomimikri tasarım tablosunu tanıtır. Öğretmen, öğrencilerin Mavi Balinalara ait biyolojik stratejinin yer aldığı Hairlike Fringe Filters Food – Biological Strategy – AskNature internet sayfasını açmalarını ve sayfanın içeriğini okumalarını ister.
7. Öğrencilere aşağıdaki sorular sorulur ve fikirlerini takım arkadaşları ile tartışarak mühendislik tasarım defterine yazmaları istenir.
8. Takım tartışmaları bittikten sonra sınıfta tartışma yürütmek için yukarıdaki Biyomimikri Tasarım Tablosu tahtaya çizilir ve öğrencilerden aynı tablonun mühendislik tasarım defterlerine çizmeleri istenir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

21-24.

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimikrinin temel bileşenlerini açıklar.*
- *Tasarımcıların doğadan ilham alarak nasıl tasarım yaptıklarını ifade eder.*
- *AskNature internet sitesini kullanır.*
- *Biyomimikri Tasarım Tablosunu doldurur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Biyomimikri tasarım tablosu*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-2B: Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Ek-6: AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Dersin Açıklaması:

Öğrenciler hazırlık aşamasının bu bölümünde Biyomimikri'nin temel bileşenlerini ve tasarımcıların doğadan nasıl ilham alarak öğrendiklerini keşfedeceklerdir. Bunun için öncelikle AskNature adlı internet sitesi tanıtılacaktır. Site hakkında öğrencilerin alışkanlık kazanmaları için "AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinlik yapılacaktır. Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin AskNature internet sitesinin neler sunabileceğini keşfederek nasıl kullanılacağını öğrenmelerini sağlamaktır. AskNature, biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesidir. Öğrenciler, doğadan ilham alarak insanların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri nasıl bulacaklarını öğreneceklerdir. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yeni tasarımlar için ilham bulmak veya başarılı biyomimikri buluşları hakkında bilgi edinmek için bu internet sitesinde biyolojik strateji veya tasarım inovasyonları (yenilikler) hakkında arama yapabilirler.

Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derste öğrenciler bireysel olarak veya takımlar halinde çalışarak AskNature Biyolojik Strateji internet sitesini analiz edecek ve biyomimikri tasarım tablosunu tasarımlarını tanımlamak için uygulama yaparak öğreneceklerdir. Biyomimikri tasarım süreci, tasarımcıların hem biyoloji hem de tasarım dilini rahatlıkla kullanabilmelerini gerektirir. Biyomimikri tasarımcıları, tasarım problemlerindeki işlevleri tanımlayabilmelidirler. Daha sonra doğanın aynı işlevleri nasıl ele aldığına bakarak ilham alabilirler. Bu şekilde tasarımlarını yapabileceklerdir.

Ders Akışı:

9. Biyomimikri Tanımları ve Anahtar Kavramlar sözlüğü, her bir öğrenciye dağıtılır. Biyomimikri tasarım yaklaşımının tanımlarını belirlemek için sözlük kullanarak tablo sınıfla birlikte doldurulur. Öğrencilerin hali hazırda bildikleri kavramlar gözden geçirilir (canlı, ekosistem, yapı, işlev vs.). Yeni karşılaştıkları kavramlar üzerinde durularak tartışılır. Mavi Balina ile ilgili tasarım için tablo sınıfça tartışılarak aşağıdaki gibi doldurulur.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

21-24.

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimikrinin temel bileşenlerini açıklar.*
- *Tasarımcıların doğadan ilham alarak nasıl tasarım yaptıklarını ifade eder.*
- *AskNature internet sitesini kullanır.*
- *Biyomimikri Tasarım Tablosunu doldurur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Biyomimikri tasarım tablosu*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *EK-2B: Tanımlar ve anahtar kavramlar sözlüğü*
- *Ek-6: AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum Etkinliği*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Dersin Açıklaması:

Öğrenciler hazırlık aşamasının bu bölümünde Biyomimikri'nin temel bileşenlerini ve tasarımcıların doğadan nasıl ilham alarak öğrendiklerini keşfedeceklerdir. Bunun için öncelikle AskNature adlı internet sitesi tanıtılacaktır. Site hakkında öğrencilerin alışkanlık kazanmaları için "AskNature ile Biyolojik Stratejileri Keşfediyorum" adlı etkinlik yapılacaktır. Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin AskNature internet sitesinin neler sunabileceğini keşfederek nasıl kullanılacağını öğrenmelerini sağlamaktır. AskNature, biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesidir. Öğrenciler, doğadan ilham alarak insanların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri nasıl bulacaklarını öğreneceklerdir. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yeni tasarımlar için ilham bulmak veya başarılı biyomimikri buluşları hakkında bilgi edinmek için bu internet sitesinde biyolojik strateji veya tasarım inovasyonları (yenilikler) hakkında arama yapabilirler.

Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derste öğrenciler bireysel olarak veya takımlar halinde çalışarak AskNature Biyolojik Strateji internet sitesini analiz edecek ve biyomimikri tasarım tablosunu tasarımlarını tanımlamak için uygulama yaparak öğreneceklerdir. Biyomimikri tasarım süreci, tasarımcıların hem biyoloji hem de tasarım dilini rahatlıkla kullanabilmelerini gerektirir. Biyomimikri tasarımcıları, tasarım problemlerindeki işlevleri tanımlayabilmelidirler. Daha sonra doğanın aynı işlevleri nasıl ele aldığına bakarak ilham alabilirler. Bu şekilde tasarımlarını yapabileceklerdir.

Ders Akışı:

10. Öğrenciler Mavi Balinalar için olduğu gibi bir İnovasyon bölümü olmadığını fark edeceklerdir. Öğrencilerden Çöl Tavşanı kulaklarının soğutma işlevini kullanarak çözebilecekleri problemler hakkında düşünmelerini ve aynı işlevi kullanan bir insan tasarımı uygulaması için fikir üretmelerini isteyiniz.

11. Öğrencilerden AskNature internet sitesinin ana sayfasına gitmelerini isteyiniz. Bu web sitesinde 1.700'den fazla biyolojik stratejinin ve 200'e yakın teknolojik yeniliğin anlatıldığını ve bunların hepsinin işlevlerine göre düzenlendiğini açıklayınız. Alıştırma yaptıkları anahtar terimler web sitesindeki içeriği anlamalarına yardımcı olacaktır.

13. Öğrencilerin bireysel olarak başka bir biyolojik strateji sayfası seçmelerini ve benzer bir tabloyu oluşturarak mühendislik tasarım defterlerine yazmalarını isteyiniz.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

25-28.

BİYOMİMETİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimetik tasarım sürecini tanımlar.*
- *Biyomimetik tasarım sürecinin basamaklarını ifade eder.*
- *Yaşam ilkelerini ifade eder.*
- *Yaşam İlkelerinin biyomimetik tasarım sürecindeki önemini fark eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler.*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

BİYOMİMETİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasının gerçekleştirildiği bu derslerde öğretmen, öğrencilere Biyomimetik Tasarım Süreci'nin işleyişi hakkında genel bilgilendirme yapar. Öğrenciler biyomimetik tasarım sürecini tanımlarlar. Yaşam ilkelerini açıklarlar.

Ders Akışı:

1. Öğretmen, yapı ve işlevi keşfediyorum etkinliklerine dair hatırlatma ile derse başlar. Biyomimikrinin doğayı derinlemesine gözlemlemeye, özellikle de bir organizmanın sahip olduğu bir özelliği, bu özelliğin işlevini veya amacını ve bu işlevi yerine getirmek için biyolojik stratejileri nasıl tasarım stratejilerine uyarlandığını keşfetmeye dayandığı belirtilir.
2. Öğrencilere biyomimikri kullanarak bir tasarım sorununa yaklaşmanın çeşitli yolları olduğunu ve bugünkü derslerde Biyomimetik Tasarım Süreci hakkında bilgi edineceklerini ifade edilir. Öğrencilere Biyomimetik Tasarım Süreci basamakları ifade edilir.

Aşağıda belirtilen Biyomimetik Tasarım Süreç Basamağı genel olarak açıklanır ve ilerleyen bölümlerde öğrenciler problemlerinin çözümüne tasarlayacakları çözüm önerileri sunarken bu basamakları uygulayarak öğreneceklerdir. Süreçteki basamaklar şunlardır: Tanımlama, Biyolojikleştirme, Keşfetme, Soyutlama, Taklit Etme ve Değerlendirmedir.

Tanımlama: Öğrencilerin bu adımı, üzerinde çalıştıkları problemi ve bunun belirli bir tema ile nasıl uyumlu olduğunu tanımladıkları basamaktır. Bu basamağı Mühendislik Tasarım Süreci'nde de uygulayacakları öğrencilere iletilir.

Biyolojikleştirme: "Biyolojikleştirme" bir tasarım problemini biyolojik terimlerle veya dile açıklama sürecine verilen bir isimdir. Tanımlama aşamasında tanımlanan ihtiyaçlar veya yapılması gerekenleri biyolojik dile çevirerek cevaplarını daha kolay bulmalarına imkan sağlayacaktır. Bunun için "Doğa/doğada nasıl...?" şeklinde sorularla problemin biyolojikleştirilmesi sağlanacaktır.

Keşfetme: Bu aşamada öğrenciler, probleme yönelik tasarladıkları çözüm için gereken kriterleri ve sınırlılıkları tanımlarken ortaya konan aynı işlevleri yerine getirmesi gereken biyolojik modelleri (organizmalar ve içinde yaşadıkları ekosistemlerden) arayacaklardır. Dışarıda zaman geçirmek, öğrencilerin hayatta kalmalarını ve başarılarını destekleyen organizmalarda kullanılan stratejileri belirlemelerine yardımcı olacaktır.

Soyutlama: Bir şeyi soyutlamak, onun kavramsal bir modelini yapmak anlamına gelmektedir. Önce tasarım problemimizi doğaya sorabileceğimiz bir dile çevireceğiz diğer bir deyişle biyolojikleştireceğiz, sonra da bu biyolojik kavramı tersine çevirerek tekrar tasarım diline çevireceğiz. Buna soyutlama denir.

HAZIRLIK AŞAMASI

DERS:

25-28.

BİYOMİMETİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyomimetik tasarım sürecini tanımlar.*
- *Temel Yaşam İlkelerinin biyomimetik tasarım sürecindeki önemini fark eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler.*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

BİYOMİMETİK TASARIM SÜRECİNİN TANITIMI

Dersin Açıklaması:

Hazırlık aşamasının gerçekleştirildiği son iki derste öğretmen, öğrencilere Biyomimetik Tasarım Süreci'nin işleyişi hakkında genel bilgilendirme yapar. Öğrenciler biyomimetik tasarım sürecini tanımlarlar.

Ders Akışı:

Taklit Etme: Doğadan ilham alarak problemimize ürettiğimiz çözümüm yarattığımız basamaktır. Canlının ilgili işlevinin alınarak problemin çözümüne katkıda bulunduğumuz basamaktır.

Değerlendirme: Doğadan esinlenerek problem durumumuza yarattığımız çözüm ile tasarım kriterlerini ve sınırlılıkları ne düzeyde başarılı bir şekilde karşıladığımızı analiz ettiğimiz yerdir.

3. Yaşam ilkelerine değinilir. Yaşam ilkelerinin öneminden, doğaya yönelik yararlarından ve biyomimetik tasarım sürecine katkılarından bahsedilir.

3. Öğretmen yaşam ilkelerini açıkladıktan sonra öğrencilerin bu ilkeleri açıklamalarını ister. Son olarak öğrencilerden gelen soruları yanıtlayarak hazırlık aşamasına son verilir.

TANIMLAMA AŞAMASI-I

DERS:

29-32.

TASARIM PROBLEMİNİN TANIMLANMASI

Anahtar Kavramlar:

- *Biyomimikri*
- *Biyomimetik Tasarım*
- *Tasarım Problemi*
- *Tanımlama*
- *Denizaltı*

Öğrenme Çıktıları:

- *Tasarım problemini tanımlar.*
- *Tasarım problemine ait kriterleri ve kısıtlamaları belirler.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-7A: Denizaltı Keşif Aracı Tasarım Görevi*
- EK-7B: *Problemin Tanımlanması Etkinlik Kâğıdı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

PROBLEMİN TANIMLANMASI

Dersin Açıklaması:

Bu derslerde öğrenciler, kendilerine sunulan tasarım problemini tanımlamaya çalışırlar. Bu aşamada öğrenciler, mühendisliğe ilk adımı atarak mühendislik tasarım sürecine giriş yapacaklardır. Tasarım problemi, öğrencilere dağıtılır. Bir mühendis gibi davranarak problemi bireysel olarak okuyup düşünmeleri sağlanır. Bireysel okumaların ardından öğrenciler, takım arkadaşları ile tasarım problemini tartışırlar. Problem hakkında kendilerine yöneltilen soruları önce bireysel olarak sonrasında takımca cevaplamaları istenir. Böylece öğrencilerin probleme ilişkin gerekli kriterleri ve kısıtlamaları belirlemelerine imkân verilir. Süreçte gerçekleştirdikleri kendi yanıtlarını yeşil kalem, takım cevaplarını ise kırmızı kalem ile yazarlar.

Ders Akışı:

1. Bu derslerde öğrenciler, bir mühendis gibi kendilerine sunulan tasarım problemini anlamaya ve tanımlamaya çalışırlar. Öğrencilere, "Denizaltı Keşif Aracı Tasarım Görevi" dağıtılır. Öğrencilerden tasarım problemini bireysel olarak okuyup anlamaları istenir. Ardından takım üyeleriyle tartışarak kriterleri ve sınırlılıkları belirlemeleri ve anlamaları istenir. Tasarım probleminin anlaşılıp anlaşılmadığının belirlenmesi için ek-7'de belirtilen Problemin Tanımlanması Etkinlik Kâğıdını önce bireysel olarak; ardından takımca doldurmaları istenir. Öğrencilerin tasarım problemine ilişkin kriter ve kısıtlamaları belirlemeleri sağlanır.

ÖĞRENME AŞAMASI-I

DERS:

33-36.

YOĞUNLUĞU ÖĞRENİYORUM

Anahtar Kavramlar:

- *Kütle*
- *Hacim*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yoğunluğu tanımlar.*
- *Yoğunluğun madde için ayırt edici bir özellik olduğu vurgulanır.*
- *Yoğunluk birimi olarak g/cm3 kullanılır.*
- *Tasarladığı deneyler sonucunda çeşitli maddelerin yoğunluklarını hesaplar.*
- *Birbiri içinde çözünmeyen sıvıların yoğunluklarını deney yaparak karşılaştırır.*
- *Suyun katı ve sıvı hâllerine ait yoğunlukları karşılaştırarak bu durumun canlılar için önemini tartışır.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *14 adet farklı madde/cisim,*
- *4 adet balon,*
- *4 adet plastik kap, dereceli silindir kaplar,*
- *Bir miktar ip ve su,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-8A: Kütleyi Ölçüyorum Etkinlik Kağıdı*
- *Ek-8B: Hacmi Ölçüyorum Etkinlik Kağıdı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KÜTLEYİ VE HACMİ ÖLÇÜYORUM

Dersin Açıklaması:

Bu aşamada özel yetenekli öğrenciler, denizaltı araçların çalışma prensibini etkileyen değişkenlerden biri olan yoğunluğu hesaplamak için kütleyi ve hacmi deneyler yaparak ölçeceklerdir.

Ders Akışı:

1. Öğrenciler selamlandıktan sonra; öğretmen, öğrencilere, "Mühendisler tasarım yapmadan önce tasarlayacakları ürün ile ilgili eksik bilgilerini öğrenip tamamlarlar. Bu şekilde tasarımlarını tasarlamaya başlarlar. Siz genç mühendisler de bugün denizaltı tasarımınız için gerekli olan bilgileri öğreneceksiniz." şeklinde seslenir. Öğretmen öğrencilere, tasarlayacakları denizaltının çalışma prensibini sorar. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Öğretmen, gelen cevaplar doğrultusunda denizaltıların çalışma prensibinin yoğunluğa bağlı olduğunu ifade eder. Öğretmen, öğrencilere "Bugün sizlerle yoğunluğa giriş yapacağız." şeklinde hitap eder.
2. "Madde nedir?" diyerek öğretmen öğrenme sürecini başlatır. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Gelen cevaplar dinlendikten sonra öğretmen "Kütlesi, hacmi ve eylemsizliği olan şeylere madde denir." diyerek maddeyi tanımlar. Eylemsizlik öğrencilere kısaca ifade edilir. Ayrıntıya girilmez. Ardından kütlenin tanımı öğrencilere sorulur. Öğrencilerden gelen cevaplarda ağırlık kavramı da olabilir. Bu kavrama yönelik açıklama tüm öğrencilerin cevaplarının alınmasından sonra yapılmalıdır. Öğrencilerden gelen cevaplar doğrultusunda kütle tanımlanır. Ağırlıktan farklı bir kavram olduğu vurgulanır. Kütlenin biriminin gram ya da kilogram olduğu ifade edilir. Kütlenin eşit kollu teraziler ile veya hassas teraziler ile ölçüldüğü vurgulanır.
3. Öğrencilerle kütleyi ölçüyorum etkinliği gerçekleştirilir. Bu etkinliğin amacı, öğrencilere verilen bazı katı, sıvı ve gaz maddelerin kütlelerini ölçmelerini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda takımlara 14 adet farklı madde/cisim ve 1 balon verilir. Ayrıca kütlenin ölçülebilmesi için her bir takıma birer adet hassas terazi verilir. Takımlardaki üyeler birlikte ölçümlerini gerçekleştirirler. Bu ölçümlerini kendilerine sunulan etkinlik kağıdına yazıp maddelerin kütlelerine ait sütun grafiği oluşturmaları istenir.

ÖĞRENME AŞAMASI-1

DERS:

33-36.

YOĞUNLUĞU ÖĞRENİYORUM

Anahtar Kavramlar:

- *Kütle*
- *Hacim*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yoğunluğu tanımlar.*
- *Yoğunluğun madde için ayırt edici bir özellik olduğu vurgulanır.*
- *Yoğunluk birimi olarak g/cm3 kullanılır.*
- *Tasarladığı deneyler sonucunda çeşitli maddelerin yoğunluklarını hesaplar.*
- *Birbiri içinde çözünmeyen sıvıların yoğunluklarını deney yaparak karşılaştırır.*
- *Suyun katı ve sıvı hâllerine ait yoğunlukları karşılaştırarak bu durumun canlılar için önemini tartışır.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *14 adet farklı madde/cisim,*
- *4 adet balon,*
- *4 adet plastik kap, dereceli silindir kaplar,*
- *Bir miktar ip ve su,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-8A: Kütleyi Ölçüyorum Etkinlik Kağıdı*
- *Ek-8B: Hacmi Ölçüyorum Etkinlik Kağıdı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KÜTLEYİ VE HACMİ ÖLÇÜYORUM

Dersin Açıklaması:

Bu aşamada özel yetenekli öğrenciler, denizaltı araçların çalışma prensibini etkileyen değişkenlerden biri olan yoğunluğu hesaplamak için kütleyi ve hacmi deneyler yaparak ölçeceklerdir.

Ders Akışı:

4. Kütleyi ölçüyorum etkinliğinin ardından öğrencilere hacmin tanımı sorulur. Öğrencilerden gelen cevaplar doğrultusunda hacim tanımlanır. Hacmin biriminin cm3 olduğu vurgulanır. Hacmin maddenin haline göre ölçümlerinin farklılık gösterdiği ifade edilir. Düzgün şekle sahip katılarda (küp, dikdörtgenler prizması vb.) hacmin cismin eni, boyu ve yüksekliğinin çarpımı ile bulunduğu vurgulanır. Düzgün şekilli olmayan katılar için herhangi bir bilgi paylaşılmaz. Bunun nedeni etkinlik sırasında öğrencilerin bu maddelerin hacmini keşfederek bulmalarını sağlamaktır. Sıvılardaki hacmin ölçülmesinde ise dereceli silindir kaplardan yararlanıldığı ifade edilir. Gazlarda ise hacmi ölçülecek olan gaz bir hortum vasıtasıyla içi su dolu ters çevrilmiş dereceli silindir kaba aktarılır. Gaz tüpün içine doldukça tüpteki suyun yerini alır ve su seviyesi azalır. Azalan sıvının hacmi, gazın hacmi kadardır.

5. Hacmin daha iyi kavranması için maddelerin hacmini ölçüyorum adlı etkinlik gerçekleştirilir. Bu etkinliğin amacı, öğrencilere verilen bazı maddelerin hacimlerini ölçmelerini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda takımlara 14 adet farklı madde/cisim, 1 adet balon, 1 adet lastik hortum, 1 adet küçük plastik kap ve yeteri kadar ip verilir. Takımlardaki üyelerin her biri maddelerin hacimlerini ölçerler. Bu ölçümlerini kendilerine sunulan etkinlik kağıdına yazıp sütun grafiği oluşturmaları istenerek ders sonlandırılır.

ÖĞRENME AŞAMASI-I

DERS:

37-40.

YOĞUNLUĞU ÖĞRENİYORUM

Anahtar Kavramlar:

- *Kütle*
- *Hacim*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*

Öğrenme Çıktıları:

- *Yoğunluğu tanımlar.*
- *Yoğunluğun madde için ayırt edici bir özellik olduğu vurgulanır.*
- *Yoğunluk birimi olarak g/cm3 kullanılır.*
- *Tasarladığı deneyler sonucunda çeşitli maddelerin yoğunluklarını hesaplar.*
- *Birbiri içinde çözünmeyen sıvıların yoğunluklarını deney yaparak karşılaştırır.*
- *Suyun katı ve sıvı hâllerine ait yoğunlukları karşılaştırarak bu durumun canlılar için önemini tartışır.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-9A: Yoğunluğu Hesaplıyorum Etkinlik Kağıdı*
- *Ek-9B: Etkinlik Sonu Soruları*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

YOĞUNLUĞU HESAPLIYORUM

Dersin Açıklaması:

Öğrenme aşamasının bu bölümünde özel yetenekli öğrenciler, denizaltı araçların çalışma prensibini etkileyen değişkenlerden biri olan yoğunluğu hesaplamayı ve yoğunluğun maddeler üzerinde etkisini öğreneceklerdir.

Ders Akışı:

1. Öğrenciler selamlandıktan sonra önceki derslerde kütle ve hacim kavramları hakkında etkinlikler yapıldığı söylenir. Öğrencilere kütle ve hacmi yeniden kendilerinin tanımlamaları istenir. Öğrencilerden gelen cevaplar dinlenir. Ardından öğretmen, öğrencilere "Bugün ise kütle ve hacmi kullanarak yoğunluk kavramını ve hesaplanmasını öğreneceğiz." der.
2. Yoğunluk, maddenin ayırt edici özelliğidir. Her maddenin yoğunluğu birbirinden farklılık gösterir. Bu yolla da maddeleri birbirinden ayırt etmemizi sağlar. Yoğunluk birim hacimde yer alan madde miktarıdır. Verilen bu tanımlamadan sonra öğrencilere yoğunluğun nasıl hesaplanacağı ifade edilir.
3. Yoğunluğun hesaplanmasının kavranması için yoğunluğu hesaplıyorum adlı etkinlik yapılır. Öğrencilere önceki derslerde yaptıkları ölçümleri kullanarak maddelerin/cisimlerin yoğunluklarını hesaplamaları, bu ölçümlerden oluşan kütle - hacim grafiği çizmeleri ve etkinlik sonu sorularını yanıtlamaları istenir.
4. Etkinliğin ardından derslere son verilir.

PLANLAMA AŞAMASI-1

DERS:

41-44.

TASARIM ZORLUĞU

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Tasarım zorluğu*

Öğrenme Çıktıları:

- *Denizaltı keşif aracı tasarım problemini çözmek için gereken başarı kriterlerini ve kısıtlamalarını belirler.*
- *Denizaltı keşif aracı tasarım problemini çözmek için biyomimikri tasarım basamaklarını kullanır.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10A: Tasarım Zorluğunu Tanımlama Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10B: Tasarım Problemini Biyolojikleştirme Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIM ZORLUĞUNU BELİRLEME VE BİYOLOJİKLEŞTİRME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:
Planlama aşamasının ilk bölümünde, özel yetenekli öğrenciler önceki aşamada öğrendikleri yoğunluk kavramını kullanarak denizaltı araç tasarımı problemini çözmek için tasarım planını hazırlayacaklardır. Bu amaçla tasarım zorluğu belirlenir. Tasarım zorluğu biyolojikleştirilir. Tasarım planının hazırlanmasında biyomimikri tasarım basamağı kullanılır.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler, derse girişte selamlanır. Öğrencilere biyomimikri tasarım yaklaşımını kullanarak tasarım problemlerini çözmenin pek çok yolu olduğunu ve bugün biyomimetik tasarım sürecini kullanarak tasarım yapmaya başlayacakları söylenir. Bu basamakların tanımlama, biyolojikleştirme, keşfetme, soyutlama, taklit etme ve değerlendirme olduğu vurgulanır. Öğretmen, bu basamaklardan tanımlama basamağını daha önce tartıştıklarını öğrencilere iletir. Planlama aşamasındayken biyolojikleştirme, keşfetme, soyutlama, taklit etme ve ön değerlendirme basamaklarını kullanacaklarını öğrencilere iletir.
2. Özel yetenekli öğrencilerin denizaltı aracı tasarım problemini hatırlamaları sağlanır. Hatırlatıldıktan sonra tasarım problemini doğadan ilham alarak çözmeye çalıştıkları tasarım zorluğunun sorularla ortaya konması gerektiği ifade edilir. Bunun için zorluğu tanımlama adlı etkinlik yapılır. Bu etkinlikteki amaç öğrencilerin tasarım yaparken doğru soruları sormalarını sağlamak ve tasarımlarının yapması gereken işlevleri biyolojik terimleri kullanarak yeniden ortaya koymalarını sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda özel yetenekli öğrencilere, dünyada tasarım problemlerini çözmek için biyomimetik tasarımcılarının doğru soruları sorması gerektiği ifade edilir.
3. Zorluğu tanımlama etkinliğinde özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemini çözmek için "nasıl yapabiliriz?" şeklinde soruları belirlemelerinden sonra biyolojikleştirme aşamasına geçilir. Bu aşamada ise öğrenciler, "nasıl yapabiliriz?" şeklindeki sordukları soruları çözmek istedikleri tasarım problemine uygun olacak şekilde "doğa nasıl...?" veya "doğada nasıl...?" sorularına çevirirler. Bu soruları biyolojikleştirmeleri için kendilerine yardımcı olması amacıyla "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu" dağıtılır. Bu tablodaki kavramları da kullanarak sorularını biyolojikleştirmeleri istenir. Öğrencilerin bu tablodaki işlevlerin nasıl gruplandırıldığını anlamalarına yardımcı olmak için kısaca açıklanır. Tablonun solundaki turuncu sütunda en genel işlevlerin yer aldığı, mavi sütunda ise özel işlevlerin bulunduğu ifade edilir. Diğer bir ifadeyle Mavi sütun, sarı sütunun alt işlevi iken, sarı sütun da turuncu sütunun alt işlevlerini temsil etmektedir. Öğrencilerin bu tabloyu incelemeleri sağlanır. Anlaşılmayan kısımların sorulması istenir.

PLANLAMA AŞAMASI-1

DERS:

41-44.

TASARIM ZORLUĞU

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Tasarım zorluğu*

Öğrenme Çıktıları:

- *Denizaltı keşif aracı tasarım problemini çözmek için gereken başarı kriterlerini ve sınırlılıklarını belirler.*
- *Denizaltı keşif aracı tasarım problemini çözmek için biyomimikri tasarım basamaklarını kullanır.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10A: Tasarım Zorluğunu Tanımlama Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10B: Tasarım Problemini Biyolojikleştirme Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TASARIM ZORLUĞUNU BELİRLEME VE BİYOLOJİKLEŞTİRME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Planlama aşamasının ilk bölümünde, özel yetenekli öğrenciler önceki aşamada öğrendikleri yoğunluk kavramını kullanarak denizaltı araç tasarımı problemini çözmek için tasarım planını hazırlayacaklardır. Bu amaçla tasarım zorluğu belirlenir. Tasarım zorluğu biyolojikleştirilir. Tasarım planının hazırlanmasında biyomimikri tasarım basamağı kullanılır.

Ders Akışı:

4. Öğrencilere, bir biyomimetik tasarım sorusunu test etmenin en iyi yolunun "Doğa/doğada nasıl ...?" şeklindeki soruları mantıksal olarak tamamlayıp tamamlayamaması ile ilgili olduğu ifade edilir. Bu nedenle bu soru cümlesinin tamamlanmasında yalnızca kendi tasarım problemlerine ait soruları kullanmaları halinde bu sorunun büyük olasılıkla hiçbir anlamı olmayacağı öğrencilere ifade edilir. Örneğin, "Sokak hayvanlarının aç kalmasını nasıl önleyebiliriz?" şeklinde soru sormak bu sorunun çözümünü doğada arayacağımız anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda bu tasarım probleminin çözümünü araştırmada öğrencilerin biyolojik modeller aramaya teşvik etmeyecektir. Fakat bu tasarım problemine ait soruyu "Doğadaki canlılar beslenme sürecini nasıl yönetir?" veya "Doğadaki besin ağı nasıl gerçekleşmektedir?" şeklinde biyolojikleştirilmesi durumunda araştırma yolu daha net ve anlaşılır hale gelecektir. Bu şekilde basitleştirilen ve doğadaki gelişime ait soru, tasarım probleminin çözümünün temelini ifade etmektedir.

5.Özel yetenekli öğrenciler, işlevi biyolojikleştirmenin tekrarlamalı süreçlerinden geçtikten sonra, benzer problemleri çözen canlıları keşfedecekleri bir sonraki aşamaya geçmeye hazır olurlar.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

45-48.

KEŞFETME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Keşfetme*

Öğrenme Çıktıları:

- *AskNature web sitesini kullanarak araştırma yapar.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna yazarak ifade eder.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna çizerek ifade eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10A: Tasarım Zorluğunu Tanımlama Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10B: Tasarım Problemini Biyolojikleştirme Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KEŞFETME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde biyolojikleştirdikleri tasarım problemi sorularına ilişkin doğada benzer problemleri çözmüş olan canlıları keşfederler. Bu keşif sürecinde hazırlık aşamasından aşina oldukları AskNature adlı web sitesini kullanırlar.. Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derslerde özel yetenekli öğrenciler, takımlar halinde çalışarak AskNature web sitesinde Biyolojik Strateji bölümünü kendi tasarım problemlerini çözmek için analiz eder ve biyomimikri tasarım tablosunu kullanırlar. Bu etkinliğin amacı; özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemlerine ilişkin benzer problemleri çözen canlıların hangi biyolojik stratejileri kullanarak problemlerini çözdüklerini keşfederler. Bu keşiflerini kendi tasarım problemi için kullanırlar.

Etkinlik Önce Köprü Kurma:

Özel yetenekli öğrenciler, hazırlık aşamasında AskNature internet sitesinin neler sunabileceğini keşfetmişler ve bu siteyi nasıl kullanılacağını öğrenmişlerdir. Ancak hatırlatmak amacıyla AskNature internet sitesinin biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesi olduğu, doğadan ilham alan tasarımcıların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri bulabildikleri bir site olduğu vurgulanır. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanıldığı ifade edilir.

Süreç içerisinde öğrencilere AskNature web sitesinde aramaların İngilizce yapılacağı vurgulanır. Bu nedenle Biyomimikri Sınıflandırma Tablosunun İngilizce versiyonu da öğrencilere dağıtılır. Böylece öğrencilerin arama yaparken zorlanmalarının önüne geçilir.

Derste birbiri yerine kullanılabilen ancak aralarında küçük nüans farklılıkları bulunan biyolojik strateji ya da mekanizma kavramından yalnızca biyolojik strateji kavramı kullanılır. Küçük yaş grubunda yer alan öğrencilerin zihinlerinde kavram kargaşası oluşturulmaz.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır, sonrasında tasarım problemlerini biyolojikleştirmeleri hakkında geçen derste yaptıklarını öğrencilerden birkaçının açıklaması istenir.
2. Öğretmen, öğrencilere "Doğadaki canlılar çözmek istediğimiz tasarım problemine benzer problemleri çözmek için hangi stratejilere sahiptir?" şeklinde soru yöneltir ve öğrencilerin yanıtlarını dinler. Ardından gelen cevapları toparlayarak "Bugün, bu problemlerin çözümünde gerekli olan biyolojik stratejileri keşfedeceğiz." der.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

45-48.

KEŞFETME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Keşfetme*

Öğrenme Çıktıları:

- *AskNature web sitesini kullanarak araştırma yapar.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna yazarak ifade eder.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna çizerek ifade eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10A: Tasarım Zorluğunu Tanımlama Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10B: Tasarım Problemini Biyolojikleştirme Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KEŞFETME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde biyolojikleştirdikleri tasarım problemi sorularına ilişkin doğada benzer problemleri çözmüş olan canlıları keşfederler. Bu keşif sürecinde hazırlık aşamasından aşina oldukları AskNature adlı web sitesini kullanırlar.. Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derslerde özel yetenekli öğrenciler, takımlar halinde çalışarak AskNature web sitesinde Biyolojik Strateji bölümünü kendi tasarım problemlerini çözmek için analiz eder ve biyomimikri tasarım tablosunu kullanırlar. Bu etkinliğin amacı; özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemlerine ilişkin benzer problemleri çözen canlıların hangi biyolojik stratejileri kullanarak problemlerini çözdüklerini keşfederler. Bu keşiflerini kendi tasarım problemi için kullanırlar.

Ders Akışı:

3. Hazırlık aşamasında öğrenilmiş olan yapı ve işlev kavramlarının anlamı öğrencilere sorularak sürece giriş yapılır. Öğrencilerden gelen yanıtlar alınır, öğretmen yapıyı "bir canlının bir işlevi yerine getirmek için sahip olduğu şekil, özellik ya da özelliğin tanımı" olarak, işlevi ise "Bir canlının yaptığı eylem, görev ya da iştir. "şeklinde kısaca ifade eder.

4. Öğretmen, öğrencilere strateji kavramının anlamını sorar. Gelen cevaplar dinlenir. Öğretmen gelen cevaplardan sonra, strateji ve biyolojik strateji kavramını "Strateji, bir işlevin nasıl elde edildiğine dair genel bir bakış açısı olarak tanımlanır. Biyolojik strateji ise bir organizmanın bir işlevi yerine getirme yoludur. Organizmanın hayatta kalmak için geliştirdiği bir adaptasyondur. Aslında bir işlevin "nasıl" yerine getirildiğini gösterir." şeklinde tanımlar.

5. Doğadan biyolojik stratejileri araştırmaya başladığımız bu süreçte kullanabileceğimiz pek çok araç bulunmaktadır. Özel yetenekli öğrenciler daha önce öğrendikleri AskNature adlı (https://asknature.org/biological-strategies/) web sitesindeki arama kısmına Biyomimikri Sınıflandırma Tablosundan işlev ifadelerini seçerek çeşitli aramalar yapacaklardır.

6. Öğrencilerin takımlar halinde AskNature web sitesinde arama yapmaları teşvik edilir. İmkanlar halinde bireysel olarak arama yapmaları öğrencilerin daha fazla deneyim kazanmalarını sağlayacaktır. AskNature web sitesinde koleksiyonlar bölümünde ise (https://asknature.org/collections/) çeşitli anahtar kavramlar kullanılarak biyolojik stratejilerin örneklerine ulaşabilirler.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

45-48.

KEŞFETME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Keşfetme*

Öğrenme Çıktıları:

- *AskNature web sitesini kullanarak araştırma yapar.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna yazarak ifade eder.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna çizerek ifade eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10A: Tasarım Zorluğunu Tanımlama Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10B: Tasarım Problemini Biyolojikleştirme Etkinlik Kâğıdı*
- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KEŞFETME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde biyolojikleştirdikleri tasarım problemi sorularına ilişkin doğada benzer problemleri çözmüş olan canlıları keşfederler. Bu keşif sürecinde hazırlık aşamasından aşina oldukları AskNature adlı web sitesini kullanırlar.. Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derslerde özel yetenekli öğrenciler, takımlar halinde çalışarak AskNature web sitesinde Biyolojik Strateji bölümünü kendi tasarım problemlerini çözmek için analiz eder ve biyomimikri tasarım tablosunu kullanırlar. Bu etkinliğin amacı; özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemlerine ilişkin benzer problemleri çözen canlıların hangi biyolojik stratejileri kullanarak problemlerini çözdüklerini keşfederler. Bu keşiflerini kendi tasarım problemi için kullanırlar.

Ders Akışı:

7. AskNature web sitesini kullanarak öğrenciler, kendilerine sunulan tasarım problemini çözmek için gerekli işlevleri bulunduran 2-5 arasında biyolojik stratejiye ulaşmalıdırlar. İlk aşamada öğrencilerin kendilerine verilen bir zaman diliminde belirtilen sayıda stratejiye ulaşmaları istenmelidir. Çalışmalarında belirtilen sayıda biyolojik stratejiye ulaşıldığında bir sonraki aşamada araştırılan stratejinin tasarım problemini çözmede yeterli olup olmadığına bakılır. İhtiyaç duyulması halinde bu adıma yeniden dönülebileceği öğrencilere iletilir. Aslında bu süreçte öğrenciler ne kadar fazla stratejiye ulaşırlarsa tasarım problemini o oranda daha iyi çözebileceklerdir. Öğretmen, öğrencilerin tasarım problemlerini çözmek için araştırdıkları tüm biyolojik stratejileri Biyomimikri Tasarım Tablosuna kaydetmelerini sağlar.

8. Öğrencilerden yapıları, işlevleri, biyolojik stratejileri mümkün olduğunca açık ve anlaşılır bir şekilde çizmelerini istenir. Çizimlerinde anlatmak istediklerini anlatmaları için Biyomimikri Tasarım Tablosunda açıklama ve çizim bölümleri yer almaktadır. Bazı biyolojik stratejilerin belirtilen problemleri çözerken diğer çözüm önerilerinden daha faydalı olabileceği öğrencilere hatırlatılmalıdır. Bu nedenle bir soruna en iyi çözümü bulmak için birçok doğal ekosistemin biçimleri, süreçleri ve sistemleri öğrenciler tarafından iyice araştırılmalı ve takımca en faydalı bulunanlar problem çözümünde tasarıma dahil edilmelidir. Çizimlerde, organizmanın yaşadığı belirli çevre koşulları ve o çevreye ait değişkenler göz önüne alındığında, her bir organizmanın özelliklerinin gerekli işlevi yerine getirmek için nasıl çalıştığını öğrencilerin doldurmaları sağlanmalıdır. Çevre koşullarının ve çevreye ait olan değişkenlerin canlının yer aldığı ortamla ilgili olduğu öğrencilere açıklanır. Örneğin canlı karada mı yaşıyor? Suda mı yaşıyor? Yoksa canlı havada mı hareket ediyor? Canlının yer aldığı ekosistem bir iklime sahip ve bu ortam koşullarında bu canlı hangi biyolojik adaptasyonları kullanıyor?

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

45-48.

KEŞFETME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Keşfetme*

Öğrenme Çıktıları:

- *AskNature web sitesini kullanarak araştırma yapar.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna yazarak ifade eder.*
- *Araştırmalarını biyomimikri tasarım tablosuna çizerek ifade eder.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

KEŞFETME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde biyolojikleştirdikleri tasarım problemi sorularına ilişkin doğada benzer problemleri çözmüş olan canlıları keşfederler. Bu keşif sürecinde hazırlık aşamasından aşina oldukları AskNature adlı web sitesini kullanırlar.. Biyomimikri tasarımcıları ve onların kullanması için hazırlanan AskNature gibi araçlar, biyoloji ve tasarımı harmanlayan terminoloji kullanırlar. Bu derslerde özel yetenekli öğrenciler, takımlar halinde çalışarak AskNature web sitesinde Biyolojik Strateji bölümünü kendi tasarım problemlerini çözmek için analiz eder ve biyomimikri tasarım tablosunu kullanırlar. Bu etkinliğin amacı; özel yetenekli öğrencilerin tasarım problemlerine ilişkin benzer problemleri çözen canlıların hangi biyolojik stratejileri kullanarak problemlerini çözdüklerini keşfederler. Bu keşiflerini kendi tasarım problemi için kullanırlar.

Ders Akışı:

9. Problemin tanımlanmasında incelenen kriter ve kısıtlama değişkenlerini ve benzer değişkenlerin canlının biyolojik stratejisi için nasıl benzer şekilde değerlendirilebileceği hatırlatılmalıdır.
10. Özel yetenekli öğrencilerden bir kısmı çizim yapmaktan hoşlanmayabilirler ya da çizimlerinin mükemmel olması için zaman kaybedebilirler. Bu durumun önüne geçmek için öğretmen, öğrencilere çizimlerinin mükemmel olmak veya iyi görünmek zorunda olmadığını söyler. Buradaki amacın, öğrencilerin biyolojik stratejilerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Bunun için en iyi yollardan birisi de çizimlerdir.
11. Öğretmen öğrencilere belirledikleri biyolojik stratejilerin tasarımları için bir eklenti olarak değil tasarımlarının temel bileşeni olması gerektiğini ifade eder. Öğrencilere, bunu test etmenin kolay yolu anlatılır. Belirlenen biyolojik strateji, tasarımdan çıkarılırsa, canlının hala bu işlevi yerine getirip getiremeyeceği sorgulanarak bulunabileceği ifade edilir. Burada hedeflenenin o biyolojik strateji olmadan işlevi yerine getirememesidir.
12. Buradan itibaren öğrencilerin stratejileri tasarım diline çevireceklerini ve organizmanın bu stratejileri nasıl başardığını öğrenmek için gerekirse daha fazla araştırmaya erişmek için her zaman geri dönebilecekleri açıklanır.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

49-52.

SOYUTLAMA BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Soyutlama*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyolojik stratejileri, tasarım stratejilerine dönüştürür.*
- *Oluşturduğu tasarım stratejisine dayanarak tasarım yapar.*
- *Kanıtlardan argüman oluşturur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*
- *Ek-11A: Biyolojiden Mühendisliğe Eşanlamlılar Sözlüğü*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

SOYUTLAMA BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde tasarım problemlerine ilişkin oluşturdukları biyolojik stratejiyi mühendislik tasarımında kullanılacak ifadeye dönüştürürler. Bu şekilde soyutlama becerisini kazanırlar.

Ders Akışı:

9. Problemin tanımlanmasında incelenen kriter ve kısıtlama değişkenlerini ve benzer değişkenlerin canlının biyolojik stratejisi için nasıl benzer şekilde değerlendirilebileceği hatırlatılmalıdır.
10. Özel yetenekli öğrencilerden bir kısmı çizim yapmaktan hoşlanmayabilirler ya da çizimlerinin mükemmel olması için zaman kaybedebilirler. Bu durumun önüne geçmek için öğretmen, öğrencilere çizimlerinin mükemmel olmak veya iyi görünmek zorunda olmadığını söyler. Buradaki amacın, öğrencilerin biyolojik stratejilerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Bunun için en iyi yollardan birisi de çizimlerdir.
11. Öğretmen öğrencilere belirledikleri biyolojik stratejilerin tasarımları için bir eklenti olarak değil tasarımlarının temel bileşeni olması gerektiğini ifade eder. Öğrencilere, bunu test etmenin kolay yolu anlatılır. Belirlenen biyolojik strateji, tasarımdan çıkarılırsa, canlının hala bu işlevi yerine getirip getiremeyeceği sorgulanarak bulunabileceği ifade edilir. Burada hedeflenenin o biyolojik strateji olmadan işlevi yerine getirememesidir.
12. Buradan itibaren öğrencilerin stratejileri tasarım diline çevireceklerini ve organizmanın bu stratejileri nasıl başardığını öğrenmek için gerekirse daha fazla araştırmaya erişmek için her zaman geri dönebilecekleri açıklanır.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

49-52.

SOYUTLAMA BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Soyutlama*

Öğrenme Çıktıları:

- *Biyolojik stratejileri, tasarım stratejilerine dönüştürür.*
- *Oluşturduğu tasarım stratejisine dayanarak tasarım yapar.*
- *Kanıtlardan argüman oluşturur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-10C: "Biyomimikri Sınıflandırma Tablosu"*
- *Ek-11A: Biyolojiden Mühendisliğe Eşanlamlılar Sözlüğü*
- *Ek-11B: Soyutlama Basamağı Etkinlik Kağıdı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

SOYUTLAMA BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde tasarım problemlerine ilişkin oluşturdukları biyolojik stratejiyi mühendislik tasarımında kullanılacak ifadeye dönüştürürler. Bu şekilde soyutlama becerisini kazanırlar.

Ders Akışı:

9. Problemin tanımlanmasında incelenen kriter ve kısıtlama değişkenlerini ve benzer değişkenlerin canlının biyolojik stratejisi için nasıl benzer şekilde değerlendirilebileceği hatırlatılmalıdır.
10. Özel yetenekli öğrencilerden bir kısmı çizim yapmaktan hoşlanmayabilirler ya da çizimlerinin mükemmel olması için zaman kaybedebilirler. Bu durumun önüne geçmek için öğretmen, öğrencilere çizimlerinin mükemmel olmak veya iyi görünmek zorunda olmadığını söyler. Buradaki amacın, öğrencilerin biyolojik stratejilerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Bunun için en iyi yollardan birisi de çizimlerdir.
11. Öğretmen öğrencilere belirledikleri biyolojik stratejilerin tasarımları için bir eklenti olarak değil tasarımlarının temel bileşeni olması gerektiğini ifade eder. Öğrencilere, bunu test etmenin kolay yolu anlatılır. Belirlenen biyolojik strateji, tasarımdan çıkarılırsa, canlının hala bu işlevi yerine getirip getiremeyeceği sorgulanarak bulunabileceği ifade edilir. Burada hedeflenenin o biyolojik strateji olmadan işlevi yerine getirememesidir.
12. Buradan itibaren öğrencilerin stratejileri tasarım diline çevireceklerini ve organizmanın bu stratejileri nasıl başardığını öğrenmek için gerekirse daha fazla araştırmaya erişmek için her zaman geri dönebilecekleri açıklanır.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

53-56.

TAKLİT ETME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Taklit Etme*

Öğrenme Çıktıları:

- *Takım arkadaşlarıyla iletişim kurarak taslak tasarımını belirler.*
- *Doğadan ilham alan tasarım stratejilerini keşfeder.*
- *Tasarım probleminin çözümünde çeşitli tasarım stratejileri üzerinde akıl yürütür.*
- *Kanıtlardan argüman oluşturur.*
- *Elde ettiği sonuçlardan yola çıkarak tasarım ürünü hakkında değerlendirmede bulunur.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-12A: Taslak Tasarım Fikri (Bireysel Çalışma) Kağıdı*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

TAKLİT ETME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde tasarım problemine ilişkin doğadan ilham alarak bireysel olarak biyomimikri tasarım stratejisini kullanarak kendi tasarım problemine uyarlarlar. Takım üyeleri, bu derslerde biyomimetik tasarım yaklaşımının taklit etme basamağını yerine getirirler. Bu sürecin taklit etme basamağında biyolojik modellerden soyutlanan stratejiler kullanarak kendi tasarım fikirlerini oluştururlar.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır, tasarım problemlerine yönelik geçen derste yaptıkları soyutlama stratejileri hakkında kısaca konuşulur.
2. Öğrencilere, bu derste odaklandıkları soyutlanmış tasarım stratejileri arasında gördükleri bazı örüntüleri keşfederek tasarımlarını ortaya koyacakları ifade edilir.
3. Soyutlama stratejilerinden elde edilenler ile tüm takım üyelerinin önce bireysel olarak taslak tasarımlarını belirlemeleri istenir.
4. Tasarım problemini çözmek üzere en az iki taslak tasarım çözümü bireysel olarak belirlenmesi gerektiği öğrencilere öğretmen tarafından ifade edilir.
5. Takım üyelerince gerçekleştirilen bu etkinliğin ardından takımlar bir araya gelerek tasarım problemlerine sundukları çözümler hakkında beyin fırtınası gerçekleştirirler. Takımlar, takım arkadaşlarına ait tasarım çözümlerini kriterler ve kısıtlamalar doğrultusunda değerlendirerek taslak tasarımlarına son halini verirler.
6. Takımlar etkinliği yaparlarken öğretmen onlara yardımcı olur.
7. Öğrencilerden tasarım fikirlerinin tümünü çizim yoluyla modellemeleri istenir. Bu modellemesinde tasarım fikri çizimler ya da grafikler şeklinde prototip haline getirilmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, tasarlanan prototip modelinin herkes tarafından açık bir şekilde anlaşılır olması ve tasarımlarının temel özelliklerini ve amaçlarını gösterebilmesidir.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

57-60.

DEĞERLENDİRME BASAMAĞI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Değerlendirme*

Öğrenme Çıktıları:

- *Takım arkadaşlarıyla iletişim kurarak taslak tasarımına son halini verir.*
- *Tasarım probleminin çözümünde çeşitli tasarım stratejileri üzerinde akıl yürütür.*
- *Kanıtlardan argüman oluşturur.*
- *Elde ettiği sonuçlardan yola çıkarak tasarım ürünü hakkında değerlendirmede yapar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Yapıştırıcı.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-13A: Çözüm Önerilerini Değerlendirme (Takım Çalışması) Kağıdı-1*
- *Ek-13B: Çözüm Önerilerini Değerlendirme (Takım Çalışması) Kağıdı-2*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

DEĞERLENDİRME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, biyomimetik tasarım sürecinin son basamağı olan değerlendirme basamağını gerçekleştirirler. Biyomimetik tasarım sürecinin bu basamağında amaç, öğrencilerin kendilerine sunulan tasarım probleminin kriter ve kısıtlamalarına bağlı kalarak bu tasarım ürünün belirtilen durumların ne kadarını iyi karşılayabildiğini değerlendirmeleridir. Takım üyeleri, bireysel olarak ortaya koydukları tasarım fikirleri üzerinde beyin fırtınası yaparlar. Takım üyeleri tarafından bireysel olarak ortaya konan taslak tasarımlar değerlendirilerek takım tasarımları belirlenir.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır, sonrasında tasarım problemlerine yönelik geçen derste yaptıkları hakkında kısaca konuşulur.
2. Öğretmen, öğrencilerin bireysel olarak geçen derste çizdikleri prototipleri hakkında takımları detayları düşünmeye teşvik eder ve bu detayları tasarımlarına çizim yoluyla eklemelerini sağlar. Ayrıca, öğrencilere, soyutlanmış tasarım stratejilerine dayalı olarak ortaya konan modelin tamamlanmadan önce birkaç farklı versiyonunun olması gerektiği ifade edilir. Öğrencilerin biyomimetik tasarımları üzerinde belirli bir zaman daha çalışmalarına müsaade edilerek olası çözümleri hazırlamaları sağlanır. Böylece öğrenciler, tasarımlarının son hallerine ulaşmadan önce birkaç kez yinelemeler yaparak tasarımlarını çeşitli kanıtlara dayandırarak iyileştirirler. Tasarımlarını tanımlamış oldukları problem durumuna göre gerekçelendirerek taslak haline getirirler.
3. Yapılan her farklı versiyonun hangi canlıdan ilham alındığı ve neden bu şekilde eklemeler yapıldığı, ellerinde olan kanıtlara dayanarak argüman oluşturmaları istenir.
4. Tasarımlarını ve kanıtlarını sunmaları için kendilerine verilen etkinlik kağıtlarını doldurmaları istenir. Süreç sonunda ders sona erdirilir.

PLANLAMA AŞAMASI-I

DERS:

61-64.

TASARIMLARIN SUNUMUNUN HAZIRLANMASI VE SUNULMASI

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Değerlendirme*

Öğrenme Çıktıları:

- *Takım arkadaşlarıyla iletişim kurarak taslak tasarımına ait sunum hazırlar.*
- *Takım arkadaşlarıyla çalışarak taslak tasarımının sunumunu yapar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Bilgisayar,*
- *Flash Bellek.*

Gerekli Süre:

- *4 ders saati (160 dk)*

Notlar:

DEĞERLENDİRME BASAMAĞI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, planlama aşamasının bu bölümünde tasarım problemlerine ilişkin takım arkadaşlarıyla birlikte taslak tasarımlarının özelliklerini sunum halinde hazırlarlar ve diğer takımlarda yer alan arkadaşlarına sunarlar.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır, sonrasında tasarım problemlerine yönelik geçen derste yaptıkları hakkında kısaca konuşulur.
2. Öğrencilere, bir önceki derste yapmış tasarım modellerine yönelik takım arkadaşları ile sunum hazırlamaları gerektiği ifade edilir.
3. Öğretmen, sunumlarında problemin çözümünde hangi canlıdan neyi ilham aldıklarını, hangi tasarım stratejilerine yer verdiklerini ve bunları neden seçtiklerini, son olarak tasarım problemini çözmek için ortaya koydukları ürünün en iyi model olduğunu kanıtlarla diğer takımlara açıklamaları gerektiğini ifade eder.
4. Öğrencilerin, sunumları takımca yapacakları ifade edilir. Sunum için her takıma 10'ar dakika verileceği ve tüm takım üyelerinin sunumda görev alacağı söylenir.
5. Öğrencilere, takımların sundukları fikirlere göre kendi tasarım ilkelerinde yinelemeler veya iyileştirmeler yapabileceklerini söylenir.
6. Bu derslerde öğrencilerin sunumlarını hazırlamaları ve sunmaları istenir.
7. Sunumların ardından derse son verilir.

DENEME AŞAMASI-1

DERS:

65-72.

PROTOTİP OLUŞTURMA

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Deneme*

Öğrenme Çıktıları:

- *Prototipini oluşturmak için mühendislik tasarım sürecini kullanır.*
- *Prototipini oluşturmak için biyomimetik tasarım basamaklarını kullanır.*
- *Planladığı taslak tasarımını uygun bir ürün haline getirir.*
- *Prototipini değerlendirme kriterlerine uygun bir ürün haline getirir.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Bilgisayar,*
- *Flash Bellek.*

Gerekli Süre:

- *8 ders saati (320 dk)*

Notlar:

DENEME AŞAMASI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, bu derslerde mühendislik tasarım sürecindeki deneme aşamasına gelerek planlama aşamasında planladıkları taslak halinde olan tasarımlarının prototiplerini yaparlar. Öğrencilere, takımca planlama aşamasında planladıkları prototipleri yapmaları için gereken malzemeleri verilir. Öğrenciler malzemeleri kullanarak kendilerine sunulan kriterler ve kısıtlamalar doğrultusunda tasarımlarını gerçekleştirirler.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır ve tasarım problemlerine yönelik geçen derste yaptıkları planlar hakkında kısaca konuşulur.
2. Öğretmen öğrencilere 8 ders saatlik sürede prototiplerini gerçekleştirmelerini ister.
3. Öğretmen, takımların prototip yapma çalışmalarını başlatır.

TEST ETME VE KARAR VERME AŞAMASI-1

DERS:

73-84.

TEST ETME VE KARAR VERME

Anahtar Kavramlar:

- *Planlama*
- *Denizaltı*
- *Biyomimikri*
- *Test Etme*
- *Karar Verme*

Öğrenme Çıktıları:

- *Tasarladığı prototipini test eder.*
- *Testi sonucunda elde ettiği verileri değerlendirir.*
- *Prototipinin kendisine sunulan problem durumundaki kriterlere ve kısıtlamalara uygun olup olmadığını belirler.*
- *Elde ettiği test sonuçlarına göre gerekli olması halinde prototipini geliştirir.*
- *Test sonuçlarından elde ettiği verilerle prototipi için takımca belirlediği uygun geliştirme aşamalarını uygular.*
- *Tasarımının son haline takımca karar verir.*
- *Tasarımını takımıyla sunar.*

Etkinlikte Kullanılacak Malzemeler:

- *Mühendislik tasarım defteri,*
- *Renkli kalemler,*
- *Prototipin yapımı için gerekli malzemeler.*

Ders Öncesi Hazırlık:

- *Ek-14A: Test Etme Aşaması Bireysel Değerlendirme Kağıdı*
- *Ek-14B: Test Etme Aşaması-2 Etkinlik Kağıdı*
- *Ek-15A: Karar Verme Aşaması Etkinlik Kağıdı*

Gerekli Süre:

- *12 ders saati (480 dk)*

TEST ETME VE KARAR VERME AŞAMASI

Dersin Açıklaması:

Özel yetenekli öğrenciler, bu derslerde mühendislik tasarım sürecindeki bu derslerde ortaya koydukları prototiplerini test edeceklerdir. Öğrenciler, kendilerine sunulan tasarım probleminin kriterleri ve kısıtlamaları ne düzeyde karşılayıp karşılamadığını test ederler. Bu test etme sürecinde veriler toplanır. Elde ettikleri test sonuçlarını önce bireysel olarak değerlendirirler sonrasında ise takım arkadaşları ile değerlendirip rapor hazırlarlar. Hazırladıkları rapor doğrultusunda tasarımlarında gerekli gördükleri kısımları geliştirirler. Tasarımlarını geliştirdikten sonra test etme yeniden yapılarak tasarımların kendilerinden beklenen kriterleri ve kısıtlamaları sağlayıp sağlamadığına bakılarak en uygun tasarım problemi çözmek için seçilir. Gerekli değerlendirmeler yapılmasına rağmen tasarım problemini çözemeyebilirler. Bu durumda öğretmen öğrencileri motive ederek bu tür durumların mühendislikte normal olduğunu belirtir.

Ders Akışı:

1. Özel yetenekli öğrenciler selamlanır ve tasarım problemlerine yönelik geçen derste prototipler hakkında kısaca konuşulur.
2. Öğretmen öğrencilere 2 ders saatlik sürede prototiplerini test etmelerini ve prototipleri hakkında nihai kararlarını vermelerini ister.
3. Öğretmen, takımların test etme ve karar verme çalışmalarını başlatır.

EK-1A: MERAK VE FARK ETTİKLERİM ETKİNLİK KAĞIDI

TAKIM ADI:

ETKİNLİK KAĞIDI
Bireysel Çalışma

Video Etkinliği

TAKIM ÜYESİNİN ADI: TARİH:

Sevgili Genç Mühendisler,

Janine Benyus'un yer aldığı ve Biyomimikri Enstitüsü tarafından yayınlanan izlediğiniz bu videodan bireysel olarak neleri merak ve fark ettiğinizi aşağıdaki boşluğa yeşil kalemle yazınız. Yazdıktan sonra öğretmeninizi sessizce çağırarak belgenizi onaylamasını isteyiniz.

Videodan Merak ve Fark Ettiklerim:
•

Öğretmen Onayı:

Biyomimikri Anahtar Kavramları ve Tanımları Mini Sözlüğü

Genel Bakış

Bu sözlükte biyomimetik tasarım sürecinde kullanacağınız kavramların tanımlarına ulaşacaksınız.

Kavramlar ve Tanımları

Kavram	Tanım
(Yeniden) Bağlanma:	Doğa olduğumuz ve yaşamın birbirine bağlı sistemlerin bir parçası olarak Dünya'daki yerimize bağlanmanın değerini bulduğumuz kavramdır. Bir uygulama olarak (Yeniden) Bağlanma, yaşamın nasıl işlediğini anlamak için bizi doğada gözlem yapmaya ve zaman geçirmeye teşvik eder, böylece tasarımlarımızda biyolojik stratejileri taklit etmek için daha iyi bir ethosa sahip olabiliriz; Biyomimikri'nin üç temel unsurundan biridir.
Bilimsel gözlemler:	Bilim insanları veri toplamak ve kaydetmek için gözlemi kullanır, bu da hipotez ve teoriler geliştirmelerini ve test etmelerini sağlar.
Birleşmiş Milletler:	Dünya üzerindeki tüm ulusların bir araya gelebildiği, ortak sorunları tartışabildiği ve tüm insanlığın yararına olacak ortak çözümler bulabildiği tek yer olan ve 1945 yılında kurulan uluslararası bir örgüttür. 193 Üye Devletten oluşmaktadır.
Biyokullanım:	Bir tasarım veya teknolojide biyolojik malzeme veya canlı organizmaların kullanılmasını ifade eder. Örneğin, mobilya malzemesi olarak ağaçların (ahşap) kullanılması veya bir ofis binasında havanın temizlenmesine yardımcı olmak için bitkilerden oluşan canlı bir duvarın kullanılması biyokullanımdır. Biyokullanım faydalı olabilir. Organizmalar insanların tasarlayamayacağı/ tasarlamaması gereken pek çok şeyi yapabilir. Biyomimetik tasarımlar bu nedenle biyokullanım içerir.
Biyoloji:	Canlı organizmalar ve onların yaşamsal süreçleriyle ilgilenen bilim dalıdır.

EK-3:

Yapı ve İşlevi Keşfediyorum Etkinliği Gözlem Formu

TAKIM ÜYESİNİN ADI		TARİH	..../..../.....
TAKIM ÜYESİNİN ADI			

Canlıya Ait Yapı	Tanımlayıcı Sıfatlar	Neden bu şekilde tanımlandı?

Öğretmen Onayı:

İŞLEV KARTLARI

YAPMAK VEYA ÜRETMEK	BAĞLAMAK VEYA EKLEMEK
İLETİŞİM KURMAK	RENK OLUŞTURMAK
ORTAYA ÇIKARMAK VEYA ALGILAMAK	SOĞUTMAK
TEMİZ TUTMAK	HAREKET ETMEK

Takım Üyesinin Adı: **Tarih:**

ETKİNLİK 1

Bisiklet görselini dikkatlice inceleyiniz. Sizlere görselde sunulan bisiklet parçalarının isimlerini ve bu parçanın belirtilen özellik yapısı ile mi işlevi ile mi ilgili olduğunu bırakılan boşluklara doğru bir şekilde eşleştiriniz.

1. Adım, ……., jantların üzerine geçirilirim. Yuvarlak bir şeklim var. Bu benim …… ile ilgilidir. Hemen üstümde kullanım amacına göre bazı çıkıntılar vardır. Örneğin dağlık bölgelerde çok çıkıntılıyımdır. Bu sayede kaymadan giderim. Bu benim …… ile ilgilidir.
2. Adım, ……., üzerime oturulur. Üzerime oturulması benim …….. ile ilgilidir. Aynı zamanda insanların rahatça oturabilmesi için üçgen bir ……. var.

3. Adım,……., yuvarlak bir çemberin üzerinde sivri sivri yer alırım. Sivri sivri olmam benim …….. ile ilgilidir. Görevim üstüme konulan zinciri hareketlendirmektir. Bu görev benim…….ile ilgilidir.

4. Adım,……., ters U harfi gibi görünürüm. Bu görüntüm benim …… ile ilgilidir. Hızlandığında ben bu …….. sayesinde seni yavaşlatırım.
5. Adım,……., boru üzerinde sünger ya da plastik ile kaplanırım. Böylece beni daha rahat tutarsın. Bu özellik benim……. İle ilgilidir. Sünger ve plastik kaplama ise benim……. ile ilgilidir.

6. Adım,……., ortada yer alırım. Bazen bir bazen daha fazla sivri sivri kısımlarım olur. Bu sivri kısımlar benim…….. aittir. Bu şekilde sivri olması zinciri rahatlıkla tutmamı sağlar. Bu da benim ……dir.

7. Adım,……., bağlaça tel tel bağlanırım. Telli olmam senin süratini sağlamak içindir. Bu özelliğim benim…….. ile ilgilidir. Bağlaca bağlanma durumum ise benim…….. ile ilgilidir.

8. Adım,……., küçük bir tıpayım.

Öğretmen Onayı:

Takım Üyesinin Adı: **Tarih:**

ASKNATURE İLE BİYOLOJİK STRATEJİLERİ KEŞFEDİYORUM

Sevgili Genç Mühendisler;

Bu etkinliğin amacı, AskNature internet sitesinin sizlere neler sunabileceğini keşfederek nasıl kullanılacağını öğrenmenizi sağlamaktır. AskNature, biyomimikri ile ilgilenenler için tasarlanmış bir internet sitesidir. Genç Mühendisler, doğadan ilham alarak insanların problemlerini çözmek için gerekli biyolojik stratejileri nasıl bulacağınızı bu etkinlik ile öğreneceksiniz. AskNature internet sitesi, mühendisler ve tasarımcılar tarafından hem doğadaki stratejiler hem de doğadan ilham alan yenilikçi tasarımlar hakkında bilgi edinmek için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yeni tasarımlar için ilham bulmak veya başarılı biyomimikri buluşları hakkında bilgi edinmek için bu internet sitesinde biyolojik strateji veya tasarım inovasyonları (yenilikleri) hakkında arama yapabilirler.

Bilgisayarlarınızdan internete bağlanın ve www.asknature.org adresine girin. Aşağıdaki soruları yanıtlamak için AskNature sitesini kullanın.

ADIM 1: Biyolojik Strateji Sayfalarını Keşfedelim:

AskNature'daki her biyolojik strateji sayfası, doğada meydana gelen bir durum hakkında hikaye anlatmaktadır. Bu sayfalar, doğanın problemleri çözme yolları hakkında daha fazla bilgi edinmek isteyen insanlar için çok yararlıdır. Bu internet sitesinin dili İngilizcedir. Eğer yeterli düzeyde İngilizceye sahip değilseniz, çevrim içi sözlüklerden birini kullanabilirsiniz. Arayacağınız kelimeleri İngilizce olarak yazıp aramanız gerekiyor. Size yardımcı olmak için bazı kelimelerin İngilizce dilindeki karşılıkları da parantez içerisinde verilmiştir. Öyleyse, AskNature biyolojik stratejilerinden neler öğrenebileceğinize bakalım. Bunun için üst menüdeki arama aracını kullanarak, bakterilerin birbirleriyle nasıl iletişim kurduklarıyla ilgili bir biyolojik strateji sayfasını bulunuz. Bunu bulabilmek için aşağıdaki adımları izleyebilirsiniz:

- Arama (search) sekmesine tıklayınız.
- "Bakteri (bacteria)" için arama yapınız.
- Aramanızı "biyolojik stratejiler (biological strategies)" olarak daraltınız.

1. Hangi internet sayfası bakterilerin birbirleriyle nasıl iletişim kurduklarını anlatıyor? İnternet sayfasının başlığını aşağıdaki boşluğa yazar mısınız?

Öğretmen Onayı:

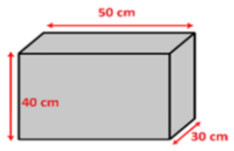


EK-7A:

Sevgili Genç Mühendisler,

Birleşmiş Milletler, bilim ve iş dünyasını, sivil toplumu ve politika yapıcıları ortak araştırma ve teknolojik yenilik programı etrafında harekete geçirmek amacıyla Uluslararası Okyanus Bilimleri On Yılını ilan etmiştir. UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu), okyanus bilimlerindeki uluslararası iş birliğini artırma çabaları doğrultusunda kuruma üye olan ülkeler arasında Dünya'daki okyanusların derinliklerinde gözlem ve keşif yapılmasına izin verilecektedir. Bu durumda ülkemizi temsil etmesi için tasarım ekibiniz seçilmiştir. Bu amaç için denizaltı keşif aracı prototipi tasarlamanızı istiyoruz. Aşağıdaki tabloda yer alan kriterler ve kısıtlamaları dikkate alarak tasarımınızı gerçekleştiriniz.

Tablo 1. Kriterler ve Kısıtlamalar

1.Biyomimikri Kullanımı: Prototip tasarımında doğadaki en az bir canlıdan ilham almanızı istiyoruz.
2.Tasarım Süreci: Prototipin tasarımında mühendislik tasarım sürecinin kullanılmasını istiyoruz.
 **3.Boyut:** Prototip, yandaki test ortamına sığabilecek boyutta olmasını istiyoruz.
4.Maliyet: Prototipinizin maliyeti 300 TL'yi geçmemelidir.
5.Su içindeki konumu: Prototipin gerektiğinde su içinde yukarı ve aşağı hareket etmesini istiyoruz.
6.Görünüş: Prototipin estetik görünmesini istiyoruz. Bu konuda üç öğretmenden görüş alınarak estetikliğe karar verilecektir.



7.Değişen koşullara uyum: Prototipin soğuk (buz dolabındaki sıcaklığa sahip) suya ve sıcak (kaynar) suya dayanıklı bir araç olmasını istiyoruz.
8.Zaman: Prototipin verilen sürede tamamlanmasını istiyoruz.
9.Malzeme: Prototipin gönderdiğimiz malzemelerden yapılmasını istiyoruz. Ancak kullanmak istediğiniz ve listede bulunmayan ürünü satın alabilirsiniz. Bu durumda ürüne ait faturayı öğretmeninize vermeniz gerekir. Satın alma durumunda maliyetinizi de göz önünde bulundurunuz.
10.Çevre dostu ürün kullanımı: Prototipinizde sizlere verilen malzemelerin dışında öğretmeninizden onay alarak tasarımınız için gerekli çevre dostu malzemeleri doğadan bularak kullanabilirsiniz.
11.Yaşam İlkeleri: Prototipinizde yaşam ilkelerinin kullanılmasını istiyoruz.
12.Doğada yok olma süresi: Prototipinizde kullandığınız ürünlerin doğada yok olma süresinin 2000 yıldan daha az olmasını istiyoruz.

Tablo 2 . Malzemeler

 DC Motor 20 TL (250 YIL)	 Anahtar 12 TL (400 YIL)	 9V Pil 35 TL (300 YIL)	 9V Pil Başlığı 10 TL (400 YIL)
 Pipet 1 TL (250 YIL)	 0,5 Litrelik Pet Şişe 1 TL (400 YIL)	 1,5 Litrelik Pet Şişe 2,5 TL (400 YIL)	 Kürdan 0,5 TL (10 YIL)
 İletken Tel 10 TL (250 YIL)	 Silikon Çubuk 15 TL (250 YIL)	 Keçeli Kalem 20 TL (400 YIL)	 Balon 2 TL (400 YIL)
 Şişe Kapağı 1 TL (250 YIL)	 Dil Çubuğu 1 TL (15 YIL)	 Karton Rulo 2 TL (3 AY)	 Oyun Hamuru 20 TL (200 YIL)
 Sıvı Yapıştırıcı 25 TL (100 YIL)	 Paket Lastiği 50 Kuruş (400 YIL)	 Plastik Hortum (metresi) 20 TL (400 YIL)	 Plastik Bardak 50 Kuruş (400 YIL)
		Ataç: 1 TL (100 yıl)	



EK-7B

TANIMLAMA AŞAMASI ETKİNLİK KAĞIDI

Sevgili Genç Mühendisler,

Sizlere sunulan problem durumuna yönelik aşağıdaki soruları bireysel ve takım olarak yanıtlamanız gerekmektedir. Tüm soruları önce bireysel olarak cevaplayınız. Bireysel cevaplarınızı sizlere verilen yeşil kalem ile yazınız. Ardından tüm soruları takım üyelerinizle cevaplayınız. Örneğin birinci soruyu bireysel olarak cevaplayınız. Takım üyelerinin birinci soruyu cevaplamasının ardından birinci soruyu takım arkadaşlarınıza okuyunuz. Takım üyelerinin okuma işlemi bittikten sonra takım halinde soruya verilen cevapları tartışınız. Takım üyelerinizle ortak bir cevap belirleyiniz. Bu cevabınızı birinci sorunun takım cevabı bölümüne kırmızı kalem ile yazınız. Bunu tüm sorular için aynı şekilde uygulayınız.

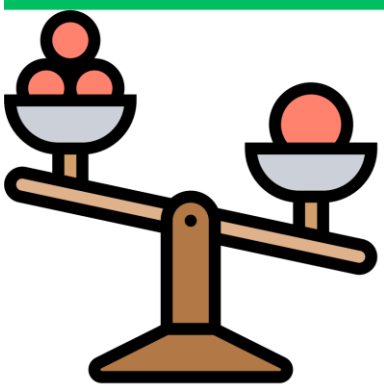
1. Tasarım ürününün yapılmasını isteyen hangi kurumdur?



Cevabım:

Takım cevabımız:





EK-8A:



KÜTLEYİ ÖLÇÜYORUM ETKİNLİK KAĞIDI

Sevgili Genç Mühendisler,

Sizlere verilen maddelerin/cisimlerin kütlelerini ölçmenizi istiyorum. Takım üyeleri, takımınıza verilen malzemeleri alınız. Her bir madde için ölçümünüzü hassas terazide ölçerek tabloya sırasıyla yazınız. Ölçüm işleminin ardından her bir takım üyesi kendilerine verilen malzemeler için kütle ölçüm sonuçları hakkında sütun grafiği çizecektir. Başarılar dilerim...







EK-8B:



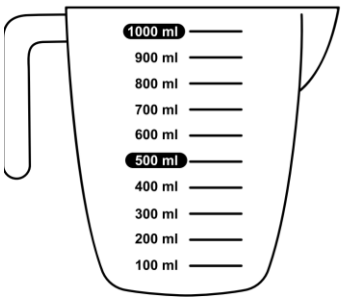


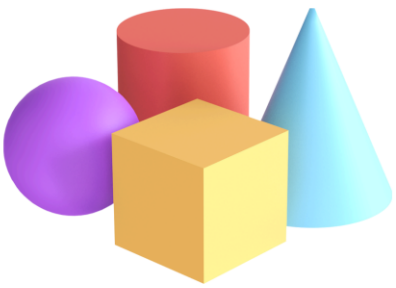
HACMİ ÖLÇÜYORUM ETKİNLİĞİ

Sevgili Genç Mühendisler,

Sizlere verilen maddelerin/cisimlerin hacimlerini ölçmenizi istiyorum. Takım üyeleri, takımınıza verilen malzemeleri alınız. Her bir madde için ölçümünüzü tabloya sırasıyla yazınız. Düzgün şekle sahip katı cisim olan küp, dikdörtgenler prizması ve silindir için öğretmeniniz tarafından açıklanan hesaplama yolu ile bunların hacimlerini hesaplayınız. Düzgün olmayan katı cisimler için ise belirli hacme kadar doldurulan suyun içerisine bırakılan cisimlerin suyun yüksekliğinde oluşan değişimden yararlanarak hacim değeri bulunabilir. Son olarak sıvıların hacimleri ise dereceli silindir veya beher yardımıyla bulunabilir. Bu şekilde hacimleri ölçerek öğretmeninizin onayı ile tabloya yazınız. Ölçüm işleminin ardından her bir takım üyesi hacim ölçüm sonuçlarını kullanarak sütun grafiği çizecektir. Başarılar dilerim...











YOĞUNLUĞU HESAPLIYORUM ETKİNLİĞİ

EK-9A:



Sevgili Mühendisler,

Sizlere verilen maddelerin kütlelerini ve hacimlerini başarılı bir şekilde ölçtünüz. Şimdi o ölçümlerinizde elde ettiğiniz verileri kullanarak yoğunlukları hesaplamanızı istiyorum. Her bir takım kendi elde ettikleri sonuçlardan hesaplama yaparak yoğunlukları bulacaklardır. Elde ettiğiniz sonuçlarınızı ise aşağıdaki tabloya yazınız.

Aşağıdaki boşluklara ilk 3 ölçümünüze ait maddelerin yoğunluklarının hesaplamasını yapınız. Tüm maddelerin yoğunluklarını hesaplayıp sadece miktarlarını tabloya yazınız.

1.Ölçüm için Yoğunluk Hesaplaması:







EK-9B:

Etkinlik Sonu Soruları



1.Yoğunlukları yazarken yoğunluk büyüklük değerinde yuvarlama yaptınız mı?

( ) Evet **( ) Hayır**

Cevabınız evet ise yoğunluk büyüklük değerlerini yuvarladığınızda diğer takımlardaki arkadaşlarınızın hesapladıkları değerler ile uyuşuyor mu? Bu durumun nedenini açıklar mısınız?

Cevabınız hayır ise yoğunluk büyüklük değerlerini yuvarladığınızda bu durum bir soruna yol açar mı? Neden bu şekilde düşünüyorsunuz? Açıklar mısınız?





Ek-10A **TASARIM ZORLUĞUNUN TANIMLANMASI ETKİNLİĞİ**

Sevgili Genç Mühendisler,

Herhangi bir tasarım sürecinin ilk adımı, tasarımınız ile çözmek istediğiniz problemi ya da zorluğu tanımlamaktır. Problemin tanımlanması, herhangi bir gerçek tasarım çalışması başlamadan önce yapılan hazırlık çalışmasıdır. Problemin tanımlanması kimi zaman "kapsam belirleme ya da sınırları ortaya koyma" olarak da adlandırılmaktadır. Bu durum aslında bir keşfetme, sorgulama ve hedef belirlemeyi içine alan bir süreçtir. Tasarım probleminizdeki zorluğu tanımlamak ve bir tasarım sorusu oluşturmak için bu etkinlik sayfasını kullanınız.

Zorluğunuzun Sınırlarını Belirleme: Bu adımın temel amacı ne yapacağınıza veya tasarlayacağınıza karar vermek değildir. Çözmeye çalıştığınız tasarımınızın ne yapması gerektiğini, kimin için ve hangi kriter ve kısıtlamaları dikkate alınması gerektiğini anlamaktır. Doğru meydan okuma sorusuna ulaşmak için birkaç tur sorgulama gerekebilir.

İşte Size Yol Gösterecek Bazı İpuçları ve Öneriler:

1.Zorluğu Bir Soru Olarak İfade Edin: Çalışmak istediğiniz konu bir denizaltı keşif aracı tasarlamaktır. Bu nedenle tasarım probleminizi tek bir cümleyle ifade etmeyi deneyiniz. Bunu yapmak için nasıl sorusunu kullanabilirsiniz. Örneğin:

- Sokak hayvanlarının aç kalmalarını nasıl önleyebiliriz?
- Depremlerdeki kayıpları nasıl önleyebiliriz?
- Şehirdeki bisikletlileri geceleri sürücüler için nasıl daha görünür hale getirebiliriz?

2.Sizlere verilen tasarım problemini dikkate alınız. Tasarım problemi, dikkate alınması gereken kriterlerin bir parçasıdır. Tasarım problemi pek çok faktörü içerebilir. Bu nedenle tasarımı kullanacakların ihtiyaçlarını dikkatlice belirlemelisiniz. Bunun yanında tasarımınızın kullanılacağı yeri veya ortamı belirlemek de çok önemlidir. Bu nedenle tasarlama işinin başında iken doğru soruyu sormak, tasarımınızda size yol gösterecek yenilikçi ve etkili bir çözüme ulaşma şansınızı artıracaktır.

3.Yukarıdaki bilgileri kullanarak sizde tasarım probleminize dair bu şekilde bir soru sorunuz. Sorunuzu önce bireysel olarak sonra takım arkadaşlarınızla tartışarak aşağıdaki boşluklara yazınız.

Bireysel Sorum:

Takım Sorumuz:

Takımın Adı: Tarih:

Takım Üyesinin Adı:

TASARIMCILAR DOĞADAN NASIL İLHAM ALIRLAR?

Biyomimikri Tasarım Tablosu		Biyomimikri Tasarım Tablosu	
Canlı (Organism)		Canlı (Organism)	
Yapı (Trait)		Yapı (Trait)	
İşlev (Function)		İşlev (Function)	
Biyolojik Strateji (Biological Strategy)		Biyolojik Strateji (Biological Strategy)	
İnsanlar Tarafından Tasarıma Uyarlaması (Human Design Application)		İnsanlar Tarafından Tasarıma Uyarlaması (Human Design Application)	
Açıklama: _____'nın tasarımı için biyolojik bir modeldir/model olabilir.		Açıklama: _____'nın tasarımı için biyolojik bir modeldir/model olabilir.	

EK-11A BİYOLOJİDEN MÜHENDİSLİĞE EŞ ANLAMLILIK SÖZLÜĞÜ

Biyolojik Strateji İngilizce	Biyolojik Strateji Türkçe	Mühendislik Terimi İngilizce	Mühendislik Terimi Türkçe
Abscission	Dökmek, dökülmek	**Separate**	Ayırmak, ayrılmak, bölmek, bölünmek
Absorb	Emmek, yutmak, çekmek	**Import, Contain, Collect**	Almak, içeri aktarmak, içermek, ihtiva etmek, toplamak, biriktirmek
Acclimatize	Uyum sağlamak, alışmak, iklime veya çevreye uyum sağlamak	**Change**	Farklılaşmak, dönüşüm
Acid	Ekşi, ekşime	**Liquid Material**	Sıvı malzeme
Activate, Active	Aktive etmek, etkinleştirmek, harekete geçirmek, faal, etkin hareketli, canlı, etkin	**Link, Actuate, Status Signal**	Bağlantı, oynak kısım, birleştirmek, birbirine bağlamak, çalıştırmak, ateşlemek, sinyal durumu
Adenosine	Adenozin, doğada çeşitli şekillerde yaygın olarak bulunan biyolojik (organik) bir madde	**Solid-Solid Mixture Material**	Katı-Katı Karışım Maddesi
Adhere	Sıkşmak, sıkıştırmak, bağlı kalmak	**Join**	Birleştirmek, eklemek, bağlamak, karıştırmak, eklemlemek
Adipose	Hayvansal yağ, yağlanmak	**Solid-Object Material**	Katı Cisim Materyali
Adrenocorticotropin	Adrenokortikotropik hormon (ACTH), hipofizin ön lobunda üretilen polipeptid yapıda bir hormondur.	**Liquid-Liquid Mixture Material**	Sıvı-Sıvı Karışım Maddesi
Air	Hava, dolaşım	**Gas-Gas Mixture Material**	Gaz-Gaz Karışım Maddesi
Algae	Alg, su yosunları	**Solid-Liquid Mixture Material**	Katı-Sıvı Karışım Maddesi
Allele	Alel, eş gen, gen çifti	**Status Signal**	Durum sinyali
Alter	Değişim geçirmek, başkalaşmak	**Change**	Farklılaşmak, dönüşüm
Alternate	Sıra ile yapmak, birbirini sırayla izleyen (şeyler), biri sağda biri solda olan (yapraklar)	**Change**	Farklılaşmak, dönüşüm
Anaphase	Mayoz veya mitoz (hücre bölünmelerinde) kromozomların çekirdekte zıt uçlara doğru hareket ettiği üçüncü aşama	**Divide, Status Signal**	Bölünmek, ayrılmak, bölmek, parçalara ayırmak, sinyal durumu
Angiosperm	Kapalı tohumlu bitki	**Solid-Object Material**	Katı Cisim Materyali
Apoplast	Bitkinin protoplazmik (sitoplazması) olmayan bileşeni	**Solid-Object Material**	Katı Cisim Materyali
Archaea	Arke, ilkel mikroskobik canlı	**Solid-Object Material**	Katı Cisim Materyali



SOYUTLAMA BASAMAĞI ETKİNLİĞİ (TAKIM ÇALIŞMASI) **Ek-11B**

TAKIM ADI:

1. Biyomimikri tasarım tablosunda yer alan biyolojik stratejilere ait cümlenizi aşağıdaki boşluğa yazınız. Cümledeki biyolojik anahtar kelimelerin üstünü mavi kalem ile çiziniz.



TASARIM FİKRİ (BİREYSEL ÇALIŞMA) KAĞIDI

Ek-12A

TAKIM ADI: **TAKIM ÜYESİNİN ADI:**

Sevgili Genç Mühendisler,

Sürecin başında size sunulan problemi dikkatlice okuyunuz. Bu aşamaya kadar öğrendiğiniz tüm bilimsel bilgileri kullanarak problemin çözümü için tasarım fikrinizi bireysel olarak ortaya koyacaksınız.

1. Problemi çözmek için ortaya koyduğun tasarım fikrinde hangi canlının/canlıların yapılarını ve işlevlerini kullandın?

2. Problemi çözmek için ortaya koyduğun tasarım fikrinde neden bu canlının/canlıların yapılarını ve işlevlerini kullandın?



ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİ DEĞERLENDİRME KÂĞIDI-1 (TAKIM ÇALIŞMASI) Ek-13A

TAKIM ADI: **TAKIM ÜYESİNİN ADI:**

Tasarım görevinizi gerçekleştirmek için takım üyelerinizin tasarım görevine ilişkin çözüm önerilerini inceleyiniz. Takımınızla birlikte beyin fırtınası yaparak çözüm önerilerinizi belirleyiniz. Tasarım önerilerini sıralayarak her bir önerinin olumlu ve olumsuz yönlerini belirledikten sonra karar veriniz.

1. Tasarım problemini çözmek için tasarım çözümünüzü aşağıdaki boşluğa yazar mısınız?



2. Tasarım problemini nasıl çözmeyi planlıyorsunuz aşağıdaki boşluğa yazar mısınız?





TEST ETME AŞAMASI-2 ETKİNLİK KAĞIDI **Ek-14B**

TAKIM ADI: **TAKIM ÜYESİNİN ADI:**

1. Deniz altı keşif aracı tasarlamak için canlıların başka hangi özelliklerini kullanabilirsiniz?

2.Takım üyeleriniz denizaltı keşif aracı prototipinin iyileştirilmesinde ne gibi çözüm önerileri sunmuştur?



KARAR VERME AŞAMASI ETKİNLİK KAĞIDI

Ek-15A

TAKIM ADI: **TAKIM ÜYESİNİN ADI:**

1. Tasarım probleminizi çözmek için doğadan hangi yapıları ve işlevleri kullanmaya karar verdiniz?

2. Neden bu kararı verdiniz?

EK 8. Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formu

MÜHENDİSLİĞİN DOĞASINA YÖNELİK GÖRÜŞLER; İLKÖĞRETİM VERSİYONU (MDYG)

Ad Soyad:_____

Sınıf Seviyesi:_____

Tarih:_____

Açıklamalar

- *Lütfen aşağıdaki her soruyu cevaplayınız. Soruları cevaplamak için her soru altında bulunan bölümü ve sayfanun arka yüzünü kullanabilirsiniz.*
- *Aşağıdaki bazı sorular birden fazla bölüm içermektedir, bu nedenle lütfen her bölüm için cevap verdiğinizden emin olunuz.*
- ***Bu bir test ya da sınav değildir, ve notlandırılmayacaktır.*** *Aşağıdaki her sorunun "doğru" ya da "yanlış" cevabı yoktur, sadece her soru hakkındaki fikir ve görüşleriniz ile ilginilmektedir.*
- *İhtiyaç duyulursa fikirlerinizi açıklamak adına çizim yapabilirsiniz.*

1. Büyüdüğün zaman ne tür bir meslek/meslekler sahibi olmak istersin?

2. Mühendislik nedir? Mühendisler ne iş yapar?

3. Büyüyünce mühendis olmayı hiç düşündün mü? Cevabın evet ise “Evet”, hayır is “Hayır” yanıtını işaretleyerek lütfen sebebini açıkla.

❑ *Evet, mühendis olmayı düşünmemin sebebi*_____

❑ *Hayır, mühendis olmayı düşünmememin sebebi*_____

4. Lütfen bir mühendisi çalışma ortamında hayal edin ve hayalinizdeki bu mühendisi aşağıdaki kutuya çizin



Lütfen kısa cümlelerle çizmiş olduğun mühendis hakkında bilgi veriniz.

- *Çizdiğiniz mühendisin çalışma ortamı nasıl?*

- *Çizdiğiniz mühendis hangi alanda çalışıyor?*

- *Çizdiğiniz mühendis çizimde ne yapıyor?*

5. (a) Öğrenmiş ya da öğrenmekte olduğun diğer meslekler neler?

(b) Mühendislik diğer mesleklerden hangi açıdan farklıdır?

6. Daha önce “mühendislik tasarım süreci” ifadesini duydun mu?

❑ *Evet*_____

❑ *Hayır*_____

Cevabın “Evet” ise, “mühendislik tasarım süreci” sana ne/neler ifade ediyor?

7. Mühendislik her zaman insanların problemleri için çözüm bulma arayışındadır. Mühendislerin ürettiği bu çözümlerin gelecekte değişeceğini düşünüyor musun?

8. Mühendisler çalışma ortamında yaratıcılık ve hayal güçlerini kullanırlar mı?

❑ *Evet, kullanırlar çünkü*_____

❑ *Hayır, kullanmazlar çünkü*_____

9. "Orta Amerika ve Karayipler'de coğrafi konumlarından dolayı çok şiddetli kasırga ya da rüzgarlar meydana gelmektedir. Bu nedenle birçok bina büyük hasar görmekte hatta yıkılmaktadır. Bu nedenle binaların yıkılmaması ya da daha az hasar görmesi için daha sağlam yapı ve tasarıma ihtiyaç vardır."

Karşılaşılan bu sorunu çözmek için birden fazla mühendisten "Kasırga Kulesi" tasarlamaları isteniyor. Tasarım süresi sonunda her mühendisin tasarımları değerlendirildiğinde "en iyi" ve "tek tip" tasarım var mıdır?

❑ *Evet, çünkü*_____

❑ *Hayır, çünkü*_____

10. Mühendislik tasarım çözümleri (örneğin; meşrubat içeceği kıracağı, köprüler, bilgisayarlar vs.) nasıl hayatımızı etkiler?

11. Mühendisler nasıl çalışırlar? Yalnız olarak mı yoksa grup halinde mi?

MÜHENDİSLİĞİN DOĞASININ YÖNLERİNİN AÇIKLAMALARI

Mühendisliğin Doğası Yönleri	Tanım
Sınırlama Kriteri (Mühendislik nedir? Mühendisler ne yaparlar?)	Mühendislik, belirli problemlere çözüm bulmak için sistematik olarak tasarım yapmaktır. Mühendisler, gerçek dünya sorunlarına çözümler üretmek için doğal dünya anlayışlarını (bilimsel bilgilerini) kullanırlar. Bu çaba yeni teknolojilerle sonuçlanır. K-12 düzeyinde, "bilim" genellikle geleneksel doğa bilimleri anlamına gelir: fizik, kimya, biyoloji ve (daha yakın zamanda) yer, uzay ve çevre bilimleri... "Mühendislik" terimini çok geniş anlamda, belirli insan sorunlarına çözüm bulmak için sistematik bir tasarım pratiğine herhangi bir katılımı ifade etmek için kullanılmaktadır. Benzer şekilde, "teknoloji" terimini genel olarak her türlü insan yapımı sistem ve süreci içerecek şekilde kullanılmaktadır. Teknolojiler, mühendislerin doğal dünya ve insan davranışı anlayışlarını insan ihtiyaç ve isteklerini karşılamanın yollarını tasarlamak için uyguladıklarında ortaya çıkmaktadır. (NRC, 2012, s. 11-12)
Mühendislik Tasarım Süreci	Mühendislik tasarımının temel fikri üç bileşen fikrini içermektedir (NGSS Lead States, 2013): Tanımlama, Tasarlama ve Optimize Etme'dir. A. Tanımlama: Mühendislik problemlerinin tanımlanması ve sınırlandırılması, çözülecek problemin başarı kriterleri ve kısıtlamalar veya sınırlılıklar açısından mümkün olduğunca açık bir şekilde belirtilmesini içerir. B. Tasarlama: Mühendislik problemlerine çözüm tasarlamak, bir dizi olası çözüm üretmekle başlar. Bu potansiyel çözümler daha sonra hangilerinin sorunun kriterlerini ve kısıtlamalarını en iyi şekilde karşıladığını değerlendirmek için değerlendirilir. C. Optimize Etme: Tasarım çözümünün optimize edilmesi, çözümlerin sistematik olarak test edildiği ve iyileştirildiği ve daha az önemli özelliklerin daha önemli olanlarla takas edilmesiyle nihai tasarımın iyileştirildiği bir süreci içerir.
Ampirik temel	Mühendisler tasarım çözümlerini optimize eder ve test verilerinden elde edilen kanıtlara dayanarak alternatif çözümleri karşılaştırır. Sorunun duyarsız olduğu değişkenleri içermeyen basitleştirilmiş modeller üretmek için varsayımları kullanırlar.
Belirsizlik	Mühendislik tasarım sürecinin aşamaları, bilimsel araştırmanın "adımları" kadar her zaman ardışık sırayla takip etmez. Herhangi bir aşamada, bir problem çözücü problemi yeniden tanımlayabilir veya işe yaramayan bir fikrin yerine yeni çözümler üretebilir.
Yaratıcılık	Mühendislerin yaratıcılığı ve hayal gücü, mühendislik tasarım sürecinde büyük rol oynar. Yaratıcılığın ve hayal gücünün rolü, mühendislik tasarım sürecinin belirli bir aşamasıyla sınırlı değildir.
Öznellik	Bir mühendislik tasarım probleminin benzersiz bir çözümü yoktur. Aynı soruna birçok çözüm bulunabilse de bu çözümlerden bazıları sorunun kriterlerini ve kısıtlamalarını karşılamaya daha uygun olabilir.
Mühendisliğin Sosyal Yönü	Mühendislik tek başına yapılan bir uğraş değildir. Mühendislik tasarım çözümleri sosyal etkileşim yoluyla inşa edilir. Bireysel farklılıklarına rağmen, bir mühendislik topluluğunun üyeleri, ortak anlayışları, gelenekleri ve değerleri paylaşırlar. Bu sosyal boyut, mühendislik tasarım çözümlerinin kalitesini artırır.
Sosyal ve Kültürel Gömülülük	Mühendislik bir insan faaliyetidir. Mühendislik ve toplum arasında sürekli bir etkileşim vardır. Sosyokültürel faktörler mühendislik tasarım sürecini etkiler ve buna karşılık mühendislik toplumu etkiler. Bu sosyal ve kültürel faktörler, sosyal kompozisyon, din, dünya görüşü, politik ve ekonomik faktörleri içerir.

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüşlerin Kategorizasyonu

Kategorizasyon	Yetersiz	Yeterli	Bilgilendirilmiş
Sınırlama Yönü	Mühendislik hakkında anlaşılamayan veya alakasız yanıt	Mühendisliğin belirli sorunlara yönelik ilgi çekici çözümler olarak tanımlanması, ancak kapsamlı açıklama veya örneklerin eksikliği	Mühendisliğin belirli sorunlara yönelik ilgi çekici çözümler ve yeni teknolojiler olarak tanımlanması ve bu görüşün genişletilmiş açıklamalar veya örneklerle desteklenmesi
Mühendislik Tasarım Süreci (MTS) Yönü	MTS'nin 7 adımıyla uyumlu değil	MTS'nin 7 adımının tanımlanması ancak ayrıntılı açıklama veya örneklerin eksikliği	MTS'nin 7 adımının tanımlanması. Ayrıca bu görüşün genişletilmiş açıklama veya örneklerle desteklenmesi.
Geçicilik	MTS aşamalarının tanımlanması ve her zaman aynı sırayla takip edilmesi veya MTS adımları hakkında uygun olmayan görüş bildirilmesidir.	MTS aşamalarının tanımlanması ve her zaman aynı sırayla gerçekleşmemesi ifade edilmiş ancak ayrıntılı açıklama veya örnek eksikliği bulunur.	MTS aşamalarının tanımlanması ve her zaman aynı sırayla gerçekleşmemesi ifade edilmiştir. Ayrıca bu görüşü destekleyen genişletilmiş açıklamalar veya örnekler yer almaktadır.
Yaratıcılık	MTS sırasında yaratıcılığın önemli bir rol oynamaması veya kısıtlanmasının ifade edilmesidir.	MTS sırasında yaratıcılığın önemli bir rol oynadığının kabul edilmesi, ancak kapsamlı açıklama veya örnek eksikliği bulunur.	MTS'nin herhangi bir aşamasında bir problem çözücünün yaratıcılığında önemli bir rol oynadığı kabul edilir ve bu görüş, genişletilmiş açıklamalarla veya örneklerle desteklenmektedir.
Öznellik	Bir mühendislik tasarım problemine yönelik benzersiz çözümün ifade edilmesidir.	Bir mühendislik tasarım problemine yönelik benzersiz bir çözümün bulunmaması, diğer bir ifadeyle aynı probleme yönelik birçok çözüm olabilmesine rağmen, kapsamlı açıklamaların veya örneklerin bulunmamasıdır.	Mühendislik tasarım problemlerine yönelik tek bir çözümün olmadığının kabul edilmesi, diğer bir ifadeyle önyargılar, değer yargıları ve bu görüşün genişletilmiş açıklamalarla veya örneklerle desteklenmesi nedeniyle aynı probleme birden fazla çözüm ortaya konmasıdır.
Sosyal ve kültürel yön	Mühendisliğin, uygulandığı kültürlerden, değerlerden ve normlardan etkilenmediğini ifade eder.	Sosyo-kültürel değerlerin mühendislik tasarım çözümleri üzerindeki etkisini kabul eder, ancak kapsamlı açıklamaların veya örneklerin eksikliği bulunmaktadır.	Sosyo-kültürel değerlerin mühendislik tasarım çözümleri üzerindeki etkisini kabul eder. Ayrıca bu görüşünü genişletilmiş açıklamalarla veya örneklerle destekler.
Mühendisliğin Sosyal Yönü	Mühendisliğin yalnız bir uğraş olarak kabul edilmesi ve mühendislik tasarım çözümlerinin toplumsal müzakere yoluyla oluşturulmaması ifade edilir.	Mühendislik tasarım çözümlerinin sosyal müzakere yoluyla oluşturulduğu ve bu da mühendislik tasarım çözümlerinin kalitesini artırdığı ifade edilir; ancak kapsamlı açıklamaların veya örneklerin eksikliği bulunmaktadır.	Mühendislik tasarım çözümlerinin tanınması sosyal müzakere yoluyla inşa edilir ve bu, mühendislik tasarım çözümlerinin kalitesini artırır ve bu görüşün genişletilmiş açıklamalarla veya örneklerle desteklenmiştir.

Mühendisliğin Doğasına Yönelik Görüş Formunun Analizi için Puanlama Sistemi

Puan	Puanın Karşılığı
0 Puan	Yanıt verilmemiş, anlaşılmaz veya alakasız yanıt verilmiş veya yanıtın kategorize edilememesi.
1 Puan	Mühendisliğin Doğasına yönelik belirtilen yönünün açıklamasıyla uyumlu olmayan bir yanıt.
2 Puan	Mühendisliğin Doğasına yönelik belirtilen yönünün açıklamasıyla kısmen uyumlu bir yanıt.
3 Puan	Mühendisliğin Doğasına yönelik belirtilen yönünün açıklamasıyla tamamen uyumlu bir yanıt.
4 Puan	Mühendisliğin Doğasına yönelik belirtilen yönünün açıklamasıyla tamamen uyumlu bir yanıt. Görünüm iyi ifade edilmiş ve ilgili örnek(ler)le desteklenmiş bir yanıt.

(Deniz et al., 2020).

EK 9. Karar Verme Becerileri Testi

KARAR VERME BECERİ TESTİ

Sevgili Öğrenci,

Aşağıda yer alan sorular günlük yaşamda karşılaştığınız bazı durumlara yönelik verdiğiniz/vermeniz gereken kararlar ile ilgilidir. Soruları dikkatlice okuyarak size en uygun gelen seçeneği, dağıtılan cevap kağıdına işaretlemeniz gerekmektedir. Başarılar…

1., 2. ve 3. Soruları çözmek için aşağıda yer alan açıklamaya ve tablodaki verilere ihtiyaç duyulacaktır.

Sinop ilçe merkezinde bir ilköğretim okulunda öğrenci olan Serkan'ın babası Yakup Bey bir kırtasiye açmayı planlamaktadır. Kırtasiyeyi açmak için kendisine 6 yer seçeneği belirlemiş ve bunları şöyle sıralamıştır.

- Okullar Caddesi
- İtfaiye Caddesi
- Zeytinlik Yolu
- Korucuk-Fakülte Yolu
- Okulaltı Sokak
- Gelincik Mahallesi Yolu

Yakup Bey belirlediği 6 seçenekten birine karar vermek için oğlu Serkan ile birlikte, seçeneklerin önemini belirleyen bazı ölçütler çıkartmış ve aşağıdaki tabloya aktarmışlardır.

Seçenekler / Ölçütler	Ada Mahallesi	İtfaiye Caddesi	Zeytinlik Yolu	Korucuk-Fakülte Yolu	Okulaltı Sokak	Gelincik Mahallesi Yolu
Rekabet Şartları	8	6	8	8	4	7
Merkeze Yakınlık	4	9	7	3	6	6
Yakınında Okul Bulunma	6	7	6	5	6	7
Dükkan Kiraları	6	4	7	6	5	7
Uygun Genişlikte Dükkan Bulabilme	4	3	4	4	3	6

- *Tabloda verilen ölçütler ile ilgili puan uygulaması **10 puan üzerinden** yapılmıştır.*
- *Bir ölçüte yönelik **yüksek puana sahip olan seçenek kırtasiye açmak için en uygun**, **düşük puana sahip olan seçenek ise daha az uygundur**. Örneğin dükkân kiraları kriteri için 10 puan kiranın çok uygun olduğunu, 1 puan kiranın uygun olmadığını göstermektedir.*

1) Öncelikle **<u>rekabet şartlarına önem verip ardından diğer ölçütleri değerlendirmeye dahil eden</u>** Yakup Bey'in hangi yer seçeneği tercih etmesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi **B)** İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu **D)** Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak **F)** Gelincik Mahallesi Yolu

2) Verecekleri karar için **<u>dükkan kiraları ve yakınında okul bulunma ölçütlerinin diğer kriterlerden daha önemli olduğunu</u>** düşünen Serkan'ın, babasına hangi yer seçeneğini önermesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi
B) İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu
D) Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak
F) Gelincik Mahallesi Yolu

3) **Ölçütlerle ilgili gerçekleştirilen puanlamada <u>1-4 arası puanlar başarısız</u>, <u>5-7 arası puanlar kabul edilebilir</u> ve <u>8-10 arası puanlar çok başarılı</u> olarak değerlendirildiğinde, tüm kriterleri göz önünde bulunduran** Yakup Bey ve Serkan'ın kırtasiye için hangi yer seçeneğini tercih etmesi en uygun olur?

A) Ada Mahallesi
B) İtfaiye Caddesi
C) Zeytinlik Yolu
D) Korucuk-Fakülte Yolu
E) Okulaltı Sokak
F) Gelincik Mahallesi Yolu

4. ve 5. Soruları çözmek için Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de yer alan bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Şekil 1. Sercell Operatörüne Ait Tarifeler



1. Tarife

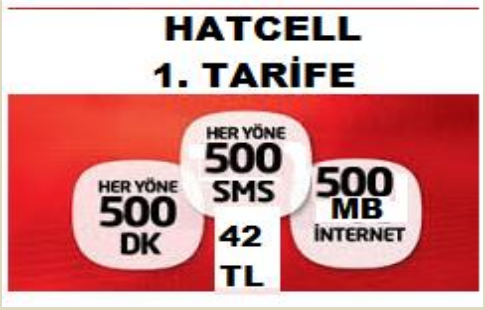
Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb



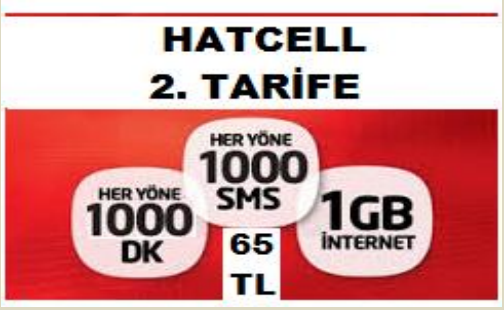
2. Tarife

Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Şekil 2. Hatcell Operatörüne Ait Tarifeler



Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb



Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

Şekil 3. Fatcell Operatörüne Ait Tarifeler



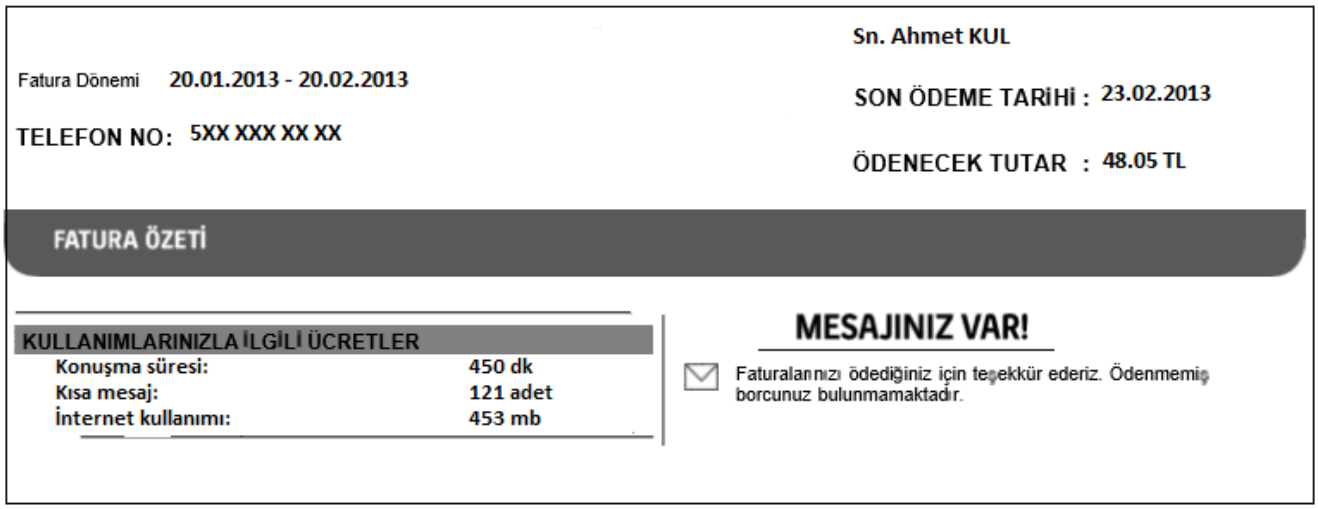
Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb



Paket aşımı halinde faturaya yansıtılacak ücretlendirme;
Konuşma: 0,5 TL / dakika
Kısa mesaj: 0,5 TL / adet
İnternet: 0,5 TL / 10 Mb

4) Yukarıda çeşitli GSM operatörlerine ait bazı tarife kampanyaları görülmektedir**. Buna göre, kullandığı cep telefonu hattına ait 20 Ocak - 20 Şubat dönemi faturası aşağıda görülen Ahmet Bey' in belirtilen tarifeler içerisinden hangisini seçmesi en uygundur?**

Şekil 4. Ahmet Bey'e Ait Cep Telefonu Faturası



A) Sercell Operatörüne ait 1. Tarife

B) Sercell Operatörüne ait 2. Tarife

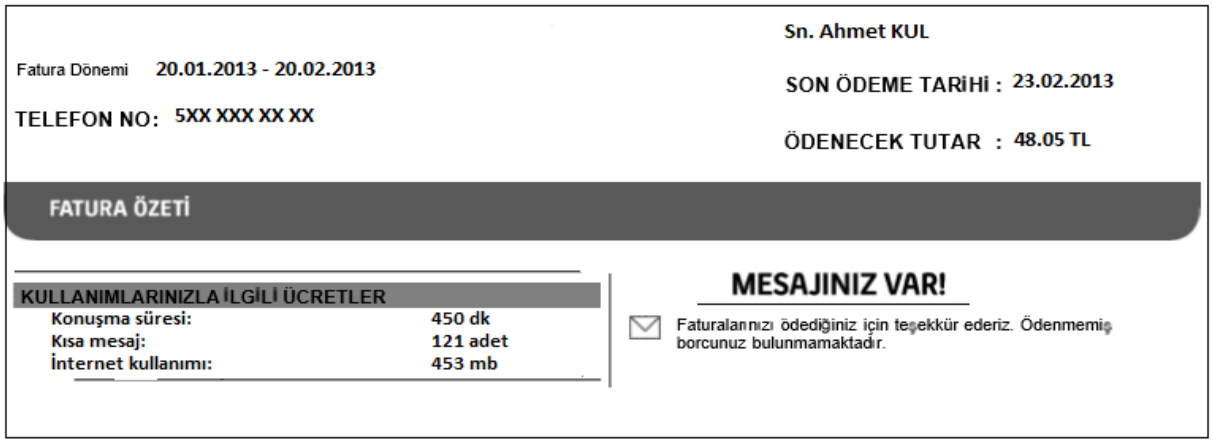
C) Hatcell Operatörüne ait 1. Tarife

D) Hatcell Operatörüne ait 2. Tarife

E) Fatcell Operatörüne ait 1. Tarife

F) Fatcell Operatörüne ait 2. Tarife

5) Ahmet Bey kararını, kullandığı cep telefonuna ait aşağıda belirtilen 3 farklı faturayı inceleyerek verdiği taktirde hangi tarifeyi seçmesi en uygun olur?



Sn. Ahmet KUL

Fatura Dönemi 20.01.2013 - 20.02.2013

SON ÖDEME TARİHİ : 23.02.2013

TELEFON NO: 5XX XXX XX XX

ÖDENECEK TUTAR : 48.05 TL

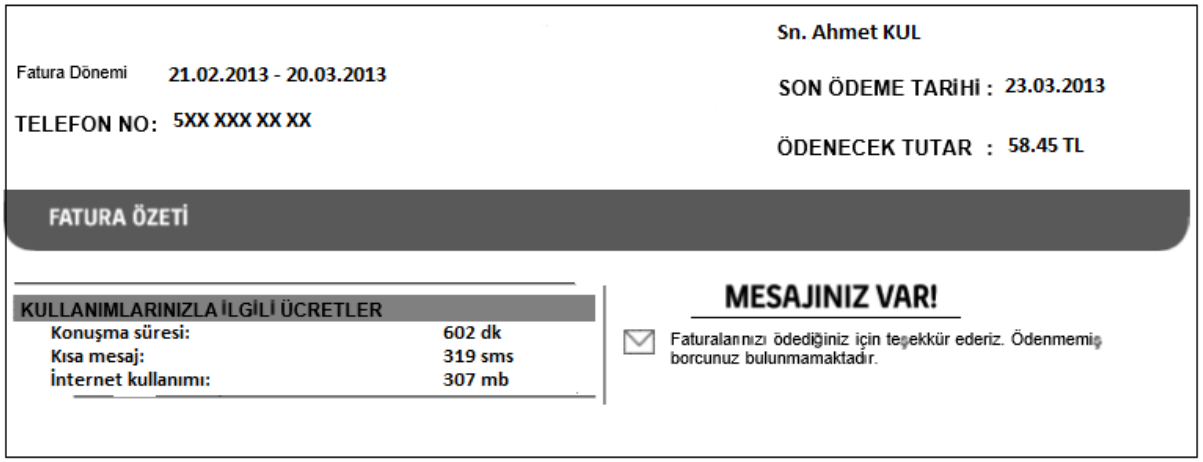
FATURA ÖZETİ

KULLANIMLARINIZLA İLGİLİ ÜCRETLER

Konuşma süresi:	450 dk
Kısa mesaj:	121 adet
İnternet kullanımı:	453 mb

MESAJINIZ VAR!

Faturalarınızı ödediğiniz için teşekkür ederiz. Ödenmemiş borcunuz bulunmamaktadır.



Sn. Ahmet KUL

Fatura Dönemi 21.02.2013 - 20.03.2013

SON ÖDEME TARİHİ : 23.03.2013

TELEFON NO: 5XX XXX XX XX

ÖDENECEK TUTAR : 58.45 TL

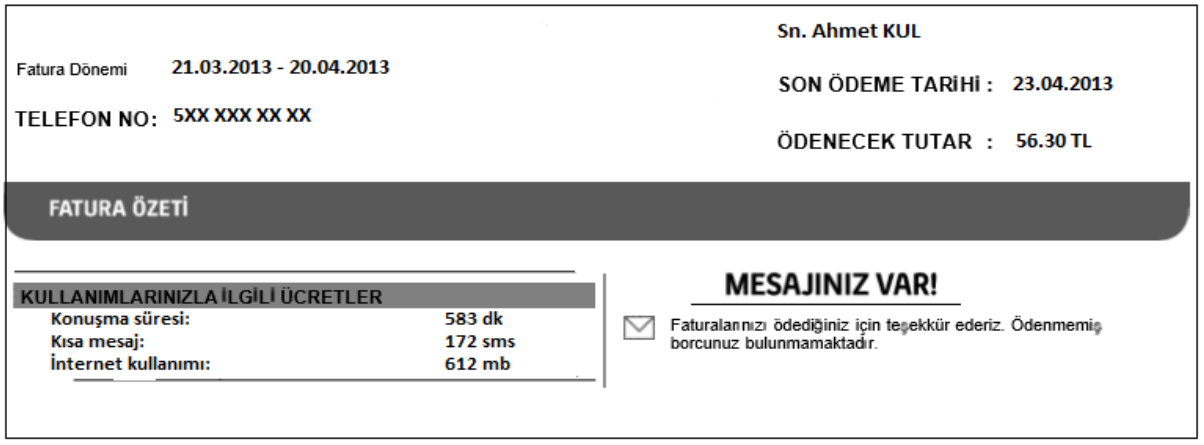
FATURA ÖZETİ

KULLANIMLARINIZLA İLGİLİ ÜCRETLER

Konuşma süresi:	602 dk
Kısa mesaj:	319 sms
İnternet kullanımı:	307 mb

MESAJINIZ VAR!

Faturalarınızı ödediğiniz için teşekkür ederiz. Ödenmemiş borcunuz bulunmamaktadır.



Sn. Ahmet KUL

Fatura Dönemi 21.03.2013 - 20.04.2013

SON ÖDEME TARİHİ : 23.04.2013

TELEFON NO: 5XX XXX XX XX

ÖDENECEK TUTAR : 56.30 TL

FATURA ÖZETİ

KULLANIMLARINIZLA İLGİLİ ÜCRETLER

Konuşma süresi:	583 dk
Kısa mesaj:	172 sms
İnternet kullanımı:	612 mb

MESAJINIZ VAR!

Faturalarınızı ödediğiniz için teşekkür ederiz. Ödenmemiş borcunuz bulunmamaktadır.

A) Sercell Operatörüne ait 1. Tarife
B) Sercell Operatörüne ait 2. Tarife
C) Hatcell Operatörüne ait 1. Tarife
D) Hatcell Operatörüne ait 2. Tarife
E) Fatcell Operatörüne ait 1. Tarife
F) Fatcell Operatörüne ait 2. Tarife

6. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan bilgilere ihtiyaç duyulacaktır.

Hakan, katılacağı bir toplantı için şehir dışına çıkacaktır. Konaklamak için uygun bir otel arayan Hakan, yaptığı araştırma sonucunda gideceği şehirde bulunan otellere ait aşağıdaki tanıtım afişlerine ulaşmıştır.

 **SAHİL OTEL**	 **KALE OTEL**	 **MERKEZ OTEL**
Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet), Saç Kurutma Makinesi*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, Ahşap zemin*** bulunmaktadır. Ayrıca müşterilerimiz otelimize ait ***Havuz***'dan yararlanabilirler.	Odalarımızda;***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet), Saç Kurutma Makinesi*** bulunmaktadır. Ayrıca müşterilerimiz ***Kuru Temizleme*** hizmetinden de yararlanabilirler.
*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti **108 TL** dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti sadece **80 TL** dir.*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti **130 TL** dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir.*
 **ŞİRİN OTEL**	 **BÜYÜK OTEL**	 **CAN OTEL**
Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet)*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***Banyo, Tuvalet, TV, Telefon*** bulunmaktadır.	Odalarımızda; ***TV, Telefon, Banyo, Klima, Tuvalet, WiFi (Kablosuz internet)*** bulunmaktadır.
Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 110 TL dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 75 TL dir (Sabah kahvaltısı ücrete dahildir).*	*Odalarımızın kişi başı gecelik ücreti 115 TL dir.*

Hakan'ın katılacağı toplantının yapılacağı salon ile otellerin konumlarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir.



6) Hakan, katılacağı toplantı öncesinde internet üzerinden son bir araştırma yapması gerekebileceğini düşündüğü için konaklayacağı otelde internet bağlantısının olmasını çok önemsemektedir. Bununla birlikte konaklama için Hakan'ın ayırdığı bütçe gecelik en fazla 120 TL dir. Otelin toplantı salonuna yakın olması da Hakan'ın kriterleri arasında yer almaktadır. **Buna göre Hakan'ın belirtilen otellerden hangisinde konaklaması en uygundur?**

A) Sahil Otel

B) Kale Otel

C) Merkez Otel

D) Şirin Otel

E) Büyük Otel

F) Can Otel

7. ve 8. Soruyu çözmek için aşağıda yer alan açıklamaya ve tablodaki verilere ihtiyaç duyulacaktır.

Sena, küçük bir elektronik gereçler mağazası işletmektedir. Mağazasında "Mp3 Player" satmayı düşünen Sena çeşitli teknik özellikleri inceledikten sonra A marka "mp3 player" satmaya karar vermiştir. Sena, yaptığı araştırma sonucu bu ürünü temin edebileceği farklı toptancı firmalara ait aşağıdaki verileri elde etmiştir.

	Maliyet		Kalite		Teslimat		
	Ürün fiyatı	Taşıma maliyeti	Hatasız ürün miktarı	Kalite sorununa çözüm	Zamanında teslimat	Doğru miktarda teslim	Ambalajlı teslim durumu
Güven Toptancı	13 TL	0.5 TL	★★★●●	★★★★●	★★★★★	★★★★●	★★★★●
Altın Toptancı	15 TL	0.5 TL	★★★★●	★★★●●	★★★★●	★★★★●	★★★★★
Yeşil Toptancı	15 TL	1 TL	★★●●●	★★★★★	★★★●●	★★★★●	★★★★●
Deniz Toptancı	14 TL	1.5 TL	★★★★●	★★★●●	★★★★●	★★★★★	★★★●●
Saygı Toptancı	16 TL	0.5 TL	★★★★●	★★★●●	★★★★●	★★★★●	★★★★●
Değer Toptancı	13 TL	0,5 TL	★★★●●	★★★★●	★★●●●	★★★★★	★★★●●

Tabloda yer alan yıldız gösterimi toptancının belirtilen kriter açısından durumunu göstermektedir. Sembollerin ne anlama geldikleri yandaki tabloda belirtilmiştir.

★★★★★	Çok iyi
★★★★●	İyi
★★★●●	Orta
★★●●●	Kötü
★●●●●	Çok kötü

7) Sena toptancısından temin ettiği ürünlerinin kalite bakımından hatasız olmasını çok önemsemektedir bununla birlikte diğer kriteler de göz önünde bulundurulduğunda, **Sena'nın hangi toptancıyı seçmesi en uygundur?**

A) Güven Toptancı
B) Altın Toptancı
C) Yeşil Toptancı
D) Deniz Toptancı
E) Saygı Toptancı
F) Değer Toptancı

8) Sena gibi elektronik cihazlar satan Aslı'da tabloda özellikleri belirtilen toptancılar arasından birini tercih edecektir. Aslı, Sena'dan farklı olarak bir kritere öncelik vermemekte toplam maliyet ve kalite – teslimat kriterlerini bir bütün olarak değerlendirmektedir. **Bu durumda Aslı'nın hangi toptancıyı seçmesi en uygundur?**

A) Güven Toptancı
B) Altın Toptancı
C) Yeşil Toptancı
D) Deniz Toptancı
E) Saygı Toptancı
F) Değer Toptancı

9. ve 10. Soruları çözmek için aşağıda yer alan bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ali ve en yakın arkadaşı Furkan ailelerinin kendilerine verdikleri bayram harçlıklarının bir kısmıyla, bir eğlence merkezine gitmek istemektedir. Ali'nin eğlence merkezi için ayırabileceği bütçe 35 TL, Furkan'ın ise 40 TL'dir. Ali ve Furkan internet yoluyla yaptıkları mini araştırmada birkaç alışveriş merkezinde bulunan eğlence merkezlerinin promosyon broşürlerini incelerler. İnceledikleri broşürlerden edindikleri bilgiler aşağıda belirtilmiştir.













Ali ve Furkan'ın eğlence merkezinde **en çok yapmak istedikleri, bowling oynamak ve sinema izlemektir**. **Ali eğlence merkezinde korku tüneline girmekten**, **Furkan ise buz hokeyi oynamaktan hoşlanmamaktadır**. İki sıkı arkadaş seçecekleri promosyon menüdeki **bütün aktiviteleri birlikte yapmak** istemektedir.

9) Buna göre Ali ve Furkan'ın hangi eğlence merkezine gitmesi en uygun olur?

A) Esnu AVM Eğlence Dünyası
B) Gökçe Eğlence Dünyası
C) Canlı AVM Eğlence Parkı
D) Manibo Eğlence Merkezi
E) Sin-Park Eğlence Dünyası
F) Eğlence Diyarı

Ali ve Furkan'ı gitmek istedikleri eğlence merkezine Ali'nin babası Serhat Bey bırakacaktır, Serhat Bey çocuklara gidecekleri eğlence merkezinin istedikleri gibi eğlenebilecekleri bir yer olmasının yanında evlerine yakın olması kriterini de eklemelerini söyler.



10) Ali ve Furkan'ın bulundukları yer ile eğlence merkezlerinin konumlarını gösteren harita yukarıda görülmektedir. **Bu durumda Ali ile Furkan'ın hangi eğlence merkezini tercih etmesi en uygun olacaktır?**

A) Esnu AVM Eğlence Dünyası
B) Gökçe Eğlence Dünyası
C) Canlı AVM Eğlence Parkı
D) Manibo Eğlence Merkezi
E) Sin-Park Eğlence Dünyası
F) Eğlence Diyarı



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR…