

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTAOKUL 5. SINIF BİLİM UYGULAMALARI DERSİNE
YÖNELİK STEM TEMELLİ BİR ÖĞRETİM TASARIMI:
DOĞADAN İLHAM ALAN TEKNOLOJİLER

Necip Fazıl ALPEREN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet TEKBIYIK

JÜRİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ

Doç. Dr. Kader BİRİNCİ KONUR

RİZE-2020

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORTAOKUL 5. SINIF BİLİM UYGULAMALARI DERSİNE YÖNELİK STEM
TEMELLİ BİR ÖĞRETİM TASARIMI: DOĞADAN İLHAM ALAN
TEKNOLOJİLER**

Doç. Dr. Ahmet TEKBIYIK danışmanlığında, Necip Fazıl ALPEREN tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 31/01/2020 tarihinde Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı, Adı Soyadı

İmza

Başkan	:	Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ
Üye	:	Doç. Dr. Kader BİRİNCİ KONUR
Üye	:	Doç. Dr. Ahmet TEKBIYIK



ÖNSÖZ

Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı ve Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında yapılan yenilikler ile STEM ve Mühendislik Eğitimi programa dahil edilmiş bulunmaktadır. Bu değişiklikler ile yeni öğretim programlarının uygulanması sırasında öğretim tasarımları ve ders içi uygulamaların eksikliği görülmektedir. Ayrıca uygulama sürecinde karşılaşılan sorunların çözümüne uygun ders etkinlikleri yeterince bulunmamaktadır. Bu çalışmada 2018 yılında yayınlanmış olan Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında 5.sınıf düzeyinde işlenmekte olan Doğadan İlham Alan Teknolojiler konusuna yönelik öğretim etkinliği geliştirilip uygulama süreci incelenmektedir. Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyerek, büyük bir özveri ile danışmanlık yaparak büyük katkı sağlayan Doç. Dr. Ahmet TEKBIYIK hocama teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çeşitli çalışmalarda desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet KÜÇÜK, Doç. Dr. Kader BİRİNCİ KONUR, Doç. Dr. Nagihan YILDIRIM, Dr. Öğr. Üyesi Nazihan URSAVAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Sinan ÇINAR hocalarıma teşekkür ederim.

Necip Fazıl ALPEREN

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Ortaokul 5. Sınıf Bilim Uygulamaları Dersine Yönelik STEM Temelli Bir Öğretim Tasarımı: Doğadan İlham Alan Teknolojiler” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 18/03/2020



Necip Fazıl ALPEREN

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ORTAOKUL 5. SINIF BİLİM UYGULAMALARI DERSİNE YÖNELİK STEM TEMELLİ BİR ÖĞRETİM TASARIMI: DOĞADAN İLHAM ALAN TEKNOLOJİLER

Necip Fazıl ALPEREN

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet TEKBIYIK**

Bu çalışmada 2018 Bilim Uygulamaları dersi öğretim programında yer alan Doğadan İlham Alan Teknolojiler konusuna yönelik bir öğretim tasarımının geliştirilerek uygulama sürecinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında 5.sınıf düzeyinde işlenmekte olan Doğadan İlham Alınan Teknolojiler (Biyomimikri) konusuna yönelik öğretmen kılavuzu ve öğretim materyalleri hazırlanmıştır.

Öğretmen kılavuzunda planlanmış olan ders uygulama adımları 68 tane 5.sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Uygulama süreci öncesinde ve sonrasında öğrencilere gerekli açıklamalar yapılmış, veri toplama araçları uygulanmıştır. Veriler, mühendislik ekip çalışması portfolyoları, biyomimikri modelleme ve sunum rubriği ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile elde edilmiştir. Bulgular incelendiğinde öğrenci gruplarının mühendislik tasarım sürecinin tüm aşamaları için ürünler verdiği görülmektedir. Geliştirilen ve uygulanan öğretim tasarımının biyomimikriyi STEM eğitimi sürecine dahil etmede başarı sağladığı, öğrencilerin biyomimikriye yönelik algılarında ve teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıklarında gelişme sağladığı görülmektedir.

2020, 194 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fen Bilimleri, STEM, Biyomimikri, Eğitim

ABSTRACT

A STEM-BASED INSTRUCTIONAL DESIGN FOR THE MIDDLE SCHOOL 5TH GRADE SCIENCE APPLICATIONS COURSE: TECHNOLOGIES INSPIRED BY NATURE

Necip Fazıl ALPEREN

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Science Education
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TEKBIYIK**

This study aims to develop an instructional design for the Technologies Inspired by Nature subject included in the 2018 curriculum of the Science Applications course and to examine the implementation process of it. For this purpose, a teacher's book and teaching materials were prepared for the Technologies Inspired by Nature (Biomimicry) subject included in the Science Applications curriculum for the 5th grade.

The course implementation steps planned in the teacher's book were applied to 68 students in the 5th grade. The necessary explanations were made to the students before and after the implementation, and data collection tools were administered. The data were obtained through engineering teamwork portfolios, a biomimicry modeling and presentation rubric, and semi-structured interviews. The findings indicate that the student groups made productions in all stages of the engineering design process. The instructional design developed and implemented in this study succeeded in including biomimicry in the STEM education process and enhanced students' perceptions of biomimicry as well as their awareness about the relationship between nature and technology.

2020, 194 pages

Keywords: Science, STEM, Biomimicry, Education

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Alan Yazın İncelemesi.....	5
1.2.1. STEM Eğitimi.....	5
1.2.1.1. STEM ve Tarihçesi.....	6
1.2.1.2. STEM alt alanları.....	8
1.2.1.2.1. Fen (Science).....	9
1.2.1.2.2. Teknoloji (Technology).....	10
1.2.1.2.3. Mühendislik (Engineering).....	11
1.2.1.2.4. Matematik (Mathematics).....	12
1.2.1.2.5. Sanat (Art).....	13
1.2.1.2.6. Tıp (Medicine).....	13
1.2.1.3. STEM alanlarının disiplinler arası etkileşimi.....	14
1.2.1.4. Türkiye’de STEM Çalışmaları.....	17
1.2.1.5. Dünyada STEM Çalışmaları.....	21
1.2.1.6. Eğitimde STEM Uygulamaları.....	23
1.2.2. Mühendislik Eğitimi.....	26
1.2.2.1. Mühendislik Eğitimi Nedir?.....	26
1.2.2.2. STEM ve Mühendislik Eğitimi.....	27
1.2.2.3. Mühendislik - Tasarım Temelli Öğrenme.....	30
1.2.2.4. Ortaokullarda Mühendislik Eğitimi Düşüncesi.....	31
1.2.2.5. Mühendislik Eğitiminin Önemi.....	32
1.2.2.6. Türkiye’de ve Dünyada Mühendislik Eğitimi Çalışmaları.....	32
1.2.3. Doğadan İlham Alan Teknolojiler (Biyomimikri).....	35

1.2.3.1.	Biyomimikri Tanımı ve Tarihçesi.....	35
1.2.3.2.	Mühendisliğin Biyomimikri ile İlişkisi	37
1.2.3.3.	Biyomimikri Tasarım Örnekleri.....	38
1.2.3.4.	Eğitimde Biyomimikri Uygulamaları.....	41
1.2.4.	Öğretim Programlarında Mühendislik ve Biyomimikri.....	43
1.2.4.1.	Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı.....	44
1.2.4.2.	Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı	45
1.3.	Problem Durumu.....	46
1.4.	Alt Problemler	48
1.5.	Araştırmanın Amacı.....	49
1.6.	Araştırmanın Önemi	49
1.7.	Sınırlılıklar	50
1.8.	Varsayımlar.....	51
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	52
2.1.	Yöntem	52
2.2.	Çalışma Grubu.....	52
2.3.	Araştırma Süreci.....	52
2.4.	Veri Toplama Araçları.....	54
2.4.1.	Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler	54
2.4.2.	Katılımlı Gözlem.....	55
2.4.3.	Biyomimikri Modelleme ve Sunum Rubriği.....	55
2.4.4.	Mühendislik Ekip Çalışması Portfolyoları	56
2.5.	Verilerin Analizi.....	56
2.6.	Uygulama ve Etkinlikler	57
2.6.1.	Öğretmen Kılavuz Kitapçığı.....	57
2.6.2.	Mühendislik Eğitim Materyalleri.....	59
2.6.2.1.	Bilgi ve Tanıtım Slaytları.....	59
2.6.2.2.	Mühendislik Çalışması Öneri Formu	59
2.6.2.3.	Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma Yapağı	60
2.6.2.4.	Mühendislik Modeli İnceleme Formu	60
2.6.2.5.	BİYOMİMİKİRİ- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - Youtube Adlı Video.	61
2.6.2.6.	Örnek Mühendislik Tasarım Çizimleri.....	61
3.	BULGULAR	62
3.1.	Mühendislik Ekip Çalışması Portfolyoları	62

3.1.1.	Beyin Fırtınası	62
3.1.2.	Mühendislik Tasarım Çalışması Öneri Formu	71
3.1.3.	Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma Yaprağı	80
3.1.4.	Mühendislik Tasarım Planı	83
3.1.5.	Mühendislik Modeli İnceleme Formu	85
3.1.6.	Mühendislik Ürün Raporları	87
3.2.	Biyomimikri Modelleme ve Sunum Rubriği	88
3.3.	Yarı yapılandırılmış görüşmeler (Ön Görüşme - Son Görüşme)	89
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR	99
4.1.	Öğretim Tasarımı Uygulama Süreci	99
4.2.	STEM Temelinde Öğretim Tasarımının Etkililiği	105
4.3.	Doğadan İlham Alan Teknolojilere (Biyomimikri) Yönelik Algı	108
4.4.	Teknoloji - Doğa İlişkisine Yönelik Farkındalık	111
5.	ÖNERİLER	114
	KAYNAKLAR	116
	EKLER	130
	ÖZGEÇMİŞ	194

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. STEM alanları ve bu alanlar arasındaki disiplinler arası ilişki	8
Şekil 2. STEM alanları arasındaki disiplinler arası ilişkinin açıklanması	15
Şekil 3. Mühendislik tasarım süreci	29
Şekil 4. Bilim ve Bilim İnsanı kavramlarına yönelik verilen cevaplar	63
Şekil 5. Mühendislik ve Mühendis kavramlarına yönelik verilen cevaplar	64
Şekil 6. Doğanın malzeme elde etme amaçlı kullanımına düşünce örneği	67
Şekil 7. Doğadan faydalanmaya yönelik öğretim etkinliklerinden örnekler	68
Şekil 8. Doğadan faydalanmaya yönelik üretilen fikirlerden örnekler	68
Şekil 9. Doğaya yönelik duygusal fikirler	69
Şekil 10. Doğaya yönelik halk arasında söylemler	69
Şekil 11. Tüm detayları içeren mühendislik tasarım planı örneği	84
Şekil 12. Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği ortalama puanları	89

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yakın çevremizde bulunan canlılar ve onların özellikleri beyin fırtınası etkinliğinde öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar	65
Tablo 2. Günlük hayatta işler yapılırken karşılaşılan problem durumları	70
Tablo 3. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5A.....	72
Tablo 4. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5B	74
Tablo 5. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5C	76
Tablo 6. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5A	78
Tablo 7. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5B	79
Tablo 8. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5C	80
Tablo 9. Mühendislik, bilim ve Biyomimikri kavramlarını açıklayabilme	81
Tablo 10. Biyomimikri örneği olan teknolojilere verilen cevaplar.....	82
Tablo 11. Biyomimikri örneği olmayan teknolojilere verilen cevaplar	83
Tablo 12. Mühendislik tasarım planlarında yer verilen detaylar	84
Tablo 13. Mühendislik modeli inceleme formu verileri	86
Tablo 14. Mühendislik raporlarının bulundurduğu detaylar	87
Tablo 15. Görüşme sorusu 1: sahip olunan teknoloji kavramları	90
Tablo 16. Görüşme sorusu 2: Fen Bilimleri disiplinler arası ilişkisi	91
Tablo 17. Görüşme sorusu 3: Matematiğin kullanım alanları.....	93
Tablo 18. Görüşme sorusu 4: insanların doğadan faydalanma alanları	94
Tablo 19. Görüşme sorusu 5: biyomimikrinin hayal gücü ve yaratıcılığa etkisi	95
Tablo 20. Görüşme sorusu 6: biyomimikri ve teknoloji ilişkisi.....	96
Tablo 21. Görüşme sorusu 7: mühendislik - biyomimikri - fen bilimleri ilişkisi	97

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
FeTeMM	Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik
GEF	Green Education Foundation
MEB	T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAE	Natioanl Academy of Engineering
NRC	National Research Council
NSF	Ulusal Bilim Vakfı (ABD)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
P21	Partnership for 21st Century Learning
PISA	Programme for International Student Assessment
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics
YÖK	Yüksek Öğretim Kurumu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlar göz önünde bulundurulduğunda, nitelikli insan gücüne olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bilim ve teknolojide yaşanan hızlı değişim, bireyin ve toplumun ihtiyaçlarındaki değişimler bireylerden beklenen rolleri değiştirmektedir (MEB, 2018a). Bu ihtiyaçları karşılayacak insan kaynaklarını yetiştirmek üzere ülkemiz Eğitim ve Öğretim Programlarında farklı yaklaşımlar benimsenmektedir.

Bu yaklaşımlar geçmiş yıllardan günümüze doğru sıralandığında nitelik açısından ilerlemeye uygun olan yeni konular ve amaçlar belirlenmiştir. Yeni ihtiyaçları karşılamaya yönelik farklı yaklaşımlar belirlenmiştir (Dindar ve Taneri, 2011). Bu yaklaşımların en somut göstergesi öğretim programlarıdır. Türkiye’de diğer alanlarda olduğu gibi fen bilimleri eğitiminin de niteliğini artırmaya yönelik çok sayıda reform çalışması gerçekleştirilmiştir. Yakın geçmişte karşımıza çıkan 2004 Fen ve Teknoloji Dersi öğretim programı, yapılandırmacı anlayışın, bilimsel süreç becerilerinin ve Fen-Teknoloji-Toplum-Çevre yaklaşımının öğrenme ortamlarına taşınmasında önemli bir role sahiptir (MEB, 2004). 2013 programında da bu anlayış sürdürülmeye çalışılmıştır (MEB, 2013). Son olarak 2018 yılında güncellenen Fen bilimleri Dersi Öğretim Programı ile öğrencilerin öğrenme süreçlerine aktif olarak katılmaları ve ürün odaklı Mühendislik Tasarım Becerileri kazanmaları ön görülmüştür (MEB, 2018a). Bu kapsamda Fen Bilimleri ile ortaya konulan olguların, Mühendislik Tasarımında kullanılması yoluyla gerçek yaşam ile doğrudan ilişkili bir yaklaşım benimsenmiştir.

Benzer şekilde fen bilimleri dersi ile aynı temel yaklaşımları benimseyen 2018 Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı, Mühendislik Tasarım süreçlerinin uygulanması için uygun bir zemin teşkil etmiştir (MEB, 2018b). Bu kapsamda her sınıf düzeyinde örnek etkinliklere yer verilmiştir. Bilim uygulamaları dersi etkinliklerinin öğrencilere bilişsel, duyuşsal, psikomotor alanda çeşitli katkıları bulunmaktadır. Ayrıca Fen Bilimleri dersinde öğrenilen olguların pekiştirilmesi, merak uyandırılması, teorik bilgilerin ürüne geliştirilmesi yönünde katkı sağlamaktadır (Bozdoğan, Bozdoğan ve Şengül, 2015).

Öğrenci merkezlik, ilgi çekici ve tartışmaya elverişli konuların bulunması, teknoloji destekli öğrenmeye fırsat verme gibi hususlar öğretim programlarının etkililiğini arttırmaktadır (Tekbıyık ve Akdeniz, 2008). Bu bağlamda Fen Bilimleri Dersi Öğretim programı ve Bilim Uygulamaları dersi birlikte incelendiğinde her iki programında bu unsurlara sahip oldukları görülmektedir. Her iki programda da bulunan etkinliklerin öğrenciyi aktif kılmaya yönelik etkinliklere yer verilmesi önerildiği görülmektedir. Programlar güncel ve ilgi çekici konuları içermektedirler. Her iki programda da belirli kısımlarda öğrencileri sınıf içi tartışmalara yönlendirmeye yönelik etkinlikler bulunmakta ve güncel teknoloji örneklerinden bahsetmektedir. Ayrıca Mühendislik tasarımı da bu programlarda ortak olarak işlenmektedir.

Bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda bu programların disiplinler arası yaklaşımı benimsedikleri görülebilir. Akademik disiplin, araştırılan konu alanı olarak tanımlanabilir. Üniversitelerde bölümleri açılan, araştırmaları yapılan toplam bilgi birikimine bilim; onların her bir parçasına ise akademik disiplin, araştırma alanı, bilgi alanı veya çalışma alanı denilmektedir (URL-3, 2020). Her bir disiplinin birbirinden kesin kurallarla ayrılmamıştır. Belirli bilim disiplinlerinde çalışma yapılırken sık aralıklar ile diğer disiplinlerin konu alanına giren olgulara başvurmak gerekmektedir. Örneğin El-Cezerî, mekanik araçlar hakkındaki bir çalışmada fen, mühendislik, teknoloji, matematik ve sanat disiplinlerini birlikte kullanarak bir saray kapısı tasarlamıştır (Koştur, 2017). Disiplinlerin birlikte kullanarak çalışma yapma işlemine disiplinler arası ilişki denilmektedir. Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerinin birlikte kullanılması şeklinde ortaya çıkan disiplinler arası ilişkiye ise STEM (FeTeMM) denilmektedir (Altunel, 2018; Yıldırım ve Altun, 2015).

STEM ya da Türkçe adı ile FeTeMM kavramı Science (Fen), Technology (Teknoloji), Engineering (Mühendislik), Mathematics (Matematik) disiplinlerinin disiplinler arası bir yaklaşım ile birlikte kullanılması ile ortaya çıkan bir kavramdır. STEM eğitimi bu disiplinlerin içerik olarak toplam birleşiminden farklı olarak bu disiplinlerin bir arada kullanılarak günlük hayat problemlerine gerçekçi çözümler bulma yeterliliğini kazandırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. STEM eğitimi bağlamında yürütülecek öğretim uygulamalarıyla özellikle fen ve matematik konularının öğretilmesinde, öğrencilerin motivasyonlarının artırılabilceği belirtilmektedir (Eroğlu ve Bektaş, 2016). Gerçek hayat problemlerine çözüm aramak üzere bu disiplinlerin birlikte kullanılması, fen ve matematik ile ortaya konulan olguların gerçek hayatta bir

kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır.

STEM eğitiminin bileşenlerinden bir tanesinin Mühendislik (Engineering) olduğu bilinmektedir. Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu (Accreditation Board for Engineering and Technology) [ABET] (2002) mühendisliğin tanımını “pratik, deneyim ve çalışmalar yolu ile kazanılmış olunan matematik ve doğa bilgisinin insanlık yararına ürünler geliştirmek için kullanan bir meslek dalı” olarak tanımlamaktadır (Dugger, 2010). Ayrıca mühendislik ve teknoloji arasında da çok sıkı bir bağlantı vardır. Mühendislik, malzemeleri insanlık yararına ürünlere dönüştürmektedir. Bu yolla teknolojiyi geliştirmektedir. Bu bağlamda mühendislik, STEM eğitiminin somutlaştırma aşaması olarak düşünülebilir.

Eğitimde disiplinler arası yaklaşımın benimsenmesinin bir takım faydaları olduğu düşünülmektedir. Bu faydalar Newell (1994) tarafından öğrenciler arasında karşılıklı saygı oluşması, algılama kapasitesinde artış, düşüncelerini daha hassas açıklayabilme, argümanları kabul etmeden önce sorgulayıcı bir tarzda yaklaşma, diğer düşünceleri de kabul edebilme, uzman görüşlerini sorgulayabilme, belirsizliğe karşı hoş görülü ve kabul edici şekilde davranmayı öğrenme, farklı şekilde düşünebilme ve dinlemeyi öğrenme şeklinde sıralanmıştır (Ulusoy, 2007). Bu bağlamda günümüzde yürürlükte bulunan öğretim programlarının disiplinler arası yaklaşımın faydalarını göz önünde bulundurarak, bireysel gelişimi ve toplumsal faydayı hedefleyen bir yaklaşım benimsediği görülmektedir.

Programlar incelendiğinde disiplinler arası bakış açısına uygun olarak kazanımlar belirlendiği görülmektedir. STEM eğitimi anlayışı tüm programda kendisini göstermektedir. Bu anlayış ile 2017 - 2018 Eğitim ve Öğretim döneminde Milli Eğitim Bakanlığı büyük bir yenilenme geçirerek birçok öğretim programında değişikliğe gitmiştir. Bu yenilenme kapsamında 2018 yılında yenilenen Bilim Uygulamaları Öğretim Programında da Bilim - Mühendislik - Teknoloji - Toplum - Çevre teması da programa dâhil edilmiştir (MEB, 2018b). Fen Bilimleri dersi öğretim programında ise disiplinler arası yaklaşıma uygun olarak belirlenen Fen - Teknoloji - Toplum - Çevre temasına Mühendislikte ilave edilerek Fen - Mühendislik - Teknoloji - Toplum - Çevre haline getirilmiştir. Böylece yürürlükte olan program doğrudan STEM eğitimi yaklaşımını benimsemiş bulunmaktadır.

Programa yapılmış olan bu değişiklik incelendiğinde yapılan araştırmalar ile birçok olumlu geri dönüt alınacağı ön görülmektedir. STEM eğitiminin fen ve matematik

derslerindeki başarıyı arttırdığı saptanmıştır. Farklı araştırmalarda ise fen eğitimi ve mühendislik eğitiminin birlikte kullanımının faydalı olduğu, bilimsel süreç becerileri ve karar verme becerilerini geliştirmede etkili olduğu saptanmıştır (Yıldırım ve Altun, 2015). Ayrıca STEM eğitimi ile bir çok disiplinin bir arada kullanılması ile disiplinler kendi kimliğini kaybetmeyeceği gibi öğrenci bu disiplinler arasındaki bağlantıyı fark ederek karar verme mekanizmalarını daha kolay kullanır hale gelecektir (Savran Gencer vd., 2019). Bu bağlamda öğretim programları üzerinde yapılan bu değişikliklerin bilişsel süreç becerileri ve karar verme becerilerini daha iyi kullanabilen, inisiyatif alabilen, problemleri çözerken disiplinler arası ilişkinin farkına varabilen bireyler yetiştirme yönünden bir çok katkısının olduğu düşünülmektedir.

STEM eğitiminin öğretim programları üzerindeki faydaları ve katkıları göz önünde bulundurularak, mühendislik bileşeninin somut ürünler ortaya koyma yolu ile öğrenci motivasyonunu arttırdığı yukarıda belirtilmektedir. Bu nedenle STEM temelli işlenen derslerde Mühendislik Eğitimi önemli bir konuma sahiptir. Bazı ülkelerde mühendislik eğitimi ayrı bir ders olarak eğitim sisteminde yer almaktayken birçok ülkede ise fen bilimleri dersi içerisinde işlenmektedir. Mühendislik sürecini kullanarak fen ve matematik derslerinin verilmesinin önemi gittikçe artmaktadır. Ülkemiz de bu duruma uyum sağlamaktadır (Marulcu ve Sungur, 2012). Fen bilimleri dersi ve bilim uygulamaları dersi öğretim programlarının içerikleri göz önünde bulundurulduğunda her sınıf düzeyinde mühendisliğin farklı bir becerisini geliştirmek üzere kazanımların bulunduğu görülmektedir. Ülkemizin ekonomik yatırımları da göz önünde bulundurulduğunda gelecek yıllarda mühendislik becerilerine sahip insan kaynaklarının bulunması öğretim programları açısından önemli hale gelmektedir.

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulan Öğretim Programları incelendiğinde hepsinde ortak olarak işlenen bazı konuların bulunduğu görülmektedir. Bunlardan bir tanesi disiplinler arası ilişki ve STEM konularına giderek daha fazla önem verilmesidir. Bu bağlamda Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018a) Fen ve Mühendislik Uygulamaları Ünitesi yer almaktadır. Bilim Uygulamaları Öğretim Programında (MEB, 2018b) ise Doğadan İlham Alan Teknolojiler (Biyomimikri) etkinliklerine yer verilmektedir. Mühendislik eğitimi her iki program için önemli bir konudur.

Bilim Uygulamaları dersi öğretim programında bu değişikliklerin yapılması biyomimikri konusunu önemli hale getirmektedir. Bu kavram, ilk defa Janine Benyus

tarafından 1997 yılında ortaya atılmıştır ve doğadan esinlenerek yeni süreçler, döngüler ve yenilikçi tasarımlar yapmak olarak tanımlanmaktadır (Avcı, 2019). Teknoloji üretirken doğaya verilen zararı en aza indirmeyi hedeflemektedir. Biyomimikri; biyoloji, mühendislik ve fen kavramlarını birleştiren bir disiplindir.

1.2. Alan Yazın İncelemesi

1.2.1. STEM Eğitimi

Öğretim programlarındaki değişimler incelendiğinde tarihten bu güne doğru bilgiye sahip olan insan yetiştirme yaklaşımının yerini bilgiyi bir problem durumunu çözmek için bilgiyi geliştirebilen insan yetiştirme yaklaşımının aldığı görülmektedir. Bu yaklaşım ile 21.yüzyıl becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesinin ön plana çıktığı görülmektedir. Bu beceriler P21 (Partnership for 21st Century Learning) tarafından problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği ile çalışabilme, okuryazarlık olarak tanımlanmaktadır (Akgündüz vd., 2015). Bu becerileri elde etmek için günümüzde STEM eğitiminin önemi ön plana çıkmaktadır. STEM eğitimi, öğrencilerin doğal olguların ve teknolojilerin nasıl çalıştığını anlamalarını, alt sınıflardan itibaren mühendisliği de kullanmalarını sağlayan teknoloji ve inovasyon ile de doğrudan ilgili yetenekleri geliştirmektedir (Bybee, 2010).

Okulöncesi dönemden başlayarak yükseköğretim dönemi sonuna kadar fen (science), teknoloji (technology), mühendislik (engineering) ve matematiğin (mathematics) disiplinlerinin birlikte kullanılması ile ortaya çıkmış, problemlere pratik ve etkili çözümler üretmeyi hedefleyen disiplinler arası bir yaklaşımdır (Altunel, 2018). STEM Eğitimi içeriğinde birçok disiplin bulundurmasıyla beraber STEM genel olarak mühendislik ve teknoloji üzerine odaklanmaktadır (Yenilmez ve Balbağ, 2016). Bu disiplinlerin İngilizce baş harflerinin bir araya getirilmesi ile STEM, Türkçe baş harfleri ile de FeTeMM kelimeleri oluşturulmuştur.

Dünyada STEM eğitimini yaygınlaştırmak üzere destek programları düzenlenmektedir. Bu programlar ile ülkeler kendi çıkarlarını karşılamak üzere insan gücü yetiştirmeği hedeflemektedirler. Bu bakımdan belirlenen hedeflere ulaşmak için STEM programlarının yaygınlaştırılmasının fayda sağlayacağı düşünülmektedir (Lim, Haddad, Butler ve Giglio, 2013). STEM eğitim programlarının istikrarlı bir şekilde sürdürülmesi durumunda sahip olunan sınırlı kaynakların daha verimli kullanılacağı ön

görülmektedir. Bununla birlikte bu programlara dezavantajlı bölgelerde öğrenim gören insan topluluklarının da katılımlarını sağlamak üzere önlemler alınmaktadır. Bu kapsamda STEM eğitim programlarının ortak ve paydaşları konumunda olan kurumlar bu alanda önlemler almaktadır. Böylece okulöncesi, ilkokul ve lise bazında yapılmakta olan programlar için finansman sağlanmaktadır.

Türkiye’de STEM eğitiminin eğitim sistemine entegre etmek üzere çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri Milli Eğitim Bakanlığı tarafından STEM Eğitimi Eylem Planıdır (Bircan, Köksal ve Cımbız, 2019). Bu kapsamda STEM odaklı lisans programları geliştirmek, öğretmenlerin hizmet içi eğitimlerini planlamak ve bu alandaki yaygın eğitimi sağlamak amacı ile bakanlık bünyesinde STEM Eğitim Merkezleri kurulmuştur. Ayrıca üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, dernek ve vakıflar STEM eğitimi üzerine seminer, eğitim programı ve çalıştay etkinlikleri düzenlemektedir. Bu çalışmaların yanında Türkiye’de ve dünyada STEM eğitimi hakkında son yıllarda yürütülen çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu araştırmalardan aşağıda bahsedilmektedir.

1.2.1.1. STEM ve Tarihçesi

ABD’de 1980’lerden günümüze kadar Fen ve Matematik eğitiminin güçlendirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Yazar, 2019). Bu kapsamda mühendislik ve teknoloji olgularını öğretim programına dahil etmek üzere tartışmalar yapılmıştır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) yaptığı keşifler ile halkı heyecanlandırmaya yönelik yayınlar yapmıştır. Bu yayınları yaparken amaçlarından bir tanesi de STEM eğitime olan ilgiyi arttırmak yolu ile kaliteli insan kaynağı yetiştirmeyi teşvik etmektir. İlk zamanlarda eğitimin temeli Bilim - Mühendislik - Teknoloji (SET) şeklinde çerçevelendirilmekteydi (Blackley, Howell ve University, 2015). Bu yaklaşım STEM eğitime temel oluşturmaktadır.

1990’ların başlarında ise Ulusal Bilim Vakfı (NSF) “Fen (Science), Mühendislik (Engineering), Teknoloji (Thecnology) ve Matematik (Mathmatics)” disiplinlerinin birlikte kullanımlarını belirlemek için “SMET” terimini kullanmaya başlamıştır (Okka, 2019). Bu kavram Judith A. Ramaley tarafından “smut” kelimesini çağrıştırdığı gerekçesiyle “STEM” olarak değiştirilmiştir. Böylece 2001 yılının başlarında STEM kavramı ortaya çıkmış bulunmaktadır. Bu alanda araştırmalar başladı ve 2003 yılına kadar

nispeten bilinen bir kavram olarak karşımıza çıkmıştır (Sanders, 2009). Bu şekilde ortaya çıkan disiplinler arası yaklaşım devam eden yıllarda kısa süre içerisinde kendisine dünyada çalışma alanları bulmaya başladı.

ABD’de hizmet vermekte olan Ulusal Araştırmalar Konseyi - National Research Council (NRC) 2011 yılında başarılı bir STEM eğitimi için eğitim çerçevesini güncellemiştir. ABD’de bilimsel ilerleme ve ekonomik büyümenin temelinde yatan olgunun STEM Eğitimi olduğu vurgulanmaktadır. STEM eğitiminde fırsat eşitliğinin sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır (NRC, 2011). Ulusal Mühendislik Akademisi - Natioanl Academy of Engieering (NAE), NRC ile ortak yürüttükleri bir çalışma ile STEM eğitiminin özellikle Mühendislik Eğitimi odaklı olarak geliştirilmesi gereken öğretim programının özelliklerinin neler olması gerektiğine dair kapsam ve niteliği belirlemiştir (NAE ve NRC, 2009).

Genel olarak dünyada STEM eğitimi üzerine akademik düzeyde birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların meta-analiz çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalardan benzer konulardan benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. STEM eğitimi alan öğrencilerin, diğer öğrencilere göre daha başarılı oldukları görülmektedir. Ancak bu sonuçları destekler nitelikte az sayıda çalışma vardır. STEM alanında daha kapsamlı çalışmalar yapmak üzere özellikle ABD, Kore, Çin ve İngiltere gibi bir çok ülkede STEM eğitimi, ülkelerin eğitim felsefelerine entegre olmuş durumdadır. Ülkemizin de PISA ve TIMSS sınavlarındaki başarısının STEM eğitimi ile artacağı düşünülmektedir (Yıldırım, 2016).

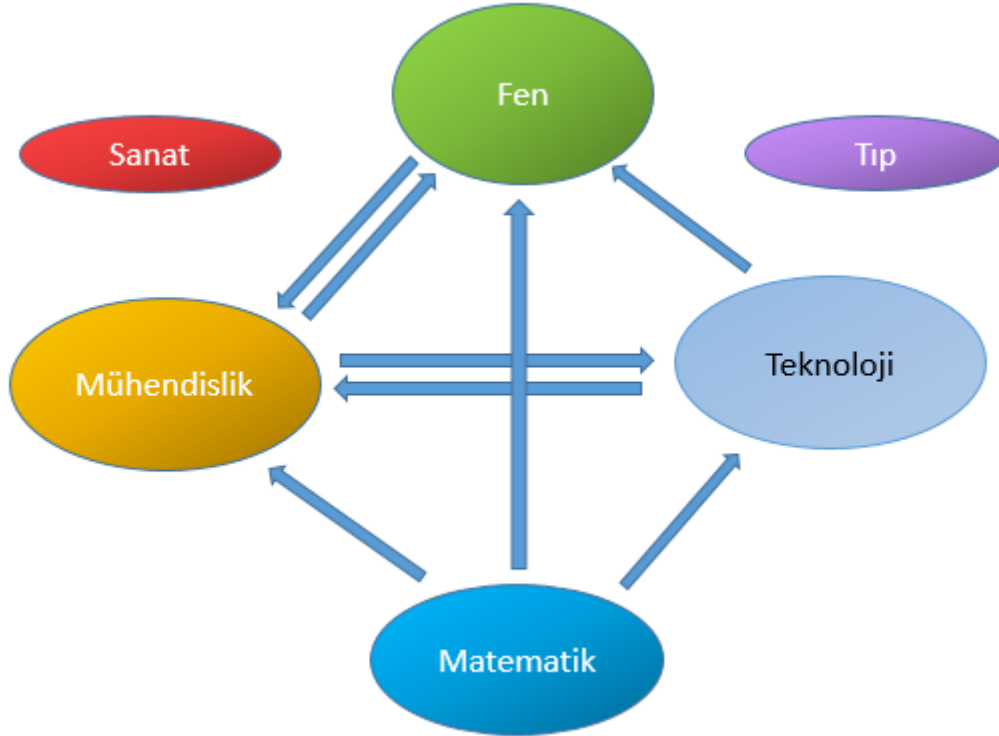
STEM eğitime yeni başlanması durumunda, STEM içeriğinde bulunan disiplinlerden yalnızca iki tanesini seçmek, bu iki disiplin arasındaki bağlantıyı aktarmak yolu ile STEM temellerini oluşturmak daha kolay hale gelmektedir (Dugger, 2010). Türkiye’de yapılan çalışmalar ilk yıllarda akademik temelli olmaktan çok eğitim sistemine STEM uygulamalarının yansımalarını ortaya koymak şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Akademik çalışmalar incelendiğinde dünyada 1990 yılından itibaren çalışmaların varlığı görülmektedir. Ülkemizde ise STEM üzerine yapılan çalışmaların 2014 yılından itibaren başladığı görülmektedir (Hardem ve Ünal, 2018). Yapılan çalışmalardaki hızlı artış, Türkiye’de son yıllarda STEM eğitime verilen önemi göstermektedir.

1.2.1.2. STEM Alt Alanları

MEB (2019a), yayınladığı Ortaöğretim Kurumlarına İlişkin Merkezi Sınav adlı rapor ile MEB tarafından yapılmış olunan ortaokul öğrencilerine yönelik merkezi sınava ilişkin Fen ve Matematik ders başarılarıyla ilgili verileri yayınlamıştır. Bu veriler incelendiğinde Matematik testine katılmış olan öğrencilerin %74'ü 20 sorudan 6 - 10 net arası, Fen Bilimleri testine katılmış öğrencilerin %54'ü 20 sorudan 0 - 10 net arası doğru cevaplar vermiştir. Bu rapor, öğrencilerin fen konularını anlamakta kısmen; bu konulara ilişkin bilimsel bilgileri kullanmakta daha ise sorunlar yaşadıklarını göstermektedir. STEM eğitime yönelik öğretim etkinlikleri yapmanın Fen ve Matematik ders başarısını arttırmada önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir (Thomas, 2014). Bu bağlamda STEM alanlarını temel alarak öğretim yapmak, fen ve matematik disiplinlerini öğrenciler tarafından kullanılabilir kılmaktadır.

STEM alanları Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik alanlarından oluşmaktadır. Bu alanlara ayrıca Sanat ve Tıpta ilave edilmektedir. Bu alanlar arasında disiplinler arası bir ilişki bulunmaktadır. STEM alanları ve bu alanlar arasındaki disiplinler arası ilişki aşağıdaki gibi şematize edilebilir.



Şekil 1. STEM alanları ve bu alanlar arasındaki disiplinler arası ilişki

STEM eğitiminin etkili bir şekilde yapılabilmesi için her bir alanın disiplinler arası yaklaşım ile ele alınması gerekmektedir (Geng, Jong ve Chai, 2018). Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik, Sanat ve Tıp alanlarının STEM içerisindeki yeri, bu alanların kullanım amaçlarının aralarındaki ilişkinin bilinmesi önem arz etmektedir. Fen bilimleri ile güneş enerjisi hakkındaki olgular anlaşılabilir. Güneş enerjisinin kullanımı için bir güneş fırını yapılması bir mühendisliktir. Bu işlemi yaparken maddelerin yoğunluğu, performansı ne kadar etkilediği gibi konular hakkında birçok STEM alanı araştırılmaktadır. Bu araştırmaları yaparken de matematikten faydalanılmaktadır (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014).

1.2.1.2.1. Fen (Science)

Alt sınıflarda eğitim görmekte olan öğrenciler ile yapılan etkinlikler, öğrenciler tarafından çoğunlukla fen ve mühendislik ile ilişkilendirilmektedir. Fen üzerine yapılmakta olan uygulamalı etkinlikler ile iletişim kurma, yeni mühendislik alanı ile tanışma gibi durumlardan dolayı ilgi düzeylerinde artış görülmektedir (Akgündüz ve Akpınar, 2018). Ayrıca 2015 yılında Programme for International Student Assessment (PISA) kapsamında gerçekleştirilen uluslararası sınav için Fen Okuryazarlığı alanı ağırlıklı alan olarak seçilmiştir. Türkiye’den bu sınava katılan 5895 öğrenciye fen alanına yönelik tutum ve davranışları belirlemeye yönelik bir anket çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ülkemizdeki öğrencilerin OECD ülkelerindekilerden daha yüksek oranda fen bilimlerine ilgi duydukları ortaya çıkmıştır (MEB, 2016a). Bu bağlamda ülkemizdeki öğrencilerin fen bilimleri alanına yüksek ilgi duydukları görülmektedir.

Öğrencilerin öğrenme etkinlikleri sırasında fen bilimleri alanında bilgi edinmek için kullandıkları kaynaklar sıralandığında, bu kaynaklar çeşitli kurumlar tarafından temin edilen ders kitapları, öğretmenlere ve akranlara sorulan sorular, internet siteleri ve dijital kaynaklar, MEB tarafından okullara ücretsiz erişimi sağlanan Morpa Kampüs uygulamaları olduğu görülmektedir (Gelmez Burakgazi, 2012). Fen alanında duyulan ilgi de göz önünde bulundurulduğunda öğrencilerin okulda eğitim etkinlikleri sırasında ve okul dışı zamanlarında çeşitli fen kaynakları ile ilgilenmeleri başarıyı doğrudan etkilemektedir.

Öğrencilerin Fen - Teknoloji - Toplum ilişkisi üzerine görüşleri incelendiğinde özel yetenekli öğrencilerin ve normal öğrencilerin aralarında bir farklılaşma olmadığı

görülmektedir (Göz, 2019). Bu sebeple gerekli öğrenme kaynakları sağlandığında, uygulamaya dayalı ders etkinlikleri planlandığında tüm öğrencilere aynı fen becerileri kazandırılabilir. Bu tarzda planlanan ders etkinlikleri fen - mühendislik, fen - teknoloji ve fen - matematik arası ilişkinin kavranması açısından önemlidir.

1.2.1.2.2. Teknoloji (Technology)

STEM eğitimi içerisinde teknolojinin önemli bir yeri vardır. Günümüz eğitim sisteminde araştıran, sorgulayan, yaparak ve yaşayarak öğrenen öğrenci profilinde teknolojiyi bilme ve teknolojiden yararlanma ön plana çıkmaktadır. Bilimsel ölçümler yapmak, bilimsel olguları ve mühendislik tasarımlarını simüle etmek, çevrim içi öğrenme ortamlarını kullanabilmek, robotik kodlama yapmak STEM eğitiminde teknoloji kullanımının önemli başlıklarındandır (Tekbıyık ve Çakmakçı, 2018a). STEM eğitimi içerisinde teknolojiden yararlanıldığı gibi teknoloji de STEM ile gelişmektedir. STEM alanlarında yararlanılan başka bir teknoloji türü ise Web 2.0 uygulamalarıdır. Bunlardan aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir (Kitsantas ve Dabbagh, 2011):

- Sosyal Medya yazılımları öğrencilerin öz denetimini sağlamak konusunda bir potansiyele sahiptir.
- Skype yazılımı öğrencilerin öğrencilerin belirli bir zamanda belirli bir derse katılabilecekleri bir web konferans yazılımı olarak da kullanılabilir.
- Webloglar ve Bloglar günlük yazmak ve yazı yazmak için tasarlanmış araçlardır. Öğrenciler bu sistemler üzerinden kendi öğrenme deneyimlerini paylaşabilirler.
- Wiki Uygulamaları öğrencilere işbirlikçi çalışma konusunda destek sağlayabilir.
- Delicious gibi online yer imi paylaşım uygulamaları belirli bir sayfanın adresini paylaşma, onları anahtar kelimeler ile etiketleyip başka arkadaşlarıyla paylaşma, ayrıca diğer arkadaşlarının yer imlerini inceleme fırsatı sunarlar.
- Sosyal Ağ yazılımları üzerinde gayri resmi öğrenme grupları oluşturabilirler. Öğrenciler bu gruplara katılabilirler. Böylece hayat boyu öğrenme bu gruplar tarafından desteklenebilir

Fen eğitiminin öneminin artması ile web teknolojileri üzerinden çalışmakta olan bilimsel taramalar yapma ve bilgi paylaşma odaklı uygulamaların kullanımını arttırmaktadır (Karno ve Glassman, 2013). Bu bağlamda teknoloji, STEM eğitimi içerisinde bilginin erişilebilir olması ve paylaşılabilir olması açısından katkı sağlayan bir

disiplin olarak karşımıza çıkmaktadır. STEM eğitimi kapsamında teknolojinin kullanım alanlarına ek olarak Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından yürütülmekte olan EBA uygulaması ve FATİH projesi örnek olarak verilebilir. Fırsatları Arttırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) projesi kapsamında eğitimde fırsat eşitliğini sağlamak, eğitimin kalitesini arttırmak, eğitim alt yapısını güçlendirmek amaçlı çalışmalar yapılmaktadır (URL-4, 2020). Eğitim Bilişim Ağı (EBA) kapsamında ise tüm öğrenci, veli ve öğretmenlerin erişimine açık vaziyette çevrimiçi web portal kurulmuştur. Bu uygulama üzerinden hem okul içi hem de okul dışı zamanda kullanılabilecek eğitim materyali, video, öğrenme ortamları, eğitsel oyunlar, bilgi kaynakları, sosyal paylaşım ortamları gibi birçok dijital eğitim aracı sunulmaktadır (URL-5, 2020).

Eğitimde teknoloji kullanmak yolu ile STEM eğitimi daha akıcı hale getirilebilmektedir (Manouselis vd., 2014). Düşünme, problem çözme ve öğrenme gibi soyut öğrenme görevleri için teknoloji kullanımı, daha kalıcı öğrenmeler açısından öğrenciyi desteklemektedir (Clough vd., 2013). Soyut kavramların teknoloji kullanımı ile somutlaştırılması öğrenmenin yapılandırılması kapsamında gerekli hale gelmektedir.

1.2.1.2.3. Mühendislik (Engineering)

Mühendislik STEM alanları içerisinde somut uygulamaların yapıldığı alan olarak tanımlanabilir. Mühendislik alanı doğrudan insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere araç - gereç tasarlamak üzere çalışmaktadır. Mühendisliğin birçok farklı araştırmacı tarafından yapılmış tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlar mühendisliğin bir düşünce eseri olduğu, bir çözüme ulaşmayı hedeflediği, bilimin uygulamaya konulması sanatı olduğu gibi birçok farklı yönden açıklamalar yapmaktadır. Bu tanımlamalar birleştirildiğinde mühendisliğin, bilimsel bilgiyi kullanarak medeniyetin gelişmesine katkı sağlamak amacı ile maddi malzemeleri kullanarak insanların isteklerini karşılamak üzere çalışma yapan bir meslek dalı olduğu tanımı ortaya çıkmaktadır (Artugal, 2010). Bu bağlamda mühendisliğin çalışması bilime dayanma, insan ihtiyaçlarını karşılama, malzeme kullanmak ve ürün ortaya koymak noktaları üzerinde şekillenmektedir.

1999 - 2002 yılları arasında öğrenciler mühendislik alanını bir kariyer olarak yoğun bir şekilde seçtikleri görülmektedir (Korkut-Owen ve Mutlu, 2016). Günümüzde ise öğrenciler tarafından mühendisliğin sadece inşaat işleri ile uğraşan bir meslek olup sıkıcı, zor, tek bir uzmanlık alanından oluşan bir erkek işi olduğu şeklinde yanlış anlaşıldığı

görülmektedir. Bu sebeple mühendislik öğrenciler arasında bir kariyer alanı olarak görülmemektedir (Gülhan ve Şahin, 2018). Mühendislik alanına önem vererek bir STEM eğitim yaklaşımı benimsenmesi durumunda öğrencilerin gelecekte seçecekleri meslek alanlarında ve kariyer bilinçlerinde farklılaşma olacağı ön görülmektedir.

Problemlere çözüm üretme, çözüme yönelik teknik resim ve mühendislik planı çizme, farklı işlevleri karşılamaya dönük malzemeleri organize etme, prototip veya model üretme gibi mühendislik görevlerinin öğrencilere yaptırılması, öğrencileri bilişsel, duyuşsal, psikomotor ve sosyal yönden geliştirmektedir (Güldemir, 2019). Bu bağlamda Mühendislik eğitimi, STEM eğitimi içerisinde, öğrencilerin gelişimi yönünden ayrıcalıklı bir konuma yerleşmektedir.

1.2.1.2.4. Matematik (Mathematics)

Matematik sayılar, kurallar ve şekiller arasındaki ilişki ve kuralları belirlemesi bakımından bütün disiplinlerin temelini oluşturmaktadır. Matematik tanım olarak sayılar, şekiller, desenler, desenler, düzenlemeler üzerinde işlemler ve kurallar disiplindir. Genellikle eğitim sisteminde işlemler, kurallar, şekiller bilgileri çok işlenmekle beraber desenler, düzenlemeler bilgileri daha az yer bulmaktadır (Toluk, 2003). Matematik disiplinin içerdiği bu özellikler düşünüldüğünde fen bilimlerinde ve mühendislikte işlemler yapmak, şekil ve düzenleri incelemek açısından temel oluşturduğu düşünülebilir. Bu şekilde teknolojiyi de geliştirmektedir.

STEM temel alınarak disiplinler arası bir matematik eğitimi yapıldığında; öğrenciler, sahip olduğu mevcut matematik bilgisi ile fizik, biyoloji veya coğrafya gibi fen bilimleri alt disiplinlerinde problemleri rahat bir şekilde çözdükleri görülmektedir (Doig vd., 2016). Öğretmen eğitimleri disiplinler arası matematik eğitimi konusunda şekillendirilmesi ile STEM temelinde matematiğin eğitim sistemine daha kolay aktarılacağı düşünülmektedir. Son zamanlarda matematik ile çözülebilecek bir doğa probleminin olmadığı, matematiğin soyut bir disiplin olduğu için diğer disiplinlere bir faydası olmadığı yönünde yaklaşımlar bulunmaktadır (Nasibov ve Kaçar, 2005). Matematik ile elektronik alanında yapılmakta olan mühendislik çalışmaları birlikte kullanıldığında çözümlenmesi gereken yeni problem durumlarının matematiksel çözümleri yapılabilmektedir. Fen bilimlerinde doğal olguların ispatlanması ve mühendislikte matematik yoğun bir şekilde kullanım alanı bulmaktadır.

1.2.1.2.5. Sanat (Art)

STEM içeriğinde bulunan fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine sanat disiplininin de dahil edilmesi ile ortaya STEAM kavramı çıkmaktadır. STEM içeriğine sanatın dahil edilmesi; günümüz insan kaynağı ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik, yaratıcı çözümler bulabilen insan profilini yetiştirmek için bütünlük bir öğrenme ortamı sunmaktadır (Kim vd., 2012). STEM alanlarına sanat disiplininin de dahil edilmesi alan yazında STEAM veya STEM+A kısaltmaları ile yer aldığı görülmektedir (Okka, 2019). Daha gelişmiş bir iş gücü ve okur-yazar bireyler yetiştirmek için sanata daha fazla önem verdiği için STEM üzerinde farklı bir adlandırma yapma yoluna başvurulmuştur (Kang, 2019). Bu nedenle STEAM, STEM alanının daha geniş bir disiplinler arası kapsamda ele alınması ile ortaya çıkmış bir yaklaşımdır. Günümüz STEM eğitiminde öğrencinin isteklilik durumunu ve öğretimin kalitesini arttırmak, öğrencinin yeni kariyer olanaklarını fark etmesini sağlamak amacıyla sanatı da eğitime bütünlük yapmak gerekmektedir.

Öğrencilerin doğaya yönelik olguları öğrendikten sonra elektronik devreler ve benzeri araçlar üzerinde kodlama yapmaları fen ve mühendislik alanında gelişmeyi sağlarken, belirli yerlerde yapacakları ürünleri tasarlamaları, model ve ölçekleri hazırlamaları sanatsal ve matematiksel yönden bütünlük yapmakta (Liao, 2016). Sanat aslen STEM içeriğinde bulunan bir disiplin olmakla birlikte ön plana çıkarılması, sanatın da STEM içerisinde ayrı bir disiplin olarak ele alınması konusunda öneriler bulunmaktadır. Sanat alanının geliştirilmesi ve sanatın ön plana çıkarılması konusunda Milli Eğitim Bakanlığı ve Kültür ve Turizm Bakanlığı arasında bir protokol imzalanmıştır. Öğretim sisteminde ve turizmde özellikle Türk Sanatlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (MEB, 2019b). Türk sanatlarının eğitime dahil edilmesinin yanında yaratıcı drama gibi sanat alanlarının da eğitime dahil edilmesi ilave faydalar sağlayabilmektedir. STEM eğitiminin amaçları ile yaratıcı dramının kazanımlarının birbiri ile uyduğu görülmektedir (Özsoy, 2017).

1.2.1.2.6. Tıp (Medicine)

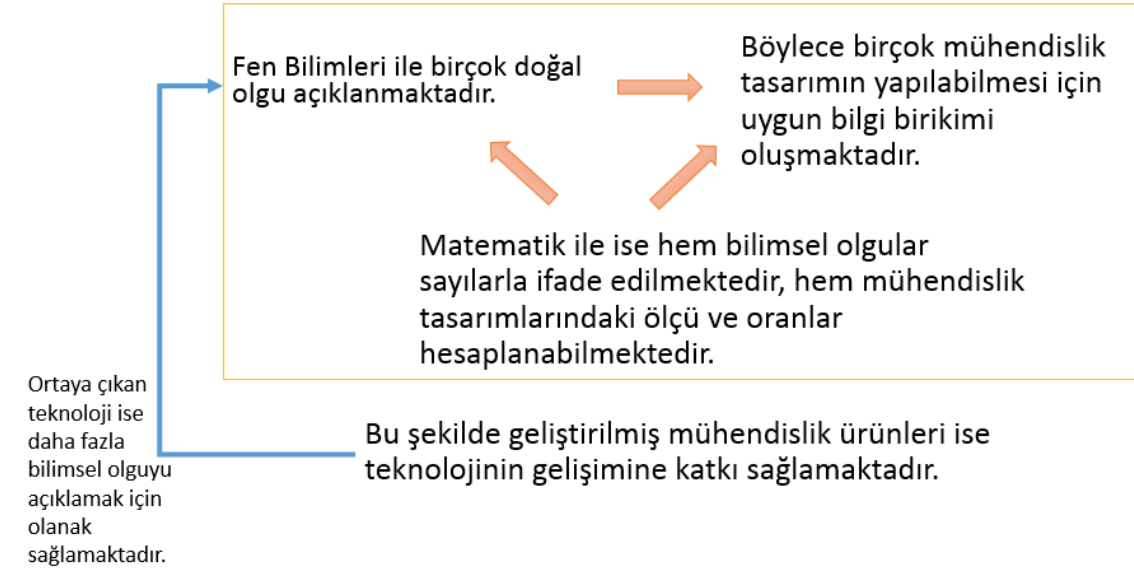
Öğrencilerin gelecekte tercih edecekleri meslek alanları ve kariyer bazında düşünüldüğünde STEM eğitimi sonucunda ortaya çıkacak insan kaynakları fen, teknoloji,

mühendislik, matematik ve tıp alanındaki meslekler olarak kategorize edilebilmektedir. Bu şekilde kategorize edilmekte olan mesleklere STEMM meslekleri denilmektedir (Yazar, 2019). Sağlık ile ilgili meslekler, mühendislik meslekleri, doğa ve fen bilimleri ile ilgili meslekleri, örnek olarak hemşirelik gibi meslekleri tercih edecek öğrenciler STEMM mesleklerini tercih eden öğrenciler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu mesleklerden birini tercih etmeyi planlayan öğrenciler lise ve öncesi dönemde bu alanlara yönlendirilmeyi bekledikleri, bu alanda eğitim almaya çalıştıkları gözlenmektedir (Solberg, Kimmel ve Miller, 2012). Bu bağlamda bir STEMM mesleğine yönlendirilecek öğrencilerin bu yönlendirme işlemlerinin en geç sekizinci sınıf düzeyinde tamamlamaları gerekmektedir.

1.2.1.3. STEM Alanlarının Disiplinler Arası Etkileşimi

Bir problem durumuna yaratıcı çözümler bulabilmek için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin, birbirlerinden kesin kurallar ile ayrılmış disiplinler düşünmek yerine, birbirleri ile iş birliği içerisinde çalışan bütüncül bir bakış açısı ile yaklaşılması gerekmektedir. Diğer durumlarda bir problem durumu incelendiğinde, her bir disiplin alanının farklı bir sonuca varması, ortak ve yeterince kullanışlı bir çözüm yolu önerebilmeleri zorlaşacaktır. Bu durum Ulusoy (2007) tarafından verilen örnekte; alkol kullanımından dolayı gerçekleşmiş bir trafik kazasını farklı disiplinlerde çalışan insanlar incelediklerinde psikologlar şoförün sorumluluk bilincinin gelişmediğini, sosyologlar toplumda alkol kullanım oranının giderek daha fazla arttığını, mühendisler yol yapımında kullanılan malzemelerin yetersiz olduğu sonucuna varacaklardır. Fakat bu problem durumunun çok yönlü çözümü için ortak bir karara varamayacaklardır, şeklinde örneklendirilmektedir. Öğretmen adayları disiplinler arası ilişkiyi iki disiplini birleştirme olarak algılamaktadır. Ayrıca disiplinler arası ilişki öğrenmeyi kolaylaştıracağı, her hangi iki disiplinin yerine belirli disiplinlerin ilişkilendirilebileceği yönünde görüşleri bulunmaktadır (Yaman vd., 2018). Öğretmen adaylarının bu görüşlerinin yanında alan yazında disiplinler arası ilişkiyi sağlamaya yönelik modeller ortaya konulmuş durumdadır. Bu modeller ortak noktaları olan, benzer konuları içeren, farklı içerikler arasında ilişki kurulabilen disiplinler arasında ilişki kurulabileceğini belirtmektedir (Aktürel, 2005).

STEM alanlarının şematize edildiği Şekil 1’de bu alanlar arasındaki disiplinler arası ilişki ok işaretleri kullanılarak gösterilmiştir. Bu disiplinler arası ilişki Şekil 2’deki gibi açıklanabilir.



Şekil 2. STEM alanları arasındaki disiplinler arası ilişkinin açıklanması

Kılınç, Demirbağ ve Yılmaz (2018) tarafından bilim insanların STEM alanları arasındaki disiplinler arası ilişki hakkında ki görüşleri derlenmiştir. Bu çalışmaya göre fen bilimleri ve matematik arasında tekrar eden olayların döngülerini hesaplama, bilgiyi kısa formüller ile açıklayabilme, olaylar arasında eşitlik ve bağ kurma, problemleri ispatlama yönünden ilişki bulunmaktadır. Matematik ve mühendislik arasında problem durumlarına çözümler üretme, soyut durumlarda analitik düşünebilme, somut çıkarımlar üzerinden düşünülerek modeller ortaya koyma yönünden ilişkiler bulunmaktadır.

Fen bilimleri birçok doğal olguya açıklama getirmektedir. Mühendislik ise bu açıklamaları kullanma yolu ile insan ihtiyacını karşılamak üzere ürünler üretmektedir. Fen ve mühendislik disiplinleri bu şekilde çalışırken ispatları ve hesaplamaları yaparken matematik disiplininden yararlanmaktadır. Ayrıca ortaya çıkan yeni problem durumlarının ispatlanması ile de matematiğe de katkı yapılmaktadır. Bu üç disiplinin ortak çalışmasından ortaya bir ürün çıkmaktadır. Ortaya yeni çıkan bu ürün ile teknolojinin biraz daha geliştiği söylenebilir. Yeni ve daha gelişmiş teknolojiyle ise daha iyi inceleme ve ölçüm yapılabilir. Bu durumda yeni problem durumları bulunması söz konusu olmaktadır. Yeni problem durumlarının bulunması ise bu döngüyü başa

döndürmektedir. Sonuç olarak bir ürün ortaya konulduktan sonra yeni çıkan problem durumlarının açıklanması yine fen bilimlerinin konusu olacaktır. STEM eğitimi ile fen, teknoloji, mühendislik ve matematik arasındaki disiplinler arası ilişkiyi kavramak amaçlanmaktadır (Baz, 2019). Bu yolla araştıran, proje yapan, üretim yapan bireyler yetiştirilecektir. Bu amaçları karşılayabilmek için STEM eğitimi veren öğretmenlerin STEM alanları arasındaki bu disiplinler arası ilişkiyi kavrayabilmesi gerekmektedir.

STEM içerisinde fen ve mühendislik disiplinlerinin çalışma şekillerinin benzerliği yönünden sıkı bir ilişkisi bulunmaktadır. Bu iki disiplinin yukarıda açıklanan disiplinler arası ilişkisinin yanında benzerlik ve farklılıkları bulunmaktadır. Bu benzerlik ve farklılıklar şu şekilde özetlenebilir (Cunningham ve Carlsen, 2014):

- Fen bilimlerinde sorulan problem durumları olguları teorik yönden açıklamak için sorulur. Mühendislikte ise problem durumları bir insan ihtiyacını karşılamak için yeni bir teknoloji üretmek içindir.
- Fen bilimlerinde modeller, açıklama ve tahminler yapmak için kullanılmaktadır. Mühendislikte ise modeller analiz ve değerlendirme yapmak için kullanılmaktadır.
- Fen bilimlerinde hipotez testleri ve deneyler ile açıklamalar test edilirken, Mühendislikte ise ortaya konulan model ve prototipler test edilmektedir.
- Veriler analiz edilirken fen bilimlerinde doğal dünyanın ölçülebilir özellikleri incelenirken, mühendislikte ekonomiklik, işe yararlık, başarısızlık riski gibi özelliklere dikkat edilmektedir.
- Matematik, fen biliminde doğadan elde edilen gerçek verileri test etme amacı ile kullanılırken; mühendislikte ise doğrudan model ve prototip üzerinden elde edilen gerçek verilerin test edilmesinde kullanılabileceği gibi bilgisayar ortamında simülasyonlar ve sanal çizimler, sanal modeller üzerinden elde edilen verilerin testinde de kullanılabilir.
- Fen bilimlerinde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen en doğru açıklama rapor olarak sunulmaktadır. Mühendislikte ise açıklama olarak belirli bir ürün yelpazesinde ürünler sunulmaktadır.
- Fen Bilimlerinde amaç, o bilim dalı ile uğraşan diğerler bilim insanlarını ikna etmektir. Mühendislikte ise amaç müşteriye memnun etmektir.

- Fen bilimlerinde ortaya konulan açıklamalar diğer bilim insanları ile paylaşılmaktadır. Mühendislikte ise ortaya konulan ürünler ticari amaçlarla patentler ve anlaşmalar yolu ile korunmaktadır.

Fen bilimleri, mühendislik ve matematik arasındaki ilişki bu şekilde özetlenebilmektedir. Bu disiplinler arası ilişkilerin yanında teknoloji kullanımı hem bu disiplinler arası ilişkinin öğrenciler tarafından kavranmasını sağlayabilir hem de yeni STEM çalışmaları yapılmasını sağlayarak teknolojinin gelişmesini sağlayabilir. Bir öğrenci, robotik kodlama ile ilgilenerek robotunun çalışma biçimi hakkında hipotezler üretmek bilimsel kaynakları inceleyebilir. Ölçümler üzerinde Matematiksel işlemler yaparak robotunun çalışma prensiplerini belirleyebilir. Sonucunda robotunun hangi malzemelere ihtiyaç duyduğunu görmek yolu ile yeni problem durumları görecektir ve bu problem durumları üzerinden çalışmasını geliştirmeye devam edecektir. Bu şekilde çalışmasını devam ettirerek, robotunu sürekli geliştirerek, teknolojiye katkı sağlayabilecektir (Sullivan, 2008). Öğrenciler fen ve mühendislik arasındaki ilişkiyi robot teknolojilerini kullanmak yolu ile kavrarırken, yine bu teknolojiler ile yaptığı hesaplamalar ile matematiğin kullanım alanlarını kavrayacaktır. Sonucunda yeni problem durumları yolu ile süreci başa döndürmek yolu ile hem STEM disiplinleri arasındaki ilişkiyi anlayacak hem de teknolojinin STEM içerisinde kullanım alanının ve gelişme şeklini kavrayacaktır.

1.2.1.4. Türkiye’de STEM Çalışmaları

Son zamanlarda Türkiye’de STEM üzerine yapılan akademik çalışmaların sayısında parabolik bir artışın olduğu görülmektedir. Yapılmış olan bu çalışmalar, çoğunlukla öğretmen adayları ve öğrencilerin başarı düzeyleri, tutum ve davranışları, STEM çalışmalarına duydukları ilgiyi belirlemeye yönelik çalışmalar olduğu görülmektedir (Öner ve Yılmaz, 2019). Türkiye’de yapılmış olan nitel ve nicel tarama, betimsel analiz, meta analiz, anket benzeri çalışmaların bazıları örneklenmiştir.

Eroğlu ve Bektaş (2016), STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerine yönelik yapmış olduğu çalışmada Kayseri İl Milli Eğitim Müdürlüğünde yürütülmüş olan proje kapsamında öğretmenlere her hafta STEM materyalleri ile ilgili bir etkinlik yapılmıştır. Bu etkinlik sonucunda öğretmenlerin, STEM etkinlikleri hakkındaki görüş ve düşüncelerini değerlendirmiştir. Görüşme yolu ile elde edilen bulgulara göre öğretmenler

fen alanının disiplinler arası ilişkisinin olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca STEM temelli ders etkinlikleri ve öğretim materyallerinin fen ders etkinlikleri kapsamında uygulanabileceği, fakat kendi derslerinde bu etkinlikleri yapmadıklarını belirtmektedirler. Öğretmenlere yönelik yapılan STEM temelli ders etkinlikleri öğretmenleri bu alanda geliştirecektir. Öğretmenler bu öğretim etkinliklerine olumlu yaklaşmaktadırlar.

Kızılay (2016) tarafından yapılmış STEM üzerine görüş belirleme çalışması ise fen bilgisi öğretmen adaylarını çalışma grubu olarak seçmektedir. 25 öğretmen adayının her birine 20 dakika sürmüş olan bir mülakat yapılmıştır. Öğretmen adayları, Mühendisliğin uzmanlık alanları, işlevleri, mühendislikle ilişkili bilim dalları hakkında bilgi sahibi olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca mühendislik hakkında bilinen şeyler, fen ve mühendislik, fen ve matematik, fen ve teknoloji, matematik ve teknoloji arasındaki disiplinler arası ilişki, STEM alanlarının derslerde kullanımı hakkında 10 adet soru cevaplamışlardır. Mühendisliğin fen ve matematik eğitiminde kullanımın gerekli olduğu, STEM alanlarının disiplinler arası ilişki ile bağlı oldukları yönünde görüşler bulunmaktadır.

Yıldırım ve Türk (2018) tarafından yapılan çalışmada ise sınıf öğretmeni adaylarının STEM konusundaki görüşleri araştırılmıştır. Sınıf öğretmeni adaylarına sunulmak üzere 12 haftalık bir etkinlik programı hazırlanmıştır. Ders etkinliği sonunda yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi ile öğretmen adaylarına sorular yönlendirilmiştir. Görüşme sonucunda öğretmen adaylarının; STEM deyince akıllarına en yüksek frekansta yaratıcılık, entegrasyon ve üretim kelimelerinin geldiği, STEM eğitimi problem çözme becerisini geliştirme gibi olumlu özelliklere sahip olduğu, sadece fen deneylerinin yapılmasının STEM olarak algılanmasının yanlış olduğu şeklinde birçok görüş bildirmişlerdir. Sadece lego ve robotik kodlama üzerine verilen STEM eğitimi, STEM eğitimi bir yöntem, teknik veya strateji haline getirmektedir. Gerçekte STEM eğitimi yöntem veya teknik olmayıp, STEM eğitiminde belirli yöntem veya teknikler kullanılmaktadır. Öğretmen adayların teknoloji konusunda kavram yanılgısına sahiptirler. Yapılan STEM etkinlikleri ile bu kavram yanılgılarında düzelme yaşanmaktadır.

Gökbayrak ve Karışan (2017) yaptıkları çalışmada STEM eğitime uygun etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini etkilemesini araştırmışlardır. Laboratuvar Uygulamaları - I dersi kapsamında yapılan etkinliklerin

öncesinde ön test ve sonrasında son test yapılmıştır. Deney grubu ile yapılmış olunan STEM etkinlikleri ile bilimsel süreç becerilerinde farklılık olduğu gözlenmiştir. STEM etkinlikleri bilimsel süreç becerilerini geliştirmede etkisi büyüktür. Etkinlikler boyunca aktif çalışmış olan öğretmen adaylarının gözlem yapma, değişkenleri belirleme ve deney tasarlama gibi becerilerinde gelişme yaşanmıştır.

Mutlu ve Korkut-Owen (2017), kadınların STEM alanlarında, erkeklere oranla daha az temsil edinmesi nedeniyle STEM alanlarında çalışmakta olan kadınların kariyerlerine ilişkin görüşlerini araştırmıştır. Bir form hazırlanarak STEM alanlarında çalışmakta olan kadınlara kariyer alanlarını nasıl seçtikleri, eğitim ve çalışma hayatları hakkında sorular yönlendirilmiştir. Kariyerlerini seçerken en yaygın destek aile ve arkadaşlardan gelmektedir. Öğretim programlarının içeriği ve çalışma koşulları kadınların kariyer gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Aydın ve Karşlı (2019) yedinci sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan öğrencilerin STEM hakkındaki görüşlerini araştırmıştır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu sunulmuştur. Mühendislik tasarım süreci odaklı STEM eğitimi etkinlikleri hakkında öğrencilerin görüşleri toplanmıştır. Yapılmış olunan etkinliklerin başında öğrenciler zorlanmış olsalar da, STEM etkinliklerinde eğlenmişler ve derse ilgilerinin arttığını belirtmişlerdir.

Bektaş ve Aslan (2019), STEM uygulamaları hakkında fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşlerini araştırmıştır. Öğretmen adayların fakültede STEM uygulamaları yapılması, STEM uygulamaları dersinin devamı, STEM etkinliklerinin fayda ve zararları hakkında sorular yöneltilerek düşünceleri incelenmiştir. STEM eğitimi hakkında tecrübeleri olan veya STEM eğitimi sadece duymuş olan öğretmen adaylarının görüşlerinin aynı eksende olduğu görülmüştür. Öğretmen adaylarında bulunan kavram yanlışlarını azaltmak için STEM eğitiminin doğasını çeşitli akademik derslerde konu olarak işlenmesi gerekmektedir.

Aydın - Günbatar ve Tabar (2019) Türkiye’de yayınlanmış olan STEM makale çalışmalarını belirli özelliklerine göre içerik analizi yapmıştır. STEM üzerine yapılan çalışmalar arasında Argümantasyon temelli çalışmalar bulunmazken, çalışmaların büyük çoğunluğu ürün tasarlamaya dayalı çalışmalardır.

Erdoğan (2013) üstün zekâlı kızların bilime yönelik tutumlarını incelemiştir. Üstün zekâlı bireylerin fen matematiğe olan ilgileri yadsınamaz. Bu sebeple üstün zekâlı kızların bilim insanları hakkındaki düşüncelerini ve bilime yönelik tutumlarını tespit etmek amacı

ile bilim insanı çizme kâğıt kalem etkinliği, bilimsel tutum ölçeği uygulanması etkinliği ve yarı yapılandırılmış sorulara cevap verme etkinliği yapmıştır. Üstün zekâlı kız öğrencilerin sahip olduğu oldukları bilim insanı şeması; laboratuvar önlüğü giyen ve gözlük takan, dağınık insanlar olarak şekillenmiştir. Bilim insanları 20 - 40 yaş aralığında insanlar olduğunu düşünmektedirler. Fakat etraflarında bilim insanı olarak örnek verebilecekleri kimsenin olmadığını bildirmişlerdir.

Irak (2019) tarafından yapılmış olan Yüksek lisans tez çalışmasında 2018 yılında yayınlanmış Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında 5.sınıf düzeyinde işlenmekte olan “Işığın Yayılması” ünitesine yönelik STEM uygulamaları yapmıştır. Bu etkinliklerin, öğrencilerin akademik başarısı ve STEM uygulamalarına yönelik tutumları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Akademik başarı konusunda STEM uygulamaları yapılmış olan deney grubunun lehine olumlu sonuçlar çıkmıştır. Uygulama yapılan okullarda STEM uygulamalarına yönelik tutum yönünden deney grupları lehine anlamlı farklılıklar oluşmuştur.

Sarı, Alıcı ve Şen (2018) probleme dayalı hazırlanmış bir STEM uygulamasının öğrencilerin kariyer bilinçleri ve tutumları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Her etkinliğe gerçek yaşamdan bir problem durumu içeren bir senaryo ile başlanmıştır. Problem durumları öğrencilerin yaptığı çalışma ile çözümlenmektedir. STEM uygulamaları merkez alınarak yapılan aktivitelerin, STEM alanlarından birisi olan Fen Bilimlerine yönelik olumlu tutum geliştirmede etkili olduğu görülmüştür. Olumlu tutumların geliştirilmesinde matematik ve fen bilimleri kullanılarak insan yararına bir ürün geliştirmenin etkili olduğu düşünülmektedir.

Gülhan ve Şahin (2016) 5.sınıf öğrencilerinin STEM alanlarının bütünleştirilmesi üzerine algılarını, ilgilerini ve tutumlarını araştırdıkları çalışmalarında ortaokul öğrencilerine yönelik hazırlamış olduğu STEM etkinlikleri ile birlikte STEM algı testi ve STEM tutum testi uygulamıştır. STEM etkinlikleri yapılmış deney grubunda STEM etkinliklerine yönelik olumlu algı değişimi olduğu, tutumlarında son test lehine anlamlı bir artış gözlemlendiği, tutum ve algı testlerinin paralel sonuçlar verdiği, STEM etkinliklerinin öğrencilerin tutum ve algıları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu şeklinde sonuçlara ulaşmıştır.

Yamak, Bulut ve Dündar (2014) 5.sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ve fen dersine yönelik tutumlarını araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. STEM eğitimi öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmiştir. STEM eğitimi öğrencilerin fen

dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde geliştirmiştir. Okul içi ve okul dışı tüm etkinliklerde STEM eğitiminin yaygınlaştırılması durumun öğrencilerin tüm becerilerinde olumlu bir artış gözlenecektir.

Bu çalışmalar incelendiğinde STEM eğitiminin fen bilimleri öğretiminde etkili bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda tutum ve algılarda olumlu yönde değişimler sağlandığı disiplinler arası ilişkiyi anlamada etkili olduğu sonuçları ortaya koyulmuştur. Öğretim tasarımı STEM temelli bir yaklaşım benimsenmesinin öğretim sürecini daha etkili hale getirdiği ve algı ve tutumları olumlu yönde etkilediği yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur.

1.2.1.5. Dünyada STEM Çalışmaları

Dünya genelinde yapılmış olunan STEM çalışmalarının ABD, Avrupa Birliği Ülkeleri, Çin ve Güney Kore gibi ülkelerde yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu ülkelerde, STEM alanları ve bu alanlarla ilgili mesleklere, ilgili ve yetenekli öğrencilerin yönlendirilmesi yönünde destekler sağlanmaktadır (Mutlu ve Korkut-Owen, 2017). Bu destek programları kapsamında STEM eğitimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanda yapılmış olunan çalışmalardan bazıları örneklenmiştir.

Schnittka ve Bell (2010) yapmış oldukları çalışmalarda bir ortaokulda 8.Sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan bir grup öğrenciyi deney ve kontrol gruplarına ayırmışlardır. Kontrol grubu öğrencilerine mevcut öğretim programlarını uygularken deney grubu öğrencilerine bir takım STEM etkinlikleri yapmışlardır. Etkinlikler sonunda mülakat yolu ile öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları üzerindeki değişim incelenmiştir. Bu etkinlikler penguen şeklindeki bir buz parçasının erimesini engellemeye yönelik deney çalışmaları ve mühendislik tasarımları olarak planlandı. Yapılan çalışmalar sonucunda öğrencilerin ısıнын iletimi konusunda sahip oldukları kavram yanlışlarında azalma olduğu gözlenmiştir.

Kitchen, Sonnert ve Sadler (2018) STEM yeteneklerini geliştirmek üzerine düzenlenmekte olan yaz kampı etkinliklerine katılım sağlayan öğrencilerin kariyer düşüncelerini incelemiştir. Yaz kampı programına katılım sağlayan öğrencilerin, diğer öğrencilere oranla STEM alanlarını kariyer olarak seçme isteklerini belirtme oranlarında 1.4 kat kadar bir fark gözlenmiştir. STEM yaz kampı etkinliklerinin öğrencilerin kariyer algıları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmüştür. Öğrencilerin büyük çoğunluğu

yapılan STEM etkinliklerinin gerçek yaşam problemleri ile doğrudan ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Antink-Meyer ve Meyer (2016) fen ve mühendislik uygulamalarının ilköğretim ve lise fen bilimleri öğretmenlerinin sahip oldukları kavram yanılgıları üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Fen bilimleri öğretmenlerinin, öğrencilerin bilimsel çalışmalarda yaratıcılığı sadece deney tasarlarken kullandıklarını düşündüğü tespit edilmiştir.

Thibaut vd. (2018) STEM eğitimi uygulamalarını etkilemekte olan beş temel özelliğin incelemesini yapmışlardır. Eğitimde STEM alanlarının bütünleştirilmesini etkileyen özelliklerin tespit edilmesinde en önemli zorluk öğretmenlerin bu konuda ki tutumlarının tespit edilmesidir. Bu nedenle çevrim içi bir anket uygulaması yolu ile 595 öğretmenin eğitimde STEM alanlarının bütünleştirmesi üzerine tutumları incelenmiştir. Hem sosyal alanda hem de yönetim alanındaki uygulamalar bütünleştirme uygulamalarını doğrudan etkilemektedir. Öğretim programıyla STEM uygulamalarının bütünleştirmesinin öğretmenler arasında ki iş birliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Becker ve Park (2011) STEM alanlarının bütünleştirilmesi yaklaşımının öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkilerini araştıran çalışmaları inceleyen bir meta-analiz çalışması yapmıştır. Bu kapsamda 28 farklı çalışma incelenmiştir. STEM eğitiminin benimsendiği öğretim etkinliklerinde öğrencilerin STEM alanlarında ki derslerden daha başarılı oldukları görülmüştür. Fakat öğretmenlerin disiplinler arası yaklaşım hakkında bilgi sahibi olmaması ve öğrencilerin STEM çalışmaları için motive edemiyor olmaları bu alanda karşımıza çıkan sorunlardandır. STEM eğitimi öğretmenler tarafından her sınıfa ayrı olarak sınıf düzeyinde uygulanabilir. Yapılmış olunan araştırma çalışmalarının nicel ve nitel çalışmalar olduğu görülmektedir.

Murphy ve Mancini-Samuelson (2012) eğitim fakültelerinin ilköğretim bölümlerine yönelik STEM temelli bir sertifika programı yapmıştır. İlköğretim fakülte dersleri arasında ortak olarak işlenen yaşam kimyası, çevre biyolojisi ve mühendislik dersleri, disiplinler arası yaklaşım ile sertifika programı kapsamında verilmiş olan derslerdendir. Programın pilot çalışması yapılmıştır.

Huntley (1998) yapmış oldukları çalışma ile matematik ve fen bilimleri eğitiminin disiplinler arası bütünleştirmesinin iki yolunu incelemektedir. Öğrenciler küçük gruplara ayrıldı. Her grup kendi disiplinler arası çalışmasını yapmaktadır. Grup çalışmaları

sırasında öğretmen, gruplara rehberlik yapmaktadır, gerektiğinde grupların ihtiyacı olan malzemeleri gruplara dağıtmaktadır. Gruplar kendi aralarında bir fotosentez tepkimesi için, bir yaprak ayasının genişliğini hesaplamak üzere matematik ve fen bilimlerinin birlikte kullanımını gerektirecek etkinlikler yapabilmekteydi.

Berlin ve White (1994) bütünleştirilmiş fen bilimleri ve matematik eğitimini temel oluşturmak amacı ile öğretim kaynaklarını belirleyen, eğitim materyallerini geliştiren, disiplinler arası ortak bir dil sağlayan bir öğretim modeli önermişlerdir. Bütünleştirme modeli öğrencilerin bilgiyi öğrenme ve işleme yollarını temel almaktadır. Fen bilimleri ve matematik disiplinleri arasında paylaşılmakta olan değerler, tutumlar ve düşünce şekilleri bulunmaktadır. Altı aşamalı olarak tasarlanmış olan fen bilimleri ve matematik alanları bütünleştirme modeli ile bu disiplinlerin bütünleştirilmesi üzerine yapılacak akademik çalışmalara zemin oluşturmaktadır.

Dünyada yapılan çalışmalar incelendiğinde, öğretmenlerin STEM eğitimi ders içi uygulamaları konusunda hizmet içi eğitimler, çalıştaylar, öğretim programına yönelik STEM temelli öğretim etkinlikleri ve materyaller ile desteklendiğinde öğretim sürecinin daha etkili bir şekilde planlanabildiği görülmektedir.

1.2.1.6. Eğitimde STEM Uygulamaları

Akademik çalışmalar incelendiğinde şuana kadar açıklanan çalışmaların yanında STEM eğitimini doğrudan sınıf içerisinde uygulanmakta olan öğretim tasarımlarıyla bütünleştirilmesi şeklinde çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Ortaya konulmuş olunan öğretim tasarımı uygulamaları genel olarak okul sonrası etkinlikler ve yaz kampı etkinlikleri, bir veya iki disiplinin öğretimi üzerine sınıf içi öğretim uygulamaları, yaparak - yaşayarak öğrenmeye dayalı ders etkinlikleri şeklinde konulara ayrıldıkları görülmektedir.

STEM eğitiminin ders içi öğretim uygulamaları incelendiğinde, STEM öğretim yönteminin dört adımda özetlenebildiği görülmektedir (Okka, 2019; Dugger, 2010). Bu adımlar:

1. STEM alanlarında bulunan disiplinlerden sadece bir tanesi seçilir. Seçilen bu disiplinin içeriğini derinlemesine kavramaya yönelik bir ders etkinliği düzenlenir. Tüm STEM alanları bu adımda ayrı bir disiplin olarak derinlemesine aktarılır.

2. İki ayrı disiplin alanı seçilir. Bu seçilen disiplinlerin arasındaki disiplinler arası ilişki derinlemesine öğretilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu adımda fen bilimleri - matematik, fen bilimleri - mühendislik ve matematik - mühendislik alanları seçilerek bu disiplinler arasındaki disiplinler arası ilişkinin derinlemesine aktarılması çalışmalarının yapıldığı görülmektedir.
3. Bir disiplin alanı seçilir. Bu disiplin alanı ile diğer üç disiplin arasında bulunan disiplinler arası ilişki ayrıntılı bir şekilde kavratılmasına yönelik öğretim etkinlikleri planlanır. Mühendislik alanının seçilerek mühendislik - fen bilimleri, mühendislik - matematik ve mühendislik - teknoloji disiplinler arası ilişkisinin verilmesi bu işleme örnek verilebilir.
4. Gerçek hayattan alınma bir problem durumu belirlenir. Önceki ders etkinliklerinden elde edilen kazanımlar ile STEM içeriğinde bulunan dört disiplin alanının tamamını birlikte kullanarak bu problem durumu çözümlenmesi çalışması yapılır.

Bu uygulama adımlarının amacı STEM disiplinleri arasında bulunan bütün - parça - bütün ilişkisinin öğrenciler tarafından kavranmasını sağlamaktır. Genel çalışma prensibi bu şekilde özetlenebilecek STEM temelli öğretim tasarımı uygulamalarından bazıları aşağıda örneklenmiştir.

Delen ve Uzun (2018) bir eğitim fakültesinde öğrenim görmekte olan 50 matematik öğretmen adayının STEM eğitimini kendi derslerinde nasıl uyguladıklarını analiz etmiştir. Fen bilimlerinin temelinde bulunan sorgulama temelli öğretimin matematik öğretmen adayları tarafından hiç kullanılmadığı tespit edilmiştir. Öğretmen adayları matematik öğretimi tasarım ve teknoloji boyutunu ele alarak öğretim yapmaktadır. Tasarım temelli işlenen matematik öğretiminde bir takım zorluklar yaşadıkları görülmektedir.

Liu ve Lederman (2002) bilimsel araştırma ve bilimin doğası konularını temel olarak bir haftalık bilim kampı etkinliği düzenlemiştir. Bu öğretim uygulamasının öğrencilerin bilimin doğası konusundaki sahip oldukları kavramların üzerine etkisini incelemiştir. Çinin çeşitli bölgelerinde yaz okullarında öğrenim görmekte olan yaz kampı öğrencileri bilim kampına davet edildi. Katılım sağlayan öğrenciler ile günde 6 saat, toplamda 6 gün olacak şekilde etkinlikler yapıldı. Her öğretim gününde ayrı bir disiplin üzerine sorgulamaya dayalı öğrenme etkinlikleri tasarlandı.

Venville vd. (2000) fen bilimleri ve matematik disiplinlerinin birlikte kullanımını içeren güneş enerjisinin kullanımı, istatistiksel analiz ve elektrik konularının öğretim tasarımı yapmıştır. Ders etkinlikleri 3 aylık dönemde kurs şeklinde gerçekleşmektedir. Haftada iki veya üç defa fen bilimleri veya matematik dersinden oluşmaktaydı. Vaka incelemesi yolu ile öğretim etkinlikleri yapılmaktaydı. Bir kayık batması vakası üzerinde çalışırken öğrencilerden bir tanesi suda batma üzerine matematiksel işlemler yaparken aynı gruptaki diğer bir öğrenci batma işleminin bilimsel temellerini inceleyebilmekteydi.

Aydın-Günbatar vd. (2018) kimya öğretmen adaylarına yönelik 12 haftalık STEM temelli ders etkinliği tasarlamıştır. Bu ders etkinliği ile STEM alanlarından en az iki disiplin arasında disiplinler arası ilişki kurulmuştur. Ders etkinlikleri bir üniversitede öğrenim görmekte olan kimya öğretmen adaylarına yönelik seçmeli ders olarak sunulmuştur. Öğretmen adaylarına STEM eğitimi ve mühendislik tasarım süreci hakkında bilgiler verildi. Sonraki hafta tasarım temelli öğretim etkinlikleri yapılmıştır. Ders etkinliği sonunda katılımcılar eleştirel düşünme ve günlük hayat problemlerine çözüm üretme becerilerini göstermişlerdir. Katılımcıların çoğunluğunun mühendislik konusunda ki görüşlerinde gelişme görülmüştür.

Tarkin-Çelikkıran ve Aydın-Günbatar (2017) öğretmen adaylarına yönelik 6 haftalık bir ders programı hazırlamıştır. Her hafta yapılan öğretim etkinlikleri sırasıyla STEM eğitiminin tanıtımı, endotermik ve egzotermik gibi bilimsel olgular göz önünde bulundurularak bir soğuk kompres su torbası tasarlama, asitlik düzeyini gösteren malzemelerin kullanımı, balıklara yaşam ortamı sağlayan bir tasarım yapılması ve çürüme gibi olayları yavaşlatmaya yönelik deney tasarımı yapılması olarak planlanmıştır. Yapılan etkinlikler fen bilimleri alt disiplini olan kimya disiplin alanı ile mühendislik, matematik ve teknoloji disiplinlerinin birlikte kullanımını içermektedir. Öğretmen adayları, yapılan ders etkinliklerinin kimya öğretimi alan bilgisine yüksek katkı sağladığını düşünmektedir.

Sarı ve Kırındı (2019) robotik kodlama teknolojilerini kullanma yolu ile fizik öğretimi yapmayı ön gören bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. Bu etkinlik ile bilgisayar ortamında Ardunio yazılımı kullanılarak fizik formüllerinin uygulanması, matematiksel işlemlerin yapılması, gerekli malzemeler kullanarak devre tasarımları yapma etkinlikleri gibi fizik biliminin teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarına yönelik disiplinler arası ilişkisini kavrama etkinlikleri yapılmıştır.

Riskowski vd. (2009) mühendislik disiplinini temel alarak 8.sınıf öğrencilerine yönelik fen bilimleri ve matematik kavramlarının öğretimini yapmaya yönelik ders

etkinlikleri tasarlamıştır. Su kaynakları konusu seçilmiştir. Öncelikle ders kitabı üzerinden su kaynakları konusunun bilimsel temelleri çalışıldı. Devamında insanların su ihtiyaçları ve nüfus özellikleri göz önünde bulundurularak ortaya koydukları fikirlerin mühendislik planları çizildi. Ortaya koyulan fikirler üzerinde tartışmalar yapılmıştır.

Aslan-Tutak, Akaygun ve Tezsezen (2017) STEM temel alınarak 4 haftalık bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. Etkinlik süresi boyunca STEM alanlarının tamamının disiplinler arası etkileşimini kavratan uygulamalar yapılmıştır. İlk hafta öğrenciler gruplara ayrılarak okyanusun rengi konusunda bilimsel kaynakların incelemesini ve tartışmasını yapmışlardır. İkinci hafta okyanusun rengi etkinliği üzerine STEM alanlarının bütünleştirilmesinin yapılma tarzı hakkında sınıfça bir tartışma etkinliği yapılmıştır. Üçüncü hafta etkinliklerinde ise fen bilimleri ve matematik olguları kullanılarak; kurabiye, ekmek, şekerleme gibi malzemeler kullanılarak mühendislik ve teknoloji çalışması yapılmıştır. Dördüncü hafta ise STEM alanları bütünleştirilmesinin yapılması, problem durumlarına hangi yöntemleri kullanarak çözüm aradığı gibi konular üzerine deney ve tartışma etkinlikleri yapılmıştır.

1.2.2. Mühendislik Eğitimi

Disiplinler arası bir yaklaşım ile STEM anlayışının ortaokul düzeyinde kazandırmanın bir yolu da Mühendisliğin tasarımının eğitime dâhil edilmesidir. Böylece Mühendislik (Engineering) ile diğer üç disiplin arasında bağlantı kurularak STEM anlayışı genel hali ile kazandırılabilir (Okka, 2019; Dugger, 2010). Mühendisliğin öğretim etkinliğine dahil edilmesi ile diğer derslerde öğrenilmekte olan soyut bilgilerin somut uygulamalara dönüştürülmesi sağlanmaktadır (Brophy vd., 2008). Bu bağlamda Mühendislik, STEM alanlarının anlaşılmasını kolaylaştıran bir disiplin niteliğindedir.

1.2.2.1. Mühendislik Eğitimi Nedir?

Öğrenciler, bir ürün tasarlamak ve bu tasarlanan ürünü diğer kişiler ile paylaşma isteğine doğal olarak sahip oldukları düşünülmektedir. Bu sebeple doğal dünyanın laboratuvar olarak kullanılması ile elde edilen bilgilerin somut kullanımının sağlanması gerekmektedir (Annetta ve Minogue, 2016). Mühendislik tasarımının, öğretim etkinlikleri içerisinde kullanılması ile fen bilimleri ve matematik disiplinlerinde

öğrenilmiş olunan olguların somut ürünlere dönüştürülmesi, bunun sosyal ortamda paylaşılması yönünde motivasyon sağlamaktadır. Mühendislik tasarım çalışmaları ortaya konulmuş olan ürünün, yeni öğrenilen bilimsel olgulara göre yeniden şekillendirilmesi şeklinde işleyen bir süreçtir (Brophy vd., 2008). Mühendislik eğitimi, öğrenilmiş olunan bilimsel olguların somut durumlara uygulanmasıyla yeni ürünler tasarlanması, bu ürünler ile daha kapsamlı bir öğrenme sağlanması tarzında gerçekleşen öğren - tasarla - yeniden öğren uygulamaları ile öğrenme ortamlarını geliştirmektedir.

Mühendislik tasarım uygulamaları hem temel bilimsel kavram ve ilkelerin öğrenimini hem de öğrenilen olguların yeni problem durumlarına aktarılmasını amaçlamaktadır (Ramaswamy Harris ve Tschirner, 2001). Bu amaç ile öğrencilere iş birliği içerisinde çalışmayı öğretmektedir. Çünkü problem durumlarına bilimsel kavram ve ilkelerin kullanımı ile çözüm arama işlemini ekip çalışması yolu ile yapmaktadır. Böylece gelecekte seçilecek mesleğe de hazırlığı sağlamaktadır.

Mühendisler, ekip olarak bir problem durumu üzerinde tartışmaktadırlar. Bilimsel olguların kullanılması ile bu problem durumuna çözüm olabilecek bir ürün tasarımı yapılmaktadır. Tasarım üzerinde tartışmak ise ortak bir mühendislik anlayışı geliştirmektedir (McFadden ve Roehrig, 2019). Bu ortak anlayış ile problem durumlarına daha iyi çözüm önerileri sunulabilmektedir. Karşılaşılan problem durumlarına bilimsel süreç becerilerini ve mühendislik tasarım becerilerini birlikte kullanarak çözümleme öğretim programlarının da amacını oluşturmaktadır (MEB, 2018b). Mühendislik eğitiminin bilimsel olgulardan yararlanma, bu olguları problem durumunda kullanarak problem durumlarına çözümler üretme, iş birliği içerisinde çalışma özellikleri öğretim faaliyetlerinin kalıcı kalıcı öğrenmeler sağlamasında etkili olmaktadır.

Mühendislik tasarım sürecinin fen bilimleri dersi öğretimi ile bütünleştirilmesinin üst düzey düşünme becerilerinde gelişmeyi sağlamaktadır (Hacıoğlu, Yamak ve Kavak, 2017). Ayrıca üst düzey düşünme becerileri ve kariyer bilincinde gelişme sağlanacaktır. Öğretmen eğitimlerinde fen bilimleri ve mühendislik eğitiminin bütünleştirilmesi, gelecekte ihtiyaç duyulan insan kaynaklarının yetiştirilmesi açısından öneme sahiptir.

1.2.2.2. STEM ve Mühendislik Eğitimi

Mühendislik disiplinin STEM eğitiminin içerisinde bulunan alanlardan birisi olduğu, STEM içerisinde bulunan diğer alanlar ile disiplinler arası ilişkisinin bulunduğu

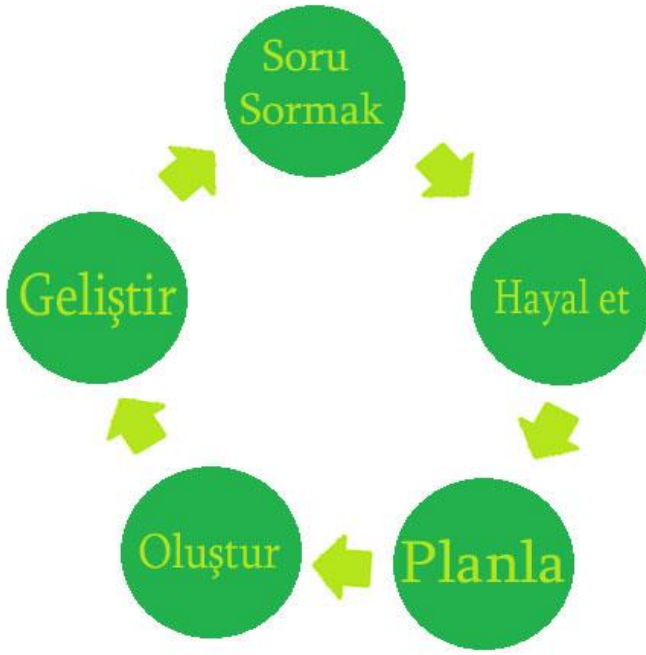
daha önceki bölümlerde ifade edilmiştir. Mühendislik, STEM alanları arasındaki disiplinler arası ilişkinin sağlanması, karar verme ve sorgulama becerilerini geliştirilmesi, diğer üç STEM alanı ile öğrenilen bilgilerin gerçek hayat problemleri üzerine uygulanmasını sağlaması açısından birçok fırsat sağlamaktadır (Tekbıyık ve Çakmakçı, 2018b).

Mühendislik ve STEM eğitiminin doğrudan aynı şeyler olmadığını düşünmekle birlikte öğretmen adayları, STEM eğitiminin verilebilmesi için mühendislik tasarım sürecinin bir yöntem olarak kullanılabileceğini düşünmektedirler (Ergün ve Kırıkcı, 2019). Mühendislik tasarım süreci; fen bilimleri, matematik ve teknoloji disiplinlerinin bir bütün halinde kullanılmasını gerektirmektedir. Bu özelliği düşünüldüğünde STEM eğitime temel oluşturmaktadır.

Mühendislik tasarım sürecini açıklayan modeller bulunmaktadır. Bu modellerin ortak olarak bir problem durumu ortaya konulması, çözüm hayal edilmesi, çözümün kâğıt üzerinde planlanması, bir ürün oluşturulması ve yeni problem durumları bulunarak geliştirilmesi aşamalarını farklı detaylarda içermektedir. Hynes vd. (2011) sekiz aşamadan oluşan bir mühendislik tasarım süreci modeli açıklamıştır. Bu model aşağıdaki adımları içermektedir:

1. Problem durumu belirle
2. Problem durumu hakkında araştırma yap
3. Olası çözümleri düşün
4. Olası çözümler arasından en iyi olanını seç
5. Prototip oluştur
6. Çözümü test et ve değerlendir
7. Çözüm yolunu rapor olarak yaz
8. Yeniden geliştir

Bu modele göre bu uygulama adımları tamamlanmasının ardından mühendislik tasarım süreci başa dönmektedir. Böylece sürekli olarak ürün geliştirilmektedir. Ürün geliştirme işlemi, o ürünün geliştirilmesini bitirme kararı alınana kadar sürekli olarak devam etmektedir. Bu model incelendiğinde adımlarda 1. ve 2.adımlar problem durumu belirleme, 3. ve 4.adımlar çözüm hayal etme, 5. ve 6.adımlar çözümün planlanması ve oluşturulması, 7. ve 8. Adımlar geliştirme aşamaları olarak özetlenebilir.



Şekil 3. Mühendislik tasarım süreci

Hynes vd. (2011) tarafından ortaya konulmuş olan modelin ara adımlarının birleştirilmesi ile oluşan bu model, genel mühendislik tasarım modelinin sadeleştirilmiş halidir. Bu sürece göre problem durumunun belirlenmesi, hayal edilmesi süreci fen bilimlerinden, planla, oluştur ve geliştir basamakları ise matematikten yararlanmayı gerektirmektedir. Sürecin tamamında ise teknolojiye faydalanılmaktadır. Ayrıca ortaya koyulan ürünler de teknolojiyi geliştirmektedir. Mühendislik tasarım sürecinin bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda tüm STEM alanlarının birer uygulama alanını içerdiği görülmektedir. Bu sebeple mühendislik tasarım süreci STEM eğitime temel oluşturmaktadır.

Problem durumlarının öğrencilerin kafasında oluşturduğu dengesizlikler, bu dengesizliklerin öğrenciler tarafından algılanma şekli ve disiplinler arası yöntemler ile bu sorunları nasıl çözdüklerini anlamak için STEM eğitimi uygulanma şeklini anlamak gerekmektedir (MacDonald vd., 2019). Mühendislik tasarım sürecinin kavranması durumunda, STEM alanlarının bir problem durumunu çözmek için nasıl uygulandığını anlamayı kolaylaştırmaktadır.

Lisans eğitimi düşünüldüğünde mühendislik bölümlerinde, fen bilimlerinde kabul edilen kavramların yetersiz aktarıldığı görülmektedir (İnan Yılmaz, 2015). Birçok kavram fen bilimlerinde kabul edilenden farklı şekilde öğretildiği görülmektedir. Ortaokullarda öğretilmekte olan fen bilimleri kavramları, problem durumlarına somut şekilde

uygulanamamaktadır. Mühendislik ve fen eğitiminin birlikte kullanılması durumunda fen bilimleri kavramlarının disiplinler arası ilişki bağlamında mühendislik, matematik ve teknolojiyle ilgili kariyer alanlarında öğretiminde iyileşme olacaktır.

1.2.2.3. Mühendislik - Tasarım Temelli Öğrenme

Fen bilimleri eğitiminde mühendislik tasarım sürecinin kullanılması öğrencilere bir çözüm yolunu uygularken hangi yolu izleyeceğini anlama becerisi kazandırmaktadır. Mühendislik tasarım temelli yapılan öğrenim uygulamalarında bir problem durumunun çözümü için ürün tasarlarlarken, öğrencilerin sıra ile hangi işleri yapacaklarını bildikleri bir desen izledikleri görülmektedir. Bu nedenle öğrenciler mühendislik dilini doğal bir iletişim aracı olarak kullanmaktadırlar (Kahn ve Bers, 2005). Fen bilimleri ve matematik eğitiminde mühendislik tasarımının temel alınarak öğretim yapılması, öğrencilere doğal iletişim ortamı sağlaması açısından motive edici olabilir.

Doğal bir iletişim ortamı hazırlamak için mühendislik tasarım sürecinin adımlarını öğrenciye göre planlamak gerekmektedir. Bu planlama işlemi için bir matris önerilmiştir (Crismond ve Adams, 2012). Bu matrise göre problem durumu iyi tanımlanmış basit bir sorun olmalıdır. Araştırma yapma adımı öğrencinin kendi isteğine bırakılır. Çözüm için fikir beyin fırtınası yolu ile fikirler ortaya konulur. Öğrenciler hangi fikri uygulayacakları seçilebilir. Gelişi güzel çözümler uygulamaya başladıklarında rehberlik yapılarak öğrenciler yol gösterici olunmalıdır. Konu içeriği ve öğrenci özellikleri göz önünde bulundurularak matrisin uygulanmasında değişiklik yapılabilir.

Mühendislik tasarım sürecini öğretim sürecine uygularken öğrencilerin okur - yazarlık becerilerinin kullanılması teşvik edilmelidir. Öğretim süreci boyunca öğrencinin okur - yazarlık becerisini geliştirerek mühendislik eğitiminde bilimsel yöntemleri göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Öğrencinin kendisinin ürünler tasarlayarak öğrenebilecekleri bir ortam sağlanmalıdır (Case, Marshall ve Grayson, 2013). Başlangıçta bazı beceriler yönünden eksik gibi görünen öğrenciler, kavramlar ve disiplinler arasında bulunan nedensellik ilişkisini gördüklerinde tasarım sürecinde başarı sağlamaktadırlar (White ve Frederiksen, 1989). Mühendislik tasarım kavramlarının, önceden öğrenilmiş olunan disiplin alanları üzerinden bir ön öğrenmeleri bulunmaktadır. Bu sebeple güvenlik, verimlilik, çalışma yöntemi gibi mesajlar açık bir şekilde öğretildiği durumda tasarım temelli eğitim süreci kolaylaşacaktır (Newman, Whatley ve Anderson, 2003).

1.2.2.4. Ortaokullarda Mühendislik Eğitimi Düşüncesi

Mühendislik temel alınarak STEM eğitimini ilkokul ve ortaokul düzeyinde uygulayan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar sınıf içi uygulamaların yanında, atölye çalışmaları veya çalıştay şeklinde de gerçekleştirilmektedir. Bu öğretim uygulamalarında ilkokul ve öncesi öğrenciler, Lego benzeri oyuncaklar ve basit malzemeler gibi somut malzemeleri inceleyerek mühendislik süreci hakkında fikir sahibi olabilmektedirler. Ortaokul ve üstü öğrenim gören öğrenciler ise daha karmaşık malzemeler, soyut malzemeleri inceleyerek eleştirel değerlendirme yapabilmektedirler (Brophy vd., 2008).

Ortaokullarda gerçekleştirilen mühendislik eğitimi uygulamaları öğrenciler tarafından eğlenceli bulunmaktadır. Ayrıca kalıcı öğrenmeleri desteklediği görülmektedir (Ercan ve Şahin, 2015). Çocuklar oyuncaklar ile oyun organize etme, kâğıtlardan oyuncak yapma, kumdan kaleler yapma gibi eğlenmek amaçlı birçok mühendislik becerisini göstermektedirler. Bu sebeple her çocuk birer doğal mühendistirler (NRC, 2012; Park vd., 2018). Bu sebeple fen ve mühendislik öğretim uygulamaları öğrenciler açısından oyun tarzında bir etkinlik olarak algılanmaktadır.

Disiplinler arası fen bilimleri öğretmen eğitimi üzerine Türkiye’de Bilim ve Sanat Merkezleri ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) tarafından yürütülmekte olan projeler bulunmaktadır. Bu projeler kapsamında bilimsel ve akademik kitapların tanıtımını içeren rehber kitapların dağıtımı, seminer programları yapılmaktadır (Bozdoğan, 2016). Mühendislik eğitiminin, fen bilimleri eğitimi ile bütünleştirilmesi ise yapılmakta olan bu projeleri destekler niteliktedir. Fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin mühendislik eğitimi becerilerini geliştirmek için eğitim fakültesi müfredatına mühendislik eğitimi derslerinin de eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca öğretmenlerin mühendislik tasarımına odaklanmasını sağlayan hizmet içi kurs programlarının yaygınlaştırılmasını sağlamak ortaokullarda fen ve mühendislik eğitiminin bütünleştirilmesi konusunda yarar sağlayacaktır (Cunningham ve Carlsen, 2014). Ortaokulda alt sınıflardan itibaren mühendislik kavramları ile ilgilenmeye başlayan öğrenciler mühendisliğin doğası hakkında fikir sahibi olmaktadır (Clifford, 1998).

1.2.2.5. Mühendislik Eğitiminin Önemi

Öz güven ile matematik başarısı arasında yüksek bir ilişki görülürken, fen bilimleri başarısı arasında orta düzeyde bir ilişki görülmektedir (MEB, 2019c). Öz güven, fen bilimleri ve matematik başarısını arttırmada doğrudan etkilidir. Öz güven, öğrenilen bilgilerin yeni problem durumlarına rahat bir şekilde uygulanması ve karar alınması konusunda cesaretli hissetme tutumu olarak tanımlanmaktadır (Uçman, 2019). TİMSS sınavındaki fen bilimleri başarıları karşılaştırıldığında kız öğrencilerin, erkeklere göre avantajlı durumda olduğu, fakat bu farkın yıllar ilerledikçe kapandığı görülmektedir (MEB, 2016b). Fen bilimlerinde gösterilmekte olan öz güven ve başarı farklılığı mühendislik mesleklerini kariyer olarak seçme durumunda da kendisini göstermektedir. Erkek öğrenciler gelecekte mühendislik mesleklerini seçmek konusunda istekli davranırken, kız öğrenciler gelecekte insanlarla ilgilenmeyi gerektiren meslekleri seçmeye daha istekli davranmaktadırlar (Lachapelle vd., 2012). Yapılan eğitimin kalitesini ve kazanılan becerileri doğrudan etkileme potansiyeline sahip olan olumlu tutumlar, yenilikçi öğretim yöntemlerinin kullanıldığı sınıf ortamlarında görülmektedirler (Uzun, 2010). Jeffers vd. (2004) tarafından sunulan düşünceye göre öğrencilerin fen bilimleri ve mühendislik alanındaki mesleklerde kariyer yapmalarını sağlamak, bu yönde öz güveni arttırmak için öğretmenlerin mühendislik eğitime önem vermeleri gerekmektedir (Mesutoğlu, 2017).

Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinde bulunmakta olan bilgi ve becerilerin bir bütün olarak öğretilmesi, ayrı ayrı öğretilmesinden daha etkili olduğu düşünülmektedir (Savran Gencer, 2015). Mühendislik eğitimi bu disiplinleri bir bütün olarak öğretme olanağı tanırken, öz güveni artırma yolu ile kız ve erkek öğrenciler arasındaki başarı farkını kapatmak ve STEM meslek alanlarında her iki cinsiyetin de eşit miktarda temsil edilmesini mümkün hale getirilmesini sağlamaktadır.

1.2.2.6. Türkiye’de ve Dünyada Mühendislik Eğitimi Çalışmaları

Koyunlu Ünlü ve Dökme (2017) ortaokul düzeyinde öğrenim görmekte olan bir grup özel yetenekli öğrencilerin mühendislik algılarını araştırdıkları çalışmalarında öğrencilerden işini yapmakta olan bir mühendis çizimleri istenmiştir. Öğrencilerin çizmiş olduğu mühendis figürleri incelendiğinde çoğunlukla bir erkek çizildiği görülmüştür.

Ayrıca inşaat mühendisi çizmişlerdir.

Guzey vd. (2019) öğrencilerin mühendislik kavramlarını daha iyi anlamaları için öğretmenin müşteri, öğrencinin mühendis olduğu bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. Öğretmen müşteri olarak öğrencilerden bazı mühendislik görevlerini yapmalarını sipariş vermektedir. Öğrenciler mühendis olarak bu görevleri yerine getirmektedirler. Çalışma sonucunda mühendislik kavramları ile fen kavramları arasında ilişki kurulduğunda öğrencilerin dersi anlama düzeylerinin arttığı gözlenmiştir. Mühendislik dilinin ve meslek jargonunun öğrenilmesi hem derse olan ilgiyi arttırmış, hem de fen kavramlarının daha kolay anlaşılmasını sağlamıştır.

Koyunlu Ünlü ve Şen (2018) çalışmasında MEB tarafında 2018 yılında yayınlanan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı kapsamında okullara dağıtılmış olunan 5.sınıf Fen Bilimleri kitabında bulunan etkinlikleri bilimsel araştırma ve mühendislik tasarım süreci basamaklarına göre incelemiştir. Bilimsel araştırma süreci basamaklarının en fazla geçtiği etkinliğin ampul parlaklığı deneyi olduğu gözlenmiştir. Kitaptaki hiçbir etkinlikte ise mühendislik tasarım süreci basamaklarına uygun etkinliklerin bulunmadığı, bu konuda sınırlı olduğu gözlenmiştir.

Mehalik, Doppelt ve Schuun (2008) Mühendislik tasarım sürecine uygun öğrenim yapan eğitim kurumlarında ki öğrenciler ile geleneksel öğretim yöntemlerini kullanan eğitim kurumlarındaki öğrencileri sosyoekonomik durum, cinsiyet, yaş gibi değişkenlere göre incelemiştir. Düşük sosyoekonomik bölgelerde öğrenim gören öğrencilere mühendislik tasarım sürecini temel alarak öğretim etkinliğinin yapılmasının akademik başarıyı arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca öğrenci ihtiyaçlarına göre planlanan mühendislik tasarım süreci temelli fen eğitiminde, bilim kavramlarının kalıcı öğrenilmesinde artış olduğu gözlenmiştir.

İlme (2019) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında meslek liselerinden mezun olarak mühendislik fakültesi kazanan öğrenciler ile diğer mühendislik öğrencilerin başarı düzeylerini karşılaştırmıştır. Meslek liseleri ve diğer liselerden mühendislik kariyerini tercih eden öğrenciler arasında başarı yönünden bir farklılık gözlenmediği görülmüştür. Buna karşılık meslek liselerinden mühendislik kariyeri seçen öğrencilerin öğrenimini normal süresi içerisinde tamamlama olasılıklarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bilimsel içerikli derslerde ise diğer liselerden gelen öğrencilerin daha başarılı oldukları gözlenmiştir.

Savran Gencer (2015) fırlıdaki etkinliği adını verdiği bir mühendislik tasarımı ğretim tekniği tasarlamıştır. Bu etkinlik ile değişken belirleme, verileri test etme, analiz oluşturma gibi beceriler kullanılabilmektedir. Öğrenciler gruplara ayrılmıştır. Her grup kendilerine verilen kâğıtlar ile rüzgârgülü yâpmıştır. Rzgârglnn büyüklüğü, kalınlığı, yaprak şekli gibi özelliklerinin hareketine nasıl etki ettiğini not almışlardır. Elde edilen veriler fen ve matematik derslerinin içerikleri ile ilişkilendirilir. Bu şekilde bulunan yeni problem durumlarının çözümü için bir mühendislik çalışması yapılarak yeni bir rüzgârgülü prototipi ortaya konulur.

Ercan (2014) doktora tez çalışması kapsamında mühendislik tasarımı temel alarak fen bilimleri 7.sınıf düzeyinde işlenen kuvvet ve hareket konusunun öğretilmesine yönelik bir ğretim etkinliği tasarlamıştır. Etkinlik sonucunda problem durumlarını tüm mesleklerle ait genel kavramlar ile açıklayan öğrenciler, mühendislik kavramlarını kullanarak açıklama yapabilmeyi öğrenmişlerdir. Öğrencilerden bazıları mühendislik mesleklerini kariyer alanı olarak seçmeyi düşünmeye başlamıştır. Öğrencilerin mühendisliğe yönelik kariyer farkındalıkları artmıştır.

Gero (2017) fen bilimleri ve mühendislik alanlarında lisans eğitimi gören öğrencilere, fen ve mühendislik disiplinler arası ilişkisini kavrayabilecekleri bir ders etkinliği planlanmıştır. Ders kapsamında öncelikle disiplinler arası ilişki üzerine teorik bilgiler verilmektedir. Bir sonraki derste fizik alanında bulunan siyah cisim ışması ve elektrik mühendisliği bölümünde bulunan radyasyon detektörleri konusunu birleştiren bir disiplinler arası ders planlaması yapılır. Ders sonunda, yapılan ders etkinliğinin disiplinler arası yn üzerinde tartışma etkinliği yapılmıştır.

Reynolds vd. (2009) adına RET programı dedikleri, 6 - 8 hafta süren bir ders programı hazırlamıştır. Hazırlanan bu ders programının, mühendislik mesleklerine olan ilgiyi arttırdığı gözlenmiştir. Bu ders programını uygulayan öğretmenlerin başlangıçta programın bütün öğrencilerde başarılı olamayacağını düşünmüşlerdir. İlerleyen derslerde bu düşünce değişmiştir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu gelecekte mühendislik mesleklerini kariyer olarak seçeceklerini bildirmişlerdir.

Fleer (2000) yaşları üç ile sekiz arasında değişen bir grup çocuğa planlama, oluşturma ve değerlendirme aşamalarından oluşan mühendislik ğretilimi çalışması yapmıştır. Çocuklara belirli bir hayvanın yaşayabilmesi için ev yapma görevi verilmiştir. Çocukların çoğunluğu verilen ev tasarım görevini tamamlamayı başarmıştır. Yapılan tasarımlar çocukların çizgi filmlerde gördükleri tasarımlar ile benzer özellikler

taşımaktadır. Çocuklar, kendi yaşam alanlarında bu gibi işlerin yapıldığını gördükleri sürece mühendislik tasarımı yapabilmektedirler.

Park vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada yaşları 6 ve 7 olan 3 tane çocuk üzerinde vaka incelemesi yapmıştır. Seçilen bu çocuklar, sınıf ortamında diğer öğrenciler ile birlikte belirli mühendislik grup çalışma etkinliklerine katılmışlardır. Öncelikle öğretmenlere mühendislik eğitimi hakkında 2 günlük kurs verilmiştir. Kurs tamamlandıktan sonra öğretmenler, seçilen çocukların bulunduğu sınıflarda mühendislik öğretim etkinliği yapmışlardır. Yapılan etkinlikler; kayık tasarımı yapma, yapılan tasarımın yüzüp yüzmediğini test etme, yaptıkları kayık tasarımı üzerindeki hatalı yanları tespit etme, yeniden daha iyi bir kayık tasarlama şeklinde gerçekleşmekteydi. Bu ders etkinlikleri sonucunda öğrenciler kendi çalışmaları sonucu hacim kavramını öğrenmişlerdir. Mühendislik tasarım çalışması yapılarak fen bilimleri kavramlarının öğretimi sağlanabilmiştir.

1.2.3. Doğadan İlham Alan Teknolojiler (Biyomimikri)

Mühendislik ve fen bilimleri disiplinlerinin bütünleştirilmesinde bir yöntem de çevrede bulunan teknoloji örneklerinin birçoğunu mühendislik yönünden incelemektir (Brophy vd., 2008). Teknolojiye örnek olarak ise biyomimikri uygulamaları verilebilmektedir. Bilim Uygulamaları öğretim programında Bilim - Mühendislik - Teknoloji - Toplum - Çevre teması altında Doğadan İlham Alan Teknolojiler (Biyomimikri) örnek etkinliğine yer verilmiştir (MEB, 2018b).

Biyomimikri çalışmaları, gerçek dünya sorunlarının çözümü için ekolojik okur yazarlık becerilerini geliştirmeyi sağlayan, yaparak - yaşayarak öğrenme ortamı sağlamaktadır (Avcı, F). Çevreyi incelemek, fen bilimleri, mühendislik ve teknoloji arasında ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Bu bakımdan biyomimikri, öğretim programında, STEM ve disiplinler arası ilişki anlayışının kalıcı öğrenmesini sağlamak açısından önemli bir konuma sahiptir.

1.2.3.1. Biyomimikri Tanımı ve Tarihçesi

Fikir ve tasarımlarda doğanın ilham kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilecek olan biyomimikri, mühendislik ve teknolojiye katkı yapan bir

disiplindir. Biyomimikri, canlıların doğada yaşamak için yerine getirdiği fonksiyonları incelemektedir. Bu yolla ürünleri ve süreçleri doğaya göre şekillendirmektedir (Biomimicry Institute, 2017).

Biyomimikri kelimesi köken olarak Latince Bio (doğa) ve Mimicry (taklit) kelimelerinin birleşmesinden ortaya çıkmaktadır. Gerçek yaşamda karşılaşılan bir problem durumunun, doğadaki süreçler taklit edilerek çözüme ulaştırılması olarak tanımlanmaktadır (URL-1, 2019; Ersanlı, 2016). Doğa, insanların müdahalesi olmadan binlerce yıldır bütün işleri sorunsuz bir şekilde yürütmektedir. Bu bağlamda doğada her bir sürecin binlerce yıldır kullanılmakta olan bir tasarımını bulmak mümkündür. Yenilikçi bir bakış açısı ile 3.8 milyar yıldır doğada varlığını sürdürmeyi başaramamış canlıların çalışma şekli ve başarılı olma şekillerinin taklit edilmesi, bu işlem sonucu iyi tasarlanmış ürünler ve teknikler üretme işlemi olarak tanımlanmaktadır (Karabetça, 2018). Doğanın taklit edilmesi işlemi; teknolojinin gelişmesi ile birlikte görünüş olarak taklit edilmeye bağımlı kalmamış, yapı ve işlevler yönünden de doğadan ilham almak şeklinde kendisini göstermiştir (İnner, 2019). Bu özelliği ile mühendislik ve teknolojinin temelini oluşturduğu düşünülebilir.

Biyomimikri kavramının tanımlanması ve adlandırılması Janine Benyus tarafından yapılmıştır (Ersanlı, 2016). Benyus, 1997 yılında yayınladığı “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature” adlı kitabında bu terimi ilk defa kullanmıştır (Avcı, 2019; Yıldırım, 2019). Ortaya atıldığı tarihten itibaren mühendislik ve bilimsel çalışmalarda kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

Canlıların bu güne kadar oluşan evrimi incelendiğinde oluşan yapıların mühendislikte kullanılabilmesi için üç temel özelliğe dikkat edilmelidir. Bu özellikler doğal yapının işlevinin anlaşılması, bu işlevlerden işimize yarayanın seçilmesi, seçilen işlevin yeni tasarıma uygulanabilmesi olarak sıralanmaktadır (Mahgoub ve Alawad, 2014). Bir canlının özelliklerini inceleyerek mühendislik çalışması yapma işlemi aşamalara ayrılabilir (Yıldırım, 2019). Bu aşamalar sırasıyla canlının özelliklerinin incelenmesi, canlının kâğıt üzerine çizimi yapılması, canlının çiziminden yola çıkarak mühendislik tasarımının çiziminin yapılması, yapılan tasarım planı çizimlerinin hayata geçirilerek bir model veya prototip üretilmesi olarak sıralanabilir.

1.2.3.2. Mühendisliğin Biyomimikri İle İlişkisi

Doğadan ilham alınarak birçok mühendislik ürünü geliştirilmektedir. Bu ürünler; haritalama araçları, yön bulma ve mesafe ölçme araçları olarak sıralanabilir (Yang, 2016). Mühendislerin genel olarak uğraştığı problem durumları olan görüntü işleme, büyük veri işleme gibi problem durumlarında doğadan esinlenerek çözüm yolu üretilebilmektedir. Mimarlık, inşaat mühendisliği, yazılım mühendisliği, bilgisayar mühendisliği ve makine mühendisliği gibi mühendislik alt disiplinleri doğrudan veya dolaylı olarak biyomimikri kullanmaktadır.

Tasarımda doğal öğelerin kullanılmasının olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır (Eryılmaz, 2015). Bu yönlerden bazıları şu şekildedir: Enerji kullanımı doğadan ilham alan tasarımlarda daha verimlidir. Ayrıca bu tasarımları farklı durumlarda farklı ürünlere uygulamak kolaydır. Tasarım çeşitliliği ise oldukça fazla olduğu için rekabet artışı sağlanmaktadır. Buna karşılık doğal tasarımların taklit edilmesi ve doğa koşullarında bir canlıyı incelenmesi zordur.

Mühendisler, yapmış oldukları tasarımlarda sürdürülebilir kullanımı sağlamak için doğadan ilham almaktadırlar (Pauw, Kandachar ve Karana, 2015). Bu tasarımlarda ekonomiklik, çevre temizliği gibi problem durumlarına yenilikçi çözümler getirilmektedir. Sürdürülebilir biyomimikri tasarımlarının faydaları ise doğanın ve çevrenin korunması, ekosistemi öğretmek doğadan en iyi şekilde faydalanmayı sağlaması, sistem ve prensipler hakkında fikir vermesi, çözüm odaklı ve işbirlikçi olmayı öğretmesi olarak sıralanabilmektedir (İleritürk, 2016).

Biyomimikri tasarımlarında taklit etme işleminin çeşitli yöntemleri bulunmaktadır (Zari, 2007). Bunlardan bir tanesi davranış olarak taklit etmektir. Doğada ki canlıların bir işi yaparken nasıl davrandığını inceleyerek ürünlerde aynı mantığı kullanmaktadır. Görünüş olarak taklit etmekte ise doğada bir canlının vücut şekli ve görüntüsünden yola çıkarak tasarımlar yapmaktır. Bu yöntemleri kullanarak askeri sanayiler, demir yolları, gemi ve uçak tasarımları gibi sanayilerde biyomimikri tasarım çalışmaları hız kesmeden sürdürülmektedir. Bu sebeple biyomimikrinin sanayide yüksek bir yenilik potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir (Shimomura, 2010).

1.2.3.3. Biyomimikri Tasarım Örnekleri

İlgili çalışmalar incelendiğinde biyomimikri kullanılarak tasarlanmış birçok mühendislik ürünün olduğu görülmektedir. Biyomimikri teknolojileri, problem durumlarına en iyi çözüm yolu olduğu görülmektedir. Bu çözüm yollarının bir kısmı aşağıda maddeler halinde örneklenmiştir.

Elektronik teknolojileri

- Kertenkelelerin ayaklarının yapışkan yapılarından yola çıkarak mikro elektronik (işlemci, ram üretimi gibi) ve uzay araştırmaları için yapıştırıcılar geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Radar, Sonar, Navigasyon, tıbbi görüntüleme araçları yarasaların yankılanan sesi algılayarak yolunu bulmasından esinlenerek bulunmaktadır (URL-1, 2019).
- Geceleri uçan böceklerin gözlerinde bulunan yansıma önleyici ve görmeyi kolaylaştırıcı nano yapılar örnek alınarak telefon ekranları, dokunmatik ekranlar, lambalar, lensler, yansıma ve parlama önleyici filmler geliştirilmiştir (URL-1, 2019; İleritürk, 2016).

Ulaşım teknolojileri

- Kuşların kanat ve vücut şekillerinden uçak tasarlanmaktadır. Uçak kanat yapıları, kuşların kanat yapıları örnek alınarak geliştirilmektedir (İnner, 2019, URL-1, 2019).
- Balık kanatlarından ilham alınarak portatif, takılıp - çıkartılabilir uçak kanatlarının geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Yalıçapkını kuşu, gagasının uzun yapısı sayesinde hiç ses çıkarmadan suya dalabildiği tespit edilmiştir. Bu tasarım hızlı trenlere uyarlanarak, trenlerin tünellere girerken çıkardıkları gürültü engellenmiştir (Boga-Akyol ve Timur-Ogut, 2016).
- Tekne ve deniz ulaşım araçlarının gövdelerinin balık vücutlarının örnek alınarak yapılmaktadır (URL-1, 2019).
- Blue Morpho kelebeği adındaki canlının kanatları mikroskop altında incelendiğinde çatı kiremitleri gibi dizilime sahip yapılarının olduğu görülmektedir. Bu yapılar sayesinde kelebeğin kanadı sürekli temiz kalmaktadır.

Bu yapılar taklit edilerek uçaklar ve tıbbi teknolojilerde kullanılmak üzere kir tutmaz yüzeyler üretilmektedir (Mahgoub ve Alawad, 2014; Gardner, 2012).

- Sarı Kutup balığı adındaki balık türünün vücut şeklinden ilham alınarak, havadaki sürtünmeyi azaltmak suretiyle daha az yakıt tüketimi yapan otomobiller üretilmektedir (Boga-Akyol ve Timur-Ogut, 2016; Gardner, 2012).
- İnsan kafa derisine bir yönden baskı uygulandığında, derinin o yönde hareket ederek baskının şiddetini azalttığı görülmüştür. Bu özellikte esnek kaplamalı motosiklet kaskları üretilerek daha yüksek koruma sağlanmıştır (Yıldız, 2012).

Askeri ve savunma sanayisi

- Ton balığının yüzme davranışından yola çıkarak torpido (suda yüzen silah mermisi) geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Yunusların ve Köpek balıklarının deri yapısı örnek alınarak denizaltı ve zodyak botları geliştirilmektedir (URL-1, 2019; Mahgoub ve Alawad, 2014).
- Çingiraklı yılanlar "Pit Viper" adı verilen bir organa sahiptirler. Bu organ sayesinde kemirgen hayvanların vücut ısılarını algılayabilmektedirler. Bu organın yapısından ilham alınarak termal kameralar üretilmektedir (Ersanlı, 2016).
- Bazı canlılar kalsiyum karbonattan oluşma dış iskelet yapısına sahiptir. Bu iskelet yapısından ilham alınarak insanlar için zırh sistemleri geliştirilmiştir (Gardner, 2012).

Mimari

- Victoria amazonica adındaki Nilüfer bitkisinin yaprak yapısından ilham alınarak 1851 yılında Kristal Saray adlı mimari yapı inşa edilmiştir. Bu yapıda camlar ve demirler mozaik oluşturulacak şekilde bağlanmıştır (Yıldız, 2012).
- Örümcek ağlarının güçlü yapısından ilham alınarak stadyumların yapılarında kullanılan güçlü halatlar üretilmiştir (İleritürk, 2016).
- Yusufçuk böceğinin kanat yapılarından ilham alınarak, cam seralar üretilmektedir (İleritürk, 2016).
- İnsan uyluk kemiğinin yapısından ilham alınarak Eyfel kulesi inşa edilmiştir. Böylece dayanıklılık ve havalandırma sorunu olmayan bir yapı oluşturulmuş (Yıldız, 2012).

- Termitler yuvalarını havalandırma ve ısıtma amaçlı olarak özel bir tasarım ile inşa etmektedir. Zimbabwe’de Eastgate Center adlı bina termitlerin bu tasarımından ilham alınarak güneş ışığı ile ısınacak şekilde inşa edilmiştir (Boga-Akyol ve Timur-Ogut, 2016; Yıldız, 2012).
- Nilüfer bitkisinin, yaprakları üzerine bulunan tümsek yapıları, suyun yapraklar üzerinde çiğ tanesi şeklinde kaymasını sağlamaktadır. Böylece su taneleri yapraklar üzerinde kayarak yaprakları temizlemektedir. Bu özellikten yararlanarak kendini temizleyen yüzeyler üretilmektedir (Yıldız, 2012).

Tekstil sanayisi

- Tarlada yürürken pantolonunun bacaklarına yapışan dikenli tohumlar örnek alınarak cırt cırt banlar üretilmektedir (URL-1, 2019).
- Örümceklerin ağ yapılarını incelenerek toksin ve kimyasal içermeyen güçlü ve su geçirmez ipek kumaşlar üretilmektedir (URL-1, 2019).
- Çam kozalağının yapısı örnek alınarak akıllı kıyafetler üretilmektedir. Bu kıyafetlerin üzerinde çam kozalağının yapraklarına benzer küçük yapılar bulunmaktadır. Bu yapılar sıcak havada açılarak serinlemeyi, soğuk havalarda kapanarak soğuktan korunmayı sağlamaktadır (Avcı, 2019).
- Penguenlerin gözlerinde turuncu bir sıvının bulunduğu, bu sıvı sayesinde penguenlerin gözlerinin güneşin zararlı ışınlarından korunduğu gözlenmiştir. Bu özellikten ilham alınması ile turuncu güneş gözlükleri üretilmiştir. Bu gözlükler, diğer gözlüklere göre gözleri güneşin zararlı ışınlarından daha fazla korumaktadır (Yıldız, 2012).

Diğer teknolojiler

- Seçici geçirgen hayvan hücresi zarları örnek alınarak su filtreleri geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Bitki yapraklarının güneşten organik ürün sentezlemesi örnek alınarak güneş pilleri geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Protez uzuvlar, tarım yöntemleri, navigasyonlar, koşu ayakkabıları hayvanlar örnek alınarak geliştirilmektedir (URL-1, 2019).

- Doğada, doğal atıkların çürüyerek yok olması, artıkların başka hayvanlar tarafından besin olarak kullanılması geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesinde ilham kaynağı olmaktadır (URL-1, 2019).
- Hareket sırasında sürtünmeyi azaltan mayolar, köpek balıklarının derisinden ilham alınmaktadır (URL-1, 2019).
- Midye incileri örnek alınarak seramik ve otomobil ön camları üretilmektedir. Ayrıca midyeler örnek alınarak su altında yapışabilen bir tutkal geliştirilmektedir (URL-1, 2019).
- Ağaçkakan gagası örnek alınarak dağcılar için daha işlevsel bir buz kıracağı geliştirilmiştir (URL-1, 2019).
- Ateş böcekleri örnek alınarak parlayan çubuklar (aydınlatma sistemleri, el fenerleri) geliştirilmiştir (URL-1, 2019).
- Deniz kabukları ve galaksilerde bulunan spiral yapı örnek alınarak verimli pompalar ve egzoz fanları geliştirilmiştir (URL-1, 2019).
- Ton balıklarının kuyruklarının hareket şekillerinden ilham alınması ile su altında ki akıntılardan elektrik üretimi yapabilen tribünler üretilmiştir (Boga-Akyol ve Timur-Ogut, 2016).
- Sorlu (2010) yapmış olduğu tez çalışmasında bazı bitkilerin yapılarından bazı ürün tasarımları önermiştir. Bunlar: *Nepenthes chelsonii* adlı bitkinin yapraklarından ilham alan ve sineklerden korunmayı sağlayan bir lamba, *Maranta leuconeura* Morren '*Erythroneura*' adlı bitkiden esinlenerek üretilen bir çaydanlık.

Bu örneklerin miktarı arttırılabilir. Mühendislik alanında yapılan teknolojilerin çoğunluğu ulaşım, askeri ve mimari alanlarda yapıldığı görülmektedir.

1.2.3.4. Eğitimde Biyomimikri Uygulamaları

Eğitim alanında öğretim tasarımları ve araştırma çalışmaları incelendiğinde biyomimikri alanının bu çalışmalar içerisinde az yer kapladığı görülmektedir. Eğitim alanında yapılmış olunan biyomimikri çalışmaları aşağıda örneklenmiştir.

Yeşil Eğitim Vakfı - Green Education Foundation (GEF) alt sınıflardaki öğrencilere doğayı taklit etme becerileri kazandırılmak üzere bir öğretim tasarımı yapmıştır (URL-6,

2019). Bu öğretim tasarımı bir öğretmen kılavuz kitapçığı hazırlanmıştır. Bu kitapçıkta öğrenmenin hedefleri, kullanılacak öğretim materyalleri ve dersin uygulama adımları bulunmaktadır. Aynı şekilde TeachEngineering adlı internet sitesinde de bir öğretim tasarımı uygulaması bulunmaktadır (URL-1, 2019). Bu uygulamada biyomimikri üzerine detaylı bilgiler verildikten sonra dersin uygulama adımlarını basamaklar halinde planlamıştır. Ayrıca öğrenmeleri değerlendirmek üzere de bir öneri sunmaktadır.

Subsoontorn vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada STEM temel alınarak biyomimikri kullanımı hakkında bir çalıştay yapmışlardır. Biyodijital, sentetik biyoloji ve biyomimikri olmak üzere üç farklı çalıştay yapılmıştır. Her bir çalışma teorik bilgilerin verildiği bir seminer etkinliği ile başlatılmıştır. Ardından akıllı tahta üzerinden biyomimikri örnekleri sunumu yapılmıştır. Sunulan örnekler üzerinden kendi yapacakları mühendislik çalışması için fikir bulmaya yönelik beyin fırtınası etkinliği yapılmıştır. Her grup sensör ve kablo benzeri malzemeler ile bulunan fikri ürüne dönüştürmüştür.

Pauls (2017) STEM alanları arasındaki bütünleştirmeyi sağlamak üzere bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. İlgi çekici bir alan olmasından dolayı tema olarak biyomimikri seçmiştir.

Kim (2019) teknoloji eğitimi üzerine biyomimikri temelli bir öğretim tasarımı geliştirmiştir. Sosyal paylaşım siteleri üzerinde ki içerikler incelenerek bir problem durumu belirlendi. Biyomimikri temelli robotlar konusunda seminer etkinliği düzenlendi. Öğrenciler robotlar üzerinde araştırma yaptıktan sonra kendi robotlarını tasarlamışlardır.

Sanne, Risheim ve Impelluso (2019) öğrencilere biyomimikri anlayışını kazandırmak üzere bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. Öncelikle aralarında köpek balığı dersinden örnek alan mayo, cırcırt bantlar, hızlı trenler, kendini temizleyen yüzeyler gibi birçok örneğin bulunduğu bir sunum yapılmıştır. Tartışma yapılarak örneklerden bir tanesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu örnek üzerinde tartışarak biyomimikri konusunda fikir geliştirilmiştir.

Sumrall, Sumrall ve Robinson (2018) alt sınıflara öğrenim görmekte olan öğrencilere biyomimikri kavramını kavratılabilmek üzere bir öğretim etkinliği tasarlamıştır. Etkinlik bir sınıf tartışması ile başlatılmıştır. Biyomimikri Enstitüsü internet sitesi (asknature.org) üzerinde bulunan örnekler üzerinde tartışma devam edilmiştir. Beyin fırtınası yapılarak öğrencilerin biyomimikri hakkındaki fikirleri toplanmıştır.

Tank, Moore ve Strnat (2015) öğrencilerin STEM okur-yazarlıklarını geliştirmek üzere öğretim etkinlikleri düzenlemiştir. Ders etkinliğinin amacı fen bilimleri ve

matematik bütünleştirilmesini sağlamaktı. Bu etkinliklerde öğrencilere mühendislerin doğadan ilham alarak problemlere çözüm bulmaları hakkında bir seminer etkinliği yapılmıştır. Daha sonra öğrencilere biyomimikri örneklerinden birisi verilir ve bu icadın nasıl ortaya çıktığı hakkında soru sorulur. Sınıf tartışması yolu ile öğrencilerin fikirleri geliştirilir.

Yakışan ve Velioğlu (2019) 4.sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan öğrencilerin, hayvanların özelliklerinden yararlanarak geliştirebilecekleri teknoloji fikirlerini incelemiştir. Öğrenciler en fazla su altı araçları fikirleri geliştirmiştir. Ayrıca en çok kaplumbağa, kurbağa ve balıktan ilham aldıkları görülmektedir. Kaplumbağanın kabuğunun, kaplumbağanın evi olduğu şeklinde düşüncelere sahip oldukları görülmüştür.

1.2.4. Öğretim Programlarında Mühendislik ve Biyomimikri

Biyomimikri, mühendislik ve diğer STEM disiplinlerinin daha etkili bir şekilde öğretilmesi için geniş bir çerçeve oluşturmaktadır. Mühendislik eğitime diğer biyomimikri örneklerini dâhil etmek birçok mühendislik problemine daha etkili çözüm yolları bulabilmek için etkili bir yöntem oluşturmaktadır (Nagel vd., 2016). Bu yöntemi uygulayabilmek için mühendislik tasarım problemleri biyoloji temelli olarak açıklanmalıdır. Doğadan ilham almak üzere zihin haritaları oluşturacak materyaller tasarlanmalıdır. Yapılan çalışmalar internet üzerinden diğer öğrenciler ve paydaşlar ile paylaşılmalıdır.

STEM eğitimi içerisinde mühendisliğin yeri düşünüldüğünde, biyomimikrinin öğretim programları ile bütünleştirilmesi önemli hale gelmektedir. Biyomimikrinin mühendislik ve fen eğitimine bütünleştirilmesi üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Sumrall, Sumrall ve Robinson, 2018; Yakışan ve Velioğlu, 2019; Kim, 2019). Bu çalışmalar genel olarak mevcut öğretim programı içerisindeki kazanımların; biyomimikri üzerine tartışmalar, seminerler, problem durumu belirleme ve fikir üretme gibi mühendislik tasarım çalışmaları yapma yolu ile daha ilgi çekici hale getirilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı yayınlamış olduğu Fen Bilimleri Öğretim Programında fen ve mühendislik eğitimi bütünleştirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ile paralel olarak Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında da mühendisliğin doğasını kazandırmaya yönelik etkinliklere yer

vermektedir. Bu yapılan çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

1.2.4.1. Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı

Yapılan çalışmalar fen derslerine katılan öğrencilerin üç tür amaca sahip olduğunu göstermiştir. Bu amaçlar: bir işi iyi yapmayı öğrenme, diğer öğrencilerden daha başarılı olma ve üstün olma, günlük işlerden kaçabilme imkânı bulma olarak sıralanabilmektedir (Lee ve Anderson, 1993). Öğretim programlarında yer alan etkinliklerin, öğrencilerin sahip olduğu amaçlar ile öğretim programının özel amaçları bütünleştirmesi durumunda başarı durumunu arttıracak ön görülmektedir.

2018 yılında yayınlanmış olan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının özel amaçlarının fen bilimleri alt disiplinlerinin içerikleri hakkında temel bilgilere sahip olmak; bilimsel süreç becerileri, girişimcilik becerileri, karar verme becerileri ve yaşam becerileri gibi bir takım becerileri kazandırmanın yanında kalkınma bilinci, kariyer bilinci, kültürel etik değerler ve bilimsel etik bilinci gibi değerlerin kazandırılması olduğu görülmektedir (MEB, 2018a).

Mühendislik tasarım sürecinin bu amaçları gerçekleştirmek için bir araç olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu amaçlar göz önünde bulundurularak, 2018 yılında yayınlanan öğretim programı kapsamında yayınlanan 5.sınıf Fen Bilimleri ders kitabı etkinlikleri incelendiğinde; bilimsel araştırma süreci basamaklarından problem belirleme, araştırma yapma, deney yapma ve yöntem belirleme işlemlerine yer verdiği görülmektedir. Aynı şekilde mühendislik tasarım süreci aşamalarından problem ve ihtiyaç belirleme, araştırma yapma, model oluşturma, modelini test etme işlemlerine yer verilmektedir (Koyunlu Ünlü ve Şen, 2018). Ders kitabında geçen etkinliklerin bilimsel yöntemine uygun olarak bir araştırma yapma ve mühendislik tasarım sürecine uygun olarak bir ürün yapma işlemlerine amaçlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle öğrencilerin derse katılma amaçlarından “bir işi yapmayı öğrenme” amacı ile örtüşen etkinlikler yapıldığı söylenebilir.

Fen bilimleri dersi öğretim programında yer verilen Fen ve Mühendislik Uygulamaları başlığında, STEM eğitime uygun kazanımlara yer verildiği görülmektedir (Seren ve Veli, 2018). Bu kazanımlara bakıldığında fen, mühendislik ve girişimcilik uygulamalarının her sınıf düzeyinde konu bazında belirlenen kazanımlardan farklı bir bölüm içerisinde ele alındığı görülmektedir (MEB, 2018a). Her sınıf düzeyinde

yıl sonunda “bilim şenliği” etkinliklerinin düzenlenmesi ön görülmüştür. Mühendislik tasarım süreci adımlarından problem durumunu belirleme, en uygun çözüm yolunu seçme, ürününü test ederek verileri kaydetme adımlarını uygulayarak öğrencilerin yıl sonunda bir ürün ortaya koymaları beklenmektedir. Bu ürünleri girişimcilik uygulamaları kapsamında pazarlamak üzere gazete, internet ve televizyon reklamlarında kullanmak üzere kısa filmler ve afişler hazırlanması etkinliklerine yer verilmektedir.

1.2.4.2. Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı

2018 Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı incelendiğinde özel amaçlarının bilimsel süreç becerilerinin kazandırılması, günlük yaşam becerilerini ve mühendislik tasarım becerilerini kullanmayı sağlamak, kariyer bilinci ve girişimcilik konularında olumlu tutumlar geliştirmek olduğu görülmektedir (MEB, 2018b). Özel amaçlar açısından düşünüldüğünde Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ile örtüşme sağlandığı görülmektedir.

Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında her sınıf düzeyinde çeşitli temalar işlenmektedir. Bu temalardan bir tanesi de Bilim - Mühendislik - Teknoloji - Toplum - Çevre temasıdır. Bu temanın doğrudan STEM eğitime uygun etkinlikleri içerdiği görülmektedir. Bu temanın haricinde Yaşam için Bilim ve Mühendislik, Günlük Yaşam Problemlerine Uygun Ürünler Sunma, Bilim, Teknoloji ve Sanat, Yaşam için Bilim ve Mühendislik şeklinde temaların da fen ve mühendislik eğitimi etkinliklerini içerdiği görülmektedir.

Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında Bilim - Mühendislik - Teknoloji - Toplum - Çevre teması altında önerilen etkinliklerden bir tanesi doğadan ilham alınan teknolojiler etkinliğidir. Bu etkinlik altında doğadan ilham alan teknolojilere örnek verme, bu teknolojileri tanıtmak ve doğadan ilham alarak bir teknoloji tasarlamak etkinliklerinin yapılması önerilmektedir. Biyomimikrinin öğretim tasarımları ile bütünleştirilmesi üzerine yapılan araştırmalarda biyomimikri örnekleri verme, örnekler üzerinde tartışma, seminerler ile etkinlikleri tanıtmak şeklinde uygulamaların bulunduğu görülmektedir (Subsoontorn vd., 2018; Sanne, Rishem ve Impelluso, 2019; Sumrall, Sumrall ve Robinson, 2018; Tank, Moore ve Strnat, 2015). Bu sebeple doğadan ilham alınan teknolojiler etkinliğinin amacının; bilimsel bakış açısı ile biyomimikri uygulamalarının öğretim etkinlikleri ile bütünleştirilmesini sağlamaktır.

1.3. Problem Durumu

Fen eğitimi kalitesinin arttırılmasının bir yolunun da STEM eğitimi uygulamalarını geliştirmekle sağlanacağı yapılan çalışmalarda görülmektedir(Thomas, 2014; Eroğlu ve Bektaş, 2016). STEM eğitimi yapmanın yollarından biri ise STEM içeriğinde bulunan dört disiplinden birini seçip, onunla diğer üç disiplin arasında bulunan bağlantıları görüp ortaya koymaktır (Okka, 2019; Dugger, 2010). Böylece disiplinler arası ilişkiyi öğrencilere kavratmak mümkün hale gelmektedir.

STEM eğitimi yaklaşımı üzerine yapılmış öğretim tasarımı çalışmaları incelendiğinde kurs, seminer veya bilim kampı etkinlikleri şeklinde gerçekleştirilen uygulamaların olduğu görülmektedir (Liu ve Lederman, 2002; Venville vd., 2000; Kitchen, Sonnert ve Sadler, 2018). Bunların yanında öğretim programı içerisinde veya mevcut öğretim programına ek olarak uygulanabilecek öğretim tasarımı geliştirme çalışmaları da bulunmaktadır (Aydın-Günbatır vd., 2018; Aslan-Tutak, Akaygün ve Tezsezen, 2017; Tarkin-Çelikkıran ve Aydın-Günbatır, 2017). Ayrıca STEM alanlarında fen bilimleri ve matematik disiplinlerinin öğretim programları içerisinde bütünleştirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Sarı ve Kırındı, 2019; Riskowski vd., 2009).

Bu çalışmalar incelendiğinde yapılan etkinliklerin; deney yapma, yapılan deneyin verileri üzerinde matematiksel işlemler yapma ve belirli bir bilimsel olayı incelemek üzere ürünler geliştirme şeklinde gerçekleşmektedir. STEM içeriğinde bulunan bütün disiplinlerin programlı bir şekilde bütünleştirmesini içeren çalışmaların sayısının az olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışma programlarına ek olarak uygulanacak veya yaz kampı, bilim kampı, kurs tarzında öğretim programından ayrı uygulanacak öğretim tasarımlarının yanında doğrudan MEB öğretim programlarının kazanımlarını içeren öğretim tasarımı çalışmalarının sayıları azdır.

Fen ve mühendislik eğitimi üzerine yapılmakta olan öğretim tasarımı uygulamaları incelendiğinde belirli süreler için tasarlanmış öğretim tasarımı etkinliklerinin bulunduğu görülmektedir (Fleer, 2000; Reynolds vd. 2009; Gero, 2017). Bu çalışmalar genellikle mühendislik tasarım sürecinin belirli adımlarına değinmektedir. Ayrıca ürün geliştirmek yerine fikir geliştirmeye odaklandıkları görülmektedir. Bununla birlikte mühendisliğin ne çalıştığını kavrama üzerine bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Guzey vd. 2019; Savran Gencer, 2015; Ercan, 2014). Ayrıca mühendislik tasarım sürecine göre

tasarlanmış öğretim etkinliklerin başarı, kavrama, anlama düzeyi gibi değişkenlerin üzerine olan etkileri hakkında yapılmış çalışmaların da varlığı görülmektedir (İlme, 2019). Bu çalışmalar incelendiğinde mühendislik tasarım sürecinin adımlarının tamamını sırasıyla uygulamaya yönelik çalışmaların sayısının yeterli olmadığı görülmektedir. Fen ve mühendislik eğitimi üzerine yapılan öğretim çalışmaları STEM alanlarının tümünü göz önünde bulundurmadıkları görülmektedir. Çalışmalar fen bilimlerinde öğrenilen olguların somut problem durumlarına uygulanması şeklinde gerçekleşmektedir.

Teknoloji gibi STEM disiplinlerinin okur - yazarlık becerilerini arttırmak amaçlı mühendislik tasarım sürecinin kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca mühendislik tasarımı, somut uygulamalar yapma yolu ile fen bilimleri ve matematik disiplinlerinin anlaşılmasını kolay hale getireceği düşünülmektedir (Brophy vd., 2008). Mühendislik tasarım sürecinin adımlarını temel alarak geliştirilen bir öğretim tasarımı fen dersi başarısını arttıracaktır (Roth, 2001). Bu bağlamda mühendislik tasarım sürecinin adımlarına göre hazırlanmış STEM temelli bir öğretim tasarımı hazırlanmasının uygunluğuna karar verilmiştir.

Mühendislik, çalışmalarını çoğunlukla doğayı ilham alarak yapmaktadır (İleritürk, 2016). Biyomimikrinin, öğrencileri gerçek dünya problemleri ile meşgul etmesinden dolayı STEM uygulamalarını öğrencilerin kavraması açısından iyi bir yol olduğu düşünülmektedir (Biomimicry Institute, 2017). Bu sebeple STEM temelli bir öğretim tasarımı için biyomimikri konusunun seçilmesi, STEM ile yeni karşılaşan öğrencilerin konuyu daha rahat kavramalarını sağlayacaktır.

Biyomimikri üzerine yapılmış olan öğretim uygulamaları incelendiğinde GEF ve TeachEngineering tarafından hazırlanmış öğretim tasarımı çalışmalarının bulunduğu görülmektedir (URL-1, 2019; URL-6, 2019). Bu çalışmalar öğretmen kılavuz metni niteliğinde olup konu içeriği, fotoğraf ve video bağlantıları içerdikleri görülmektedir. Çalıştay tarzında düzenlenmiş öğretim tasarımların da olduğu görülmektedir (Subsoontorn vd., 2018). Öğrencilere biyomimikri okur - yazarlığı kazandırmak üzere yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır (Kim, 2019; Tank, Moore ve Strnat, 2015; Sanne, Risheim ve Impelluso, 2019; Sumrall, Sumrall ve Robinson, 2018). Bu çalışmaların ortak özellikleri arasında bir tartışma ile başlamaları, genellikle biyomimikri Enstitüsü (Biomimicry Institute, asknature.org) sitesinden veya diğer dijital kaynaklardan toplanmış biyomimikri örnekleri içeren fotoğraflar kullanılarak seminer veya tartışma etkinlikleri yapmaları bulunmaktadır. Tartışmalar, seminerler ve beyin fırtınaları şeklinde

etkinlikler yapılarak öğrencilerin biyomimikri fikirlerini geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Doğa ve mühendislik ilişkisini uygulamalı olarak kavramaya yönelik yapılan, biyomimikri temel alınarak, mühendislik tasarım süreci adımlarını içeren bir öğretim tasarımı uygulaması bulunmamaktadır.

Biyomimikri, bir problem durumunu tanımlama, bu problem durumuna doğada oluşmuş çözümleri inceleme, bu çözümleri tekrar insan yararına olacak şekilde yeniden tasarlama şeklinde gerçekleşen bir tersine mühendislik çeşididir (Gardner, 2012). Bu sebeple biyomimikri, mühendislik ile doğa (fen bilimleri) arasında disiplinler arası ilişki oluşturmaktadır. Ayrıca mühendislik eğitimi, ortaokul öğrencilerinin STEM kavramlarını anlama düzeylerini arttırmada yüksek bir potansiyele sahiptir (Brophy vd., 2008). Bu bağlamda STEM temelli bir öğretim tasarımında etkinlik aşamalarının, mühendislik tasarım süreci adımlarına uygun olarak düzenlenmesi STEM eğitimi anlamada başarıyı arttıracaktır. Mühendislik tasarım sürecinde biyomimikri uygulamalarının kullanımı STEM eğitiminin disiplinler arası boyutunu kavramada önemli hale gelmektedir. Bu nedenle 5.sınıf Bilim Uygulamaları dersinde bulunan “Doğadan İlham Alınan Teknolojiler” örnek etkinliğini vermeye yönelik, mühendislik tasarım sürecine uygun olarak düzenlenmiş STEM temelli bir öğretim tasarımı yapılması alan yazındaki eksikliği kapatacaktır.

Bu sebeple araştırmanın problemi şu şekildedir: 2018 yılında yayınlanan Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında 5.sınıf düzeyinde yer alan doğadan ilham alınan teknolojiler konusuna yönelik mühendislik tasarım süreci adımlarına göre düzenlenmiş STEM temelli bir öğretim tasarımının uygulama süreci neleri içermektedir?

1.4. Alt Problemler

Problem durumu ile ilişkili olarak, bu araştırmanın cevap aradığı alt problemler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Mühendislik tasarım süreci adımlarına göre düzenlenmiş STEM temelli öğretim tasarımı ne kadar etkili olmuştur?
- Mühendislik tasarım süreci adımlarına göre düzenlenmiş STEM temelli öğretim tasarımının öğrencilerin doğadan ilham alınan teknolojilere (Biyomimikri) yönelik algı ve teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıklara etkisi nedir?

1.5. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada 2018 Bilim Uygulamaları dersi öğretim programında yer alan Doğadan İlham Alan Teknolojiler konusuna yönelik bir öğretim tasarımının geliştirilerek uygulama sürecinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada ayrıca geliştirilen tasarımın 5. Sınıf öğrencilerinin doğadan ilham alan teknolojilere (Biyomimikri) yönelik algılarının ve teknoloji-doğa ilişkisine yönelik farkındalıklarının gelişimine etkisi incelenmiştir.

1.6. Araştırmanın Önemi

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 yılında yayınlanan Fen Bilimleri dersi Öğretim Programı (MEB, 2018a) ve Bilim Uygulamaları dersi Öğretim programı (MEB, 2018b) incelendiğinde ikisinde de ortak olarak, programa Mühendislik Tasarımının dâhil edildiği görülmektedir. Literatür incelendiğinde Mühendislik eğitiminin ortaokul düzeyinde nasıl yapılacağı, ortaokul öğrencilerine etkili bir şekilde mühendislik tasarımını öğretmek, disiplinler arası ilişkiyi kavramayı sağlamak, ders kalitesini bu konular üzerinde arttırmak için çalışmaların eksik olduğu görülmektedir. Kısaca STEM uygulamalarının sınıf içerisinde etkili bir şekilde yürütülmesine yönelik çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Park vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada bu alanda yapılmakta olan çalışmaların artırılması gerekliliğini dile getirmiştir. Bu bağlamda yaparak - yaşayarak öğrenmeye dayalı uygulamaların sayısını artırarak öğrenci deneyimlerinin artırılması önemli görülmektedir.

Hazırladıkları öğretim tasarımları için belirli ders materyalleri geliştirip kullanan (Kim, 2019), öğrencilere mühendislik problemlerini çözmek üzere prototip ve modeller yaptıran (Schnittka ve Bell, 2010) ve kağıt - kalem gibi basit materyalleri kullanarak çizim yapmaya dayalı etkinlikler tasarlayan (Fleer, 2000) çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye’de biyomimikri anlayışı kazandırmak üzere modeller ve çizimlerden yararlanan çalışmalar da bulunmaktadır (Yıldırım, 2019; Ercan ve Şahin, 2015).

Bu çalışmaların amaçları öğretim programlarının STEM eğitimi ile bütünleştirilmesine yönelik öğretim tasarımı ve materyallerin ortaya koyulmasından çok, STEM uygulamalarının eğitim ve öğretim sistemleri üzerindeki etkilerini test etmek üzere örnek ders etkinlikleri hazırlamak üzerine yoğunlaşmaktadır.

Kılavuz metinler incelendiğinde öğrencilerin mühendislik tasarım süreci adımlarına göre etkinlikleri şekillendirebilmeleri için bir kılavuz bulunmaktadır (Okka, 2019). Ayrıca Biyomimikri Enstitüsü (Biomimicry Institute, asknature.org) tarafından biyomimikri eğitimi verilmesine yönelik yapılmış 80’den fazla araştırmanın derlemesini yapmıştır (URL-7, 2019).

Bu çalışmalar incelendiğinde STEM eğitiminin MEB öğretim programları ile bütünleştirilmesini sağlamak üzere öğretmenlere kaynak oluşturacak bir kılavuz metninin ve öğretim materyallerinin eksikliği görülmektedir.

Bu çalışma ile uygulama süreçlerini içeren bir öğretmen kılavuzu geliştirilerek süreçte oluşan sorunların ortadan kalkacağı düşünülmektedir. Ayrıca konunun doğasına uygun öğretim materyallerinin geliştirilmesi ile programın ön gördüğü kazanımların verilebilmesi için bir örnek oluşturulmuştur. Ayrıca doğadan ilham alınan teknolojiler (Biyomimikri) konusuna yönelik mühendislik tasarım süreci adımlarına göre düzenlenmiş, STEM temelli olarak hazırlanmış bir öğretim tasarımının uygulama süreçlerinin ne şekilde olması gerektiği konusunda öğretmenlere yardımcı kaynaklar oluşturulması yönünde katkı sağlanmıştır.

1.7. Sınırlılıklar

Araştırmanın yapılmış olduğu bölgenin sosyoekonomik açıdan dezavantajlı bir bölgede olması araştırma açısından bir takım sınırlılıkları beraberinde getirmektedir. Bu sınırlılıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Öğrencilerin derslerinin çoğunluğunun boş geçmesi, özel eğitime ihtiyaç duyan bireylerin çokluğu, disipline dirençli öğrencilerin çokluğu gibi durumlar sınıf yönetiminde sorunlara sebep olmaktadır. Bu sorunlar öğretim tasarımı kapsamında yapılan etkinliklerin de yer yer aksamasına ve süresinin aşılmasına sebep olmuştur.

Bulunan çevrenin ana geçim kaynağının hayvancılık olması, yetişkin bireylerin doğayı sadece yakıt ve hayvan yemi gibi malzemeleri elde edilmek için kullanılıyor olması, öğrencilerde “doğadan sadece tüketim yapılabilir” yanılgısını oluşturmuştur. Bu yanılgının varlığı biyomimikri kavramının anlaşılmasını, zihinlerinde doğa ile ilgili hiçbir şema olmayan öğrencilere göre daha zor kılmıştır.

Sosyal medya ve televizyon gibi yayın araçlarından izlenen aşırı hayalperest çizgi film ve diğer içerikler, öğrencilerin hayal güçlerinin bu içeriklerdekiyle sınırlı

kalmasına sebep olmakta ve gerçek dünyaya yönlendirilmesini güçleştirmektedir. Bu durum, mühendislik için uygun bir problem durumunun belirlenmesi, elde bulunan olanaklar ile uygulanabilecek somut bir ürün fikri üretilmesini; fen bilimi, matematik ve teknoloji gibi gerçek dünyaya ait kaynakların kullanımını zorlaştırmaktadır.

Yakın çevrede mühendislik mesleklerinde çalışmakta olan yetişkin bireyler bulunmamaktadır. Bu sebeple mühendislik üzerine verilmekte olan örnekler, öğrenciler açısından soyut kalmaktadır. Ayrıca inşaat işçiliği, nalburculuk, lastik ve otomobil tamirciliği gibi mesleklerin mühendislik olarak algılanmasına sebep olmaktadır. Bu durum mühendisliğin profesyonel alanının ve STEM disiplinleri arasındaki ilişkisinin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır.

1.8. Varsayımlar

Öğrencilere, 5.sınıf düzeyine ulaşana kadar her öğretim dönemi için MEB tarafından belirlenmiş kazanımların yeterli düzeyde verildiği varsayılmıştır. Fen bilimleri, matematik ve diğer öğrenme alanlarından sahip olunması gereken kazanımlara yeterli düzeyde sahip olunduğu düşünülmektedir.

Mühendislik tasarım sürecinin öğrenilebilmesi için öğrencilerin yeterli hazır bulunuşluğa sahip olduğu varsayılmıştır. Duygusal durum, sağlık, Türkçe okuma ve okuduğunu anlama gibi durumların STEM temelli bir öğretim tasarımı yapmak için kabul edilen 5.sınıf standartlarında olduğu varsayılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden deneysel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Deneysel araştırma yönteminde öğrencilerin kavramsal bilgileri test edilerek, farklı yöntemlerin öğrenmeye olan etkileri karşılaştırılabilir (Büyüköztürk vd., 2012). Deneysel yöntemde kullanılan deney düzeneklerinden tek gruplu öntest - son testli düzenek kullanılmıştır. Bu düzenekte deney grubu ve denetim grubu bulunmayıp sadece deney grubu bulunmaktadır. Bu yöntemde grup üzerinde ölçüm yapılır, grubun üzerinde çalışma yapılır, tekrar ölçüm yapılır. Bu yöntemde amaç grup üzerindeki değişimleri belirlemektir (Erkuş, 2013). Bu çalışmada hazırlanacak STEM temelli öğretim tasarımı tüm öğrencilere aynı şekilde uygulanmıştır.

2.2. Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu Erzurum ili Tekman ilçesinde bulunan bir ortaokulda öğrenim gören 86 5.sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Bu öğrenciler içerisinde bulunan 18 öğrenci sürekli veya sık sık devamsızlık yaptıkları için deneysel çalışmalara katılım sağlayamadıklarından çalışma grubundan çıkarılmışlar ve çalışma 68 öğrenci ile tamamlanmıştır.

Çalışma grubunda bulunan 68 öğrenci 5A, 5B ve 5C olacak şekilde üç farklı sınıf şubesinde yer almıştır. Bu şubelerin her biri araştırmacı tarafından “Mühendislik Ekipleri” adı altında öğrenci gruplarına bölünmüştür. Her sınıf 5 grup olacak şekilde toplam 15 grup oluşturulmuştur. Her grupta kız ve erkek öğrenciler, başarılı ve diğer öğrenciler araştırmacı tarafından rastgele seçilerek gruplara atanmıştır.

2.3. Araştırma Süreci

Araştırma STEM temelli öğretim tasarımının hazırlanması, uygulanması ve değişimin incelenmesi şeklinde üç adımda gerçekleşmektedir. MEB tarafından hazırlanan öğretim programları ve raporlar incelenmiştir. Ayrıca alan yazın incelemesi yapılarak STEM, mühendislik ve öğretim tasarımları hakkındaki yapılmış olan çalışmalar ortaya

konulmuştur. Bu incelemeler ile öncelikle öğretmen kılavuz metninin hazırlanması ön görülmüştür.

Öğretmen kılavuz metni için GEF tarafından hazırlanmış olan “Biomimicry: The Genius of Nature” adlı öğretim tasarımının örnek alınmasına karar verilmiştir (URL-6, 2019). Bu kılavuz metin, içerik yönünden kullanılmayıp sadece şekil ve düzen yönünden örnek alınmıştır. Açıklama, ders süresi, hedefler, materyaller dersin özeti ve dersin uygulama adımları başlıklarını içermektedir. Bu başlıklar doğrultusunda hazırlanmış olan öğretmen kılavuz metninde ders süresi, açıklaması, 2018 Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında doğadan ilham alınan teknolojiler konusu için belirlenmiş kazanımlar, bu kazanımlar doğrultusunda araştırmacı tarafından belirlenen hedefler, öğretim materyalleri, konu içeriği, ders uygulama adımları başlıklarına yer verilmesine karar verilmiştir.

MEB tarafından Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında doğadan ilham alınan teknolojiler konusuna yönelik belirlenmiş olan kazanımlar ve alan yazından elde edilen bilgiler dikkate alınarak mühendislik tasarım süreci adımlarını içeren bir öğretmen kılavuz metni oluşturulmuştur. Bu kılavuz metninde problem durumunu belirleme, bir çözüm hayal etme, çözümü kâğıt üzerinde planlama, çözümü uygulayarak bir model oluşturma, modelin üzerinden tartışma yaparak geliştirilmesi gereken yanları tespit etme etkinliklerini içeren öğrenme etkinlikleri bulunmaktadır.

Öğretmen kılavuz metninin hazırlanma işlemi tamamlandıktan sonra kılavuzda yer verilen öğretim materyallerinin hazırlanması işlemi yapılmıştır. Her bir materyal, o gün ki etkinliklerin konu içeriğine ve amacına uygun olarak tasarlanmıştır. Materyallerin hazırlanma işlemi ve öğretmen kılavuz metninin oluşturulma işlemi tamamlandıktan sonra ortaya koyulan ürünler hakkında uzman görüşü alınmıştır. Ortaya koyulan materyallerde bir sorun olmadığı görüşü alındıktan sonra öğretim tasarımının uygulanması aşamasına geçilmiştir.

Öğretim tasarımının MEB’e bağlı okullarda uygulanmasına yönelik gerekli izin işlemleri tamamlanmıştır. Okul yönetimi ile iletişime geçerek öğretim tasarımının hazırlanması için gerekli hazırlıklar tamamlanmıştır. Bu hazırlıklar arasında öğrencilerin yapılacak etkinlikler hakkında bilgilendirilmesi, sınıfların öğretim tasarımı uygulamasına uygun hale getirilmesi ve ön test çalışmalarının yapılması çalışmaları bulunmaktadır.

Her sınıf 1. gün uygulamaları kapsamında gruplara ayrılmıştır. Schnittka ve Bell (2010) yapmış oldukları mühendislik tasarımı etkinliğinde öğrencileri başarı, etnik köken

ve cinsiyet faktörlerini görmezden gelerek öğrencileri rastgele gruplara ayırmıştır. Tüm grupları aynı konu içeriğinin öğrenme hedefleri hakkında bilgilendirmiştir. Bu araştırmada da gruplara ayırma ve bilgilendirme işlemleri bu şekilde yapılmıştır. Her grubun bir “mühendislik ekibi” olduğu, gruplarda bulunan üyelerin görevlerinin ne olduğu, yapılacak işlemlerin neler olduğu konusunda öğrencilerin bilgilendirilmesi yapılmıştır.

Hazırlanan öğretmen kılavuz metninde her öğretim günü için ayrı olarak belirlenmiş ders planı öğrencilere uygulanmıştır. Uygulama adımları sırasında çıkan aksaklıklar ya çıkma anında çözümlenmiş, ya da çözülmek üzere not alınmıştır. Kılavuz metninde geçen tüm öğretim materyalleri eksiksiz bir şekilde gruplara uygulanmıştır. Uygulama sırasında araştırmacı her grubu tek tek gezerek rehberlik yapmıştır.

Öğretim etkinlikleri boyunca mühendislik tasarım sürecinin hangi aşamasında bulunulduğu, sonraki süreçte ne yapılacağı konusunda sürekli olarak bilgilendirme yapılmıştır. Ayrıca her öğretim gününde etkinliklere başlamadan önce bir slayt yardımı ile o gün yapılacak olan işlemlerin çerçevesi sunulmuştur. Ardından öğrenciler ile uygulama aşaması yürütülmüştür. Uygulamaların yapıldığı sırada, teorik bilgilerin bulunduğu slaytlar akıllı tahta üzerinden açık tutulmuştur. Böylece öğrencilerin, anlamadıkları konuları bir daha okuyabilmek için slaytları incelemeleri istenmiştir. Etkinlik süresince istenen görevleri gerçekleştiremeyen gruplara rehberlik yapılmıştır, çalışmaları için ek süre verilmiştir. Tüm gruplar verilen görevleri azami ölçüde yerine getirdiklerinde bir sonraki göreve geçilmiştir.

Etkinliklerin tamamlanması sonunda her gruptan seçilen bir grup sözcüsü ortaya konulan ürünü tanıtmıştır. Tanıtım sırasında biyomimikri fikrinin ne olduğu, hangi ihtiyacı karşılanması gerektiği gibi konulara değinmiştir. Yapılan ürün tanıtımları ve çalışmalar, biyomimikri odelleme ve sunum rubriği ile puanlanmıştır. Etkinliklerin tamamlanmasından sonra son test uygulanmıştır.

2.4. Veri Toplama Araçları

2.4.1. Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Yapılan çalışmalara göre öğrencilerin büyük çoğunluğu teknolojiyi güç kullanımını azaltan araçlar olarak tanımlamaktadır. Çoğunlukla fişe takılıp çalışan araçların teknoloji

olduğunu düşünmekle birlikte bisiklet, konut gibi taşınmaz varlıkların teknoloji olduğunu düşünmektedirler (Cunningham, Lachapelle ve Lindgren-Streicher, 2005). Geliştirilen öğretim tasarımının etkili olma düzeyi, öğrencilerin sahip oldukları bu kavramları ölçerek belirlenebilir. Öğrencilerin sahip olduğu kavramları öğrenmenin bir yolu da görüşme yöntemidir. Görüşme ile öğrencilerin belirli bir konu hakkında sahip olduğu bilgi, tutum ve davranışlarının neler olduğu, bunların olası sebeplerinin ne olduğu konusunda bilgi edinmenin en kestirme yoludur (Karasar, 2012).

Her sınıftan yüksek başarı düzeyine sahip 2 öğrenci, normal başarı düzeyinde 2 öğrenci olmak üzere 4 öğrenci seçilmiştir. Üç sınıftan toplamda 12 öğrenci seçilmiştir. Öğrencilerin seçim işlemi fen bilimleri öğretmeninden başarı düzeyleri hakkında bilgi alınarak yapılmıştır. Seçilen öğrencilerin teknoloji, mühendislik ve biyomimikri konusundaki bilgi, tutum ve davranışlarını belirlemek üzere 7 adet açık uçlu soru sorulmuştur. Sorulan sorular görüşme sırasında öğrencilerin anlayabileceği farklı cümleler ile ifade edilerek tekrar sorulmuştur. Öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir. Hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme soruları ön test ve son test olacak şekilde öğrencilere uygulanmıştır.

2.4.2. Katılımlı Gözlem

Katılımlı gözlem çalışması; öğrencilerin bir konu üzerinde yoğunlaşmaları ve tartışma yapmaları sırasında, araştırmacının video veya fotoğraf kaydı yapması, çocukların genel düşüncelerini kaydetmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Tekbıyık ve Çelik, 2019). Katılımlı gözlem yöntemi, araştırmacı kendi öznel düşüncelerini gözleme dahil etmediğinde öğrencilerin doğal halleri hakkında bilgilerin toplanabileceği önemli veri toplama yöntemlerinden birisidir (Küçük, 2016).

Öğrencilerin doğal çalışma ortamlarında motivasyon ve çalışma şekillerini gözlemek amaçlı olarak araştırmacı tarafından her yapılan etkinlik için fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğraflar ile uygulama süreci hakkında veri toplanması amaçlanmıştır.

2.4.3. Biyomimikri Modelleme ve Sunum Rubriği

Yapılan STEM temelli öğretim etkinliği ile ortaya modeller veya prototipler olarak mühendislik ürünleri konulmuştur. Bu ürünlerin modelleme ve sunum kalitesi açısından

değerlendirilmesinin biyomimikri algılarını, teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıkları hakkında veri sağlayacaktır. Kullanılan rubrik ilk olarak Sumrall, Sumrall ve Robinson (2018) tarafından geliştirilmiş ve alt sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrencilere uygulanmıştır. Bu rubrik, araştırmacı tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Türkçe formunun geçerliliği hakkında uzman görüşü alınmıştır. Rubrik, öğrencilerin uygulama sonunda ortaya koydukları ürünlerin ve yapılan sunumların değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Değerlendirme başlıkları olarak fikrin biyomimikri uygunluğu, mühendislik tasarım süreci adımlarının yerine getirilebilme düzeyi, grup olarak verimli çalışabilme becerileri olarak belirlenmiştir.

2.4.4. Mühendislik Ekip Çalışması Portfolyoları

Her grubun yapmış oldukları mühendislik çalışmaları araştırmacı tarafından toplanıp dosyalanmıştır. Bu şekilde her gruba ait bir ürün portfolyosu oluşturulmuştur. Portfolyolarda ortaya koyulan veriler ile STEM temelli öğretim etkinliğinin mühendislik tasarım sürecine göre sürecin değerlendirilmesi hakkında veri olarak kullanılmıştır.

2.5. Verilerin Analizi

Veri toplama araçları uygulanmadan önce, geçerlilik ve güvenilirlikleri ile ilgili olarak uzman görüşü alınmıştır. Uzman görüşü sonrasında veri toplama araçlarında gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Uygulama sırasında alınan geri dönütler incelenerek mühendislik ekip çalışması portfolyolarında kullanılan mühendislik modeli inceleme formu, mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı, mühendislik modeli inceleme formu gibi materyallerde öğrencilerin anlamakta güçlük çektiği sorular düzenlenmiştir.

Yarı yapılandırılmış mülakat verileri kategorilere ayrılarak kodlar oluşturulması yolu ile analiz edilmiştir. Baram-Tsabari ve Yarden (2009) yapmış oldukları çalışmada sözlü mülakat verilerini öncelikle “fizik”, “kimya”, “teknoloji” gibi alt kategorilere ayırdıktan sonra her bir kategori için öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar göz önünde bulundurularak kodlar oluşturmuştur. Bu analiz yöntemine uygun olarak öğrencilerin sorulara vermiş olduğu cevaplar öncelikle soru bazında kategorilere ayrılmıştır. Her bir

kategori altında öğrencilerin sahip oldukları kavramlara göre kodlar oluşturulmuştur. Her bir kavrama sahip olan öğrenci sayısının değerlendirilmesi yolu ile analiz yapılmıştır.

Katılımlı gözlem kapsamında çekilmiş olan fotoğraflar ile elde edilen veriler, diğer veri toplama araçlarından elde edilen veriler ile karşılaştırılması yapılarak analiz edilmiştir. Fotoğraflar üzerinden öğrencilerin yapmış oldukları çalışmalar, bu çalışmaları yaparken ortaya koydukları beceriler, çalışma sırasında göstermiş oldukları motivasyon hakkında tutulan notlar analiz edilmiştir.

Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği verilerinin analiz edilmesinde Microsoft Excel yazılımı kullanılmıştır. Rubrik Türkçeye tercüme edilerek, geçerliliği konusunda uzman görüşü alınmıştır. Grup sözcülerinin yapmış oldukları ürün sunumları araştırmacı tarafından puanlanmıştır. Analiz işlemi her bir rubrik maddesi için grupların aldıkları ortalama puanların karşılaştırılması şeklinde yapılmıştır.

Mühendislik ekip çalışması portfolyoları ile grupların ortaya koyduğu veriler problem durumunu belirleme, problem durumunun biyomimikri yaklaşımına uygunluğu, mühendislik tasarımına uygun çalışma kriterlerine göre değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu işlem sonucu ortaya koyulan veriler üzerinden analiz işlemi yapılmıştır.

2.6. Uygulama ve Etkinlikler

2.6.1. Öğretmen Kılavuz Kitapçığı

Öğretmen kılavuz kitapçığını hazırlamak için öncelikle alan yazın taraması yapılarak ders uygulamaları üzerine yapılmış olan çalışmalar toplanmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde Bilim Uygulamaları dersi öğretim programının yapısına ve yapılacak olan ders etkinliğinin doğasına uygun olan öğretim tasarımı planları tespit edilmiştir. Belirlenen öğretim tasarımları içerisinde, GEF tarafından hazırlanmış Biomimicry: The Genius of Nature adlı öğretim tasarımı kapsamında yayınlanmış öğretmen kılavuz metni başlıkları örnek alınmasına karar verilmiştir (URL-2). Bu kılavuz metin ders süresi, hedefler, konu içeriği ve ders uygulama adımları başlıklarını içermesi yönünden MEB öğretim programlarına uygun bir yapıya sahiptir.

2018 Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programında doğadan ilham alınan teknolojiler konusu 2+2+2+2 olacak şekilde 8 ders saati olarak belirlenmiştir. Öğretmen kılavuz metni de buna uygun olarak 4 günlük etkinlikler şeklinde planlanmıştır. Lee ve

Anderson (1993) yapmış oldukları öğretim tasarımı geliştirme çalışmalarında her bir ders saatini 45 dk olarak planlamış ve her bir ders saatinde ayrı etkinlikler tasarlamıştır. Bu yöntemine uygun olarak 4 gün boyunca her gün planlanmış olan 2 ders saati 40 + 40 dk olacak şekilde iki ayrı ders saati olarak planlanmıştır. Her bir ders saatinde yapılacak olan işlemler süreleri ile birlikte uygulama adımları kısmında verilmiştir.

Her gün yapılması gereken etkinlikler hakkında öğretmenleri kısaca bilgilendirmek amaçlı, her günün öğretim planında birkaç cümle halinde kısa açıklamaya yer verilmiştir. Bu açıklamanın ardından MEB tarafından doğadan ilham alınan teknolojiler konusu için belirlenmiş kazanımların o gün yapılacak etkinliklere ait olanları sıralanmıştır. Bu kazanımlar temel alınarak o gün yapılacak ders etkinliğinin hedeflerinden de bahsedilmiştir.

Kılavuz metinde her gün için belirlenmiş öğretim planında konu içeriği başlığı bulunmaktadır. Bu başlık, öğretmenlerin konunun içeriği hakkında bilgi edinmesi, bildiklerini hatırlaması ve derse başlamadan önce konu içeriği hakkında fikir edinmesini sağlamak için yer verilmiştir. Bu başlık altında bahsedilen bilgiler, alan yazın taraması sonucu ortaya koyulan bilgilerden oluşmaktadır. Bu bilgiler, o gün yapılacak ders etkinliğinin kazanım ve hedeflerine göre düzenlenerek ayrıntılı bir şekilde bu başlık altında verilmiştir.

Ders uygulama adımları, her gün için oluşturulan ders planında sıra ile öğrencilere hangi etkinliklerin yapılacağını içeren adımlardır. Bu adımların her birinin uygulanması sırasında dikkat edilecek süreler, öğretim etkinlikleri yapılırken dikkat edilmesi gereken kurallar, her bir adımda kullanılacak öğretim materyalleri her bir uygulama adımı için ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Her bir adımda belirlenmiş olan süreler kesin bağlayıcı değildir, öğretmen uygun gördüğü şekilde süreleri kendi dersine göre değiştirebilir.

Her bir gün için hazırlanmış olan öğretim planı, o gün ki konu içeriğinin teorik kısmının verilmesini amaçlayan bir slayt ile başlamaktadır. Sunum ile teorik bilginin verilmesinin ardından o gün yapılacak etkinlikler grup çalışması ile öğrenciler tarafından yapılmaktadır. 1. gün uygulamaları yapılacak olan öğretim etkinliklerine hazırlık çalışmalarını içermektedir. Bu çalışmalarda öğrencilerin mühendislik tasarımı hakkında bilgilendirilmesi, hayal gücü ve yaratıcılığının öneminin açıklanması, giriş etkinliklerinin yapılması adımlarını içermektedir. 2. gün uygulamaları doğada yaşayan canlıların özelliklerini, gerçek hayatta işler yapılırken karşılaşılan problemlerin göz önünde bulundurulması ve bu şekilde bir problem durumunun belirlenmesi etkinliklerini

içermektedir. Ortaya koyulan problem durumuna, öğrencilerin yakın çevrelerinden gördükleri canlıların özelliklerinden faydalanarak bir çözüm yolu hayal edilmesi beklenmektedir. 3. gün uygulamaları disiplinler arası ilişki ve STEM kavramlarının anlaşılması, disiplinler arası bakış açısı ile önceki gün belirlenmiş mühendislik problem durumu ve mühendislik fikrinin mühendislik tasarım planları haline getirilmesi etkinliklerinden oluşmaktadır. 4. gün uygulamalarında mühendislik tasarım planları hazırlanmış olan ürün fikirlerinin hayata geçirilerek bir model oluşturulması çalışmaları yapılmaktadır. Hazırlanan planların hayata geçirilmesi, ürün olarak bir model ortaya koyulması, ortaya koyulan modellerin üzerinden grupça tartışma yapılarak modellerin geliştirilmesi gereken yönlerinin belirlenmesi, yapılan çalışmanın raporunun yazılması ve diğer mühendislik grupları ile yapılan çalışmaların paylaşılması etkinlikleri yapılmaktadır. Her gün yapılan etkinlikler ile ortaya koyulan ürünler araştırmacı tarafından toplanmış ertesi gün etkinlikleri başladığında bir önceki gün ortaya koyulan ürünler dosya halinde gruplara geri dağıtılmıştır.

2.6.2.Mühendislik Eğitim Materyalleri

2.6.2.1. Bilgi ve Tanıtım Slaytları

Ders planlarında “Konu İçeriği” başlığı altındaki teorik bilgiler slayt gösterisi haline getirilerek öğrencilere sunulmuştur. Bu slaytlarda mühendislik tasarım süreci, STEM eğitiminde mühendisliğin yeri, mühendisliğin fen, matematik ve teknoloji disiplinleri ile ilgili olan ilişkisi gibi çeşitli konulara yer verilmiştir. Bu işlem ile öğrencilerin teorik bilgileri doğrudan slaytlardan öğrenip uygulamalı adımlara odaklanmalarını sağlamak amaçlanmıştır.

2.6.2.2. Mühendislik Çalışması Öneri Formu

Mühendislik tasarım sürecinde bulunan problemin belirlenmesi, hayal etmek yolu ile probleme bir çözüm yolunun bulunması adımlarını sistemli bir şekilde grup uygulaması haline getirmek amacı ile bir form hazırlanmıştır. Mühendislik ekipleri bu form ile beyin fırtınası yaparak yakın çevrelerinde bulunan canlıların özelliklerini, günlük hayatta işlerini yaparken karşılaştıkları problem durumlarını belirlemektedir. Bu verilere

dayanarak bir problem durumu, problem durumunun çözümü için bir fikir ortaya koymaktadırlar. Ayrıca mühendisliğin diğer STEM disiplinleri ile olan disiplinler arası ilişkisini anlamayı sağlamak amaçlı olarak bazı sorular yönlendirmektedir. Her bir sorunun sıra ile cevaplanması durumunda ortaya bir mühendislik fikri konulmaktadır.

2.6.2.3. Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma Yapağı

Öğrencilerin kazandıkları biyomimikri anlayışını değerlendirmek ve önceki derslerde sunulmuş olan biyomimikri örneklerinin öğrenciler tarafından tekrar anımsanmasını sağlamak amaçlı olarak çalışma yapağı geliştirilmiştir. TeachEngineering, alt sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrencilere biyomimikri anlayışı kazandırmak üzere hazırlamış olduğu öğretim tasarımı belirlenen teknoloji örnekleri verip biyomimikri örneği ise evet, değil ise hayır seçeneğini işaretlemek üzere bir değerlendirme çalışması önermektedir (URL-1, 2019). Bu öneri dikkate alınarak biyomimikri örneği olan veya olmayan teknolojilerden oluşma 36 farklı örneğin sunulduğu bir tablo oluşturulmuştur. Öğrenciler tabloda evet - hayır alanlarını işaret koymak yolu ile biyomimikri anlayışlarını göstermektedirler.

2.6.2.4. Mühendislik Modeli İnceleme Formu

Mühendislik ekipleri, yaptıkları çalışmalar sonucu mühendislik ürünleri olarak modelleri ortaya koymuşlardır. Bu modellerin sistemli bir şekilde incelenmesini sağlamak amacı ile geliştirilmiş formlardır. Mühendislik tasarım sürecinin son aşaması olan geliştirme aşaması kapsamında mühendislik ekipleri kendi geliştirdikleri modelin geliştirilmesi gereken yanlarını tespit etmektedirler. Bu formun geliştirilmesinde Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi - National Aeronautics ve Space Administration (NASA) sponsorluğunda geliştirilmiş, 6 - 8.sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrencilere yönelik hazırlanmış olan Mühendislik tasarım süreci eğitimci kılavuzu içerisinde yer alan değerlendirme etkinlikleri örnek alınmıştır (Hoban ve Delaney, 2011). Bu kılavuzda öğrenciler mühendislik ekiplerine ayrılmakta ve bir takım mühendislik görevlerini STEM disiplinlerinden yararlanarak yerine getirmektedir. Sonucunda her grup bir değerlendirme formu ile diğer bir grubun ortaya koymuş olduğu çalışmaları değerlendirmektedirler. Bu

değerlendirme formlarında sorulan sorular örnek alınarak mühendislik modeli inceleme formu geliştirilmiştir.

2.6.2.5. BIYOMİMİKRI- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - YouTube Adlı Video.

Biyomimikri örneklerinin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla youtube sosyal paylaşım sitesinden bir video kullanılmıştır (URL-8, 2019). Slaytlar üzerinden ve sözlü olarak verilen biyomimikri örneklerine ilave örnekler vermek üzere kullanılmıştır.

2.6.2.6. Örnek Mühendislik Tasarım Çizimleri

İnternet arama motorlarından “mühendislik tasarım planları”, “mühendislik projesi çizimleri” ve “mühendislik tasarımı örnek çizimleri” gibi aramalar yapınca çıkan örnekler arasında, mühendislik tasarım planına uygun olan bazı içerikler seçilmiştir. Seçilen çizimler, mühendislik tasarım planının çizilmesi sırasında uyulması gereken esasları öğretmek için kullanılmıştır. Bu çizimler üzerinden; ürünün çizimi, kullanılması gereken malzemelerin listesi, ölçü ve oranlar, açıklamalar gibi bir mühendislik tasarım planında olması gereken konu başlıkları öğrencilere öğretilabilir.

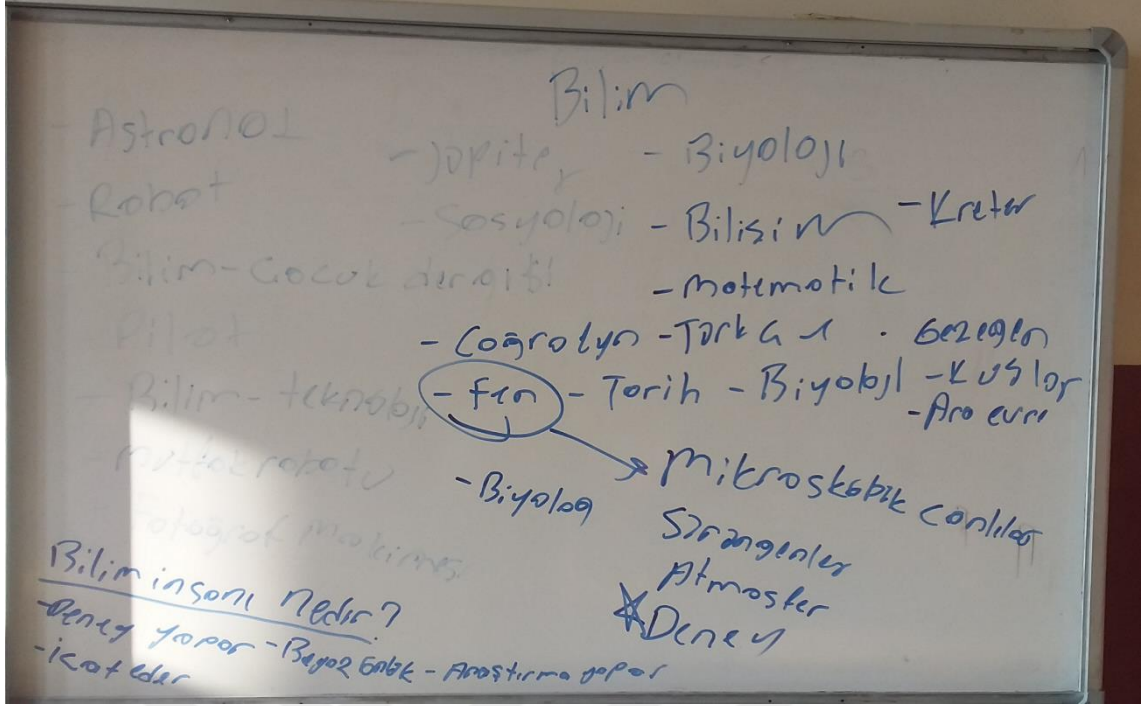
3. BULGULAR

3.1. Mühendislik Ekip Çalışması Portfolyoları

Mühendislik ekiplerinin ortaya koymuş oldukları ürünler, tablolar ve grafikler halinde incelenmiştir. Her bir grubun portfolyosunda beyin fırtınası kâğıtları, Mühendislik tasarım çalışması öneri formu, mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı, mühendislik tasarım planları, mühendislik modeli inceleme formu, mühendislik ürün raporu çalışmaları bulunmaktadır. Çalışmalardan elde edilen bulgular aşağıda yer almaktadır.

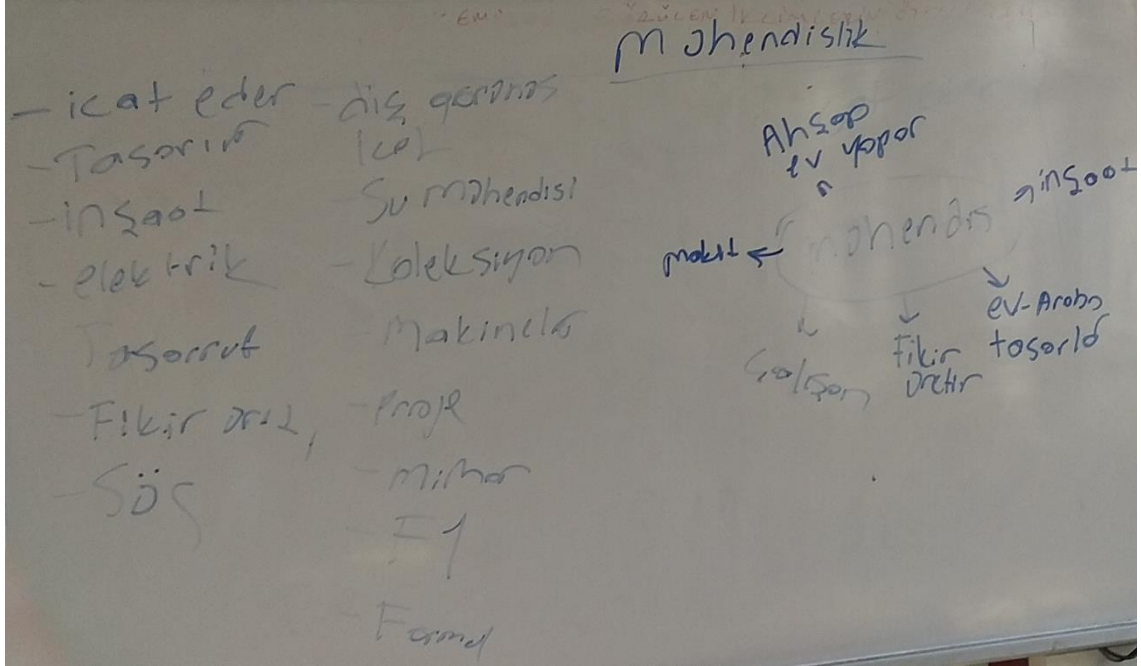
3.1.1. Beyin Fırtınası

Öğretim tasarımı boyunca üç farklı beyin fırtınası etkinliği yapılmıştır. Bunlar 1. gün uygulamaları kapsamında öğrencileri derse hazırlamak ve sahip oldukları kavramları belirlemek için yapılan beyin fırtınası, 2. gün uygulamaları kapsamında yapılan biyomimikri ile bütünleşik bir mühendislik problemi belirlemek üzere yapılan iki beyin fırtınasıdır. 1.gün yapılan beyin fırtınası etkinliği tahtada sınıfça yapılan bir etkinliktir. Etkinlik kapsamında “bilim”, “bilim insanı”, “mühendislik” ve “mühendis” kavramları hakkında öğrencilerin vermiş oldukları örnek cevaplar Şekil 4’de sunulmuştur.



Şekil 4. Bilim ve Bilim İnsanı kavramlarına yönelik verilen cevaplar

Öğrencilerin bilim konusunda sahip oldukları kavramlar öncelikle alt bilim dalları olan Fen, Tarih, Biyoloji, Astronomi, Coğrafya ve sosyoloji gibi disiplinlerdir. Okullarda bilim ile ilgili işlenmekte olan Fen Bilimleri gibi derslerden öğrencilerin görmeye alıştıkları TÜBİTAK Bilim - Çocuk dergisi, çeşitli canlılara ait fotoğraf ve metinler, gezegen modelleri ve fotoğrafları gibi materyallerden dolayı bilim kavramına bu kavramlar da dahil edilmiştir. Ayrıca Bilim kavramına yönelik olarak verilmiş olan “Matematik”, “Bilim - Teknoloji” ve “Robot” kavramları öğrencilerin disiplinler arası ilişki anlayışları kapsamında ortaya koymuş oldukları kavramlardandır. Bilim insanı kavramına yönelik olarak ise deney yapan, beyaz önlük giyen ve araştırmalar yaparak bir şeyler icat eden kişiler olarak kavramlar sunulmuştur.



Şekil 5. Mühendislik ve Mühendis kavramlarına yönelik verilen cevaplar

Mühendislik deyince akla gelen kavramlar arasında inşaat mühendisliği, elektrik - elektronik mühendislikleri ve ziraat mühendisliği alt disiplinleri gelmektedir. Öğrencilerin sahip oldukları kavramlar göz önünde alındığında mühendislik ev tasarlanması, fikir ve proje üretilmesi ve bir şeylerin icat edilmesi işi olduğu yönünde şekillenmektedir. Mühendis deyince akla gelen kavramlar arasında yine inşaat mühendisi ağır basmaktadır. Buna göre mühendis ahşap veya diğer malzemeler ile ev yapar, maketler yapar, fikir üretir.

2. gün uygulamaları kapsamında iki farklı beyin fırtınası etkinliği yapılmıştır. Bu beyin fırtınası etkinliklerini her grup kendi aralarında kâğıt üzerine yazarak yapmışlardır. Yakın çevrede görülmekte olan canlılar ve bu canlıların sahip oldukları özelliklerin listelendiği grup beyin fırtınası etkinliğinde öğrencilerin vermiş oldukları hayvan adları ve bu hayvanların sahip oldukları özellikler kodlanarak tablo haline getirilmiştir.

Tablo 1. Yakın çevremizde bulunan canlılar ve onların özellikleri beyin fırtınası etkinliğinde öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar

Canlı Adı	Fiziksel Özellikler (f)	Beslenme Biçimi (f)	Malzeme üretme (f)	İçgüdüsel Özellikler (f)	Vücut Yapısı (f)	Toplam (f)
Ağaç			5		1	6
Ahtapot					2	2
Arı				4		4
Aslan		1				1
At	1		2			3
Ateş Böceği					1	1
Ay Çiçeği			1		2	3
Ayı		1		1		2
Balık	1	2			2	5
Balina	1					1
Bitkiler			1			1
Bukalemun				6		6
Bülbül				1		1
Çekirge	3			1		4
Çita	2					2
Deve					1	1
Domuz		1				1
Eşek			2			2
Fil					1	1
İnek		2	6	1		9
İnsan					1	1
Kaktüs					2	2
Kanguru	1			2	1	4
Kaplumbağa	3				2	5
Karga	2					2
Karınca	1					1
Kaz				1		1
Keçi			1			1

Tablo 1 (devamı). Yakın çevremizde bulunan canlılar ve onların özellikleri beyin fırtınası etkinliğinde öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar

Canlı Adı	Fiziksel Özellikler (f)	Beslenme Biçimi (f)	Malzeme üretme (f)	İçgüdüsel Özellikler (f)	Vücut Yapısı (f)	Toplam (f)
Kedi	1	4		1	1	7
Kelebek	1				2	3
Kertenkele						0
Kirpi				3	2	5
Koyun			1			1
Köpek	5	2		2	3	12
Kurbağa	3				1	4
Kurt				2		2
Kuş	2			1	1	4
Leylek				2		2
Mantar	1		1			2
Martı	1					1
Maymun	2	2		1	1	6
Ördek	1					1
Papağan	1			2	1	4
Sincap		1				1
Sinek	1					1
Solucan	1					1
Tavşan		3		1		4
Tavşan	1					1
Tavuk			2	1		3
Tilki		1	1	1		3
Yarasa				1		1
Yılan	3		1	2	1	7
Zürafa					1	1

Tablo 1 incelendiğinde 53 farklı canlıdan bahsedildiği görülmektedir. Yakın çevrede bulunmayan fakat televizyon ve diğer yayın araçları ile görülen Aslan, Bukalemun, Kanguru, Papağan ve Zürafa gibi hayvanların da yakın çevredeymiş gibi örneklendirildiği görülmektedir.

Belirtilen hayvan özellikleri belirli kategorilerde birleştirilerek fiziksel özellikler, beslenme biçimi, malzeme üretme, içgüdüsel özellikler ve vücut yapısı kodları oluşturulmuştur. Zıplama, hızlı veya yavaş hareket etme, ötme, ses çıkarma, yüzme vb. özellikler fiziksel özellik olarak değerlendirilmiştir. Ot yer, et yer, şu canlıyı yer tarzında bahsedilen özellikler beslenme biçimi olarak değerlendirilmiştir. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretilen ürünleri örnek vererek süt verir, bal yapar, yumurta yapar, kürküyle ayakkabı yapılır, kıyafet yapılır şeklinde verilen özellikler ise malzeme üretme olarak kodlanmıştır. Yavru bakımı, saldırgan veya uysal davranma, renk değiştirme, belirli bir habitatta yaşamayı tercih etme tarzında bahsedilen özellikler içgüdüsel özellikler olarak bahsedilmiştir. Yumuşaktır, kabukludur, dayanıklı bir yapıya sahiptir şeklinde verilen özellikler ise vücut yapısı olarak kodlanmıştır.

En fazla örnek verilen canlının köpek olduğu görülmektedir. Ayrıca en fazla malzeme üretimine örnek verilen canlının da inek olduğu görülmektedir. Örnek verilen canlıların büyük bir çoğunluğunun hayvan türü olduğu görülmektedir. Çok az miktarda bitki ve sadece bir tane mantar türü hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca canlıların daha çok fiziksel özelliklerine değinildiği görülmektedir.

Biyomimikri açısından tablo incelendiğinde doğadan fikir olarak faydalanma düşüncesi yerine malzeme olarak faydalanma düşüncesinin hakim olduğu görülmektedir. İnek, keçi, koyun ve ördek canlılarının genellikle etinden ve ürününden faydalanmak üzere örnek gösterildiği görülmektedir. Ağaç ve bitkilerin de genellikle beslenme ve ilaç amaçlı kullanılabileceği belirtilmektedir.



Şekil 6. Doğanın malzeme elde etme amaçlı kullanımına düşünce örneği

Örnekte de görüldüğü üzere normalde insanların fiziksel ihtiyaçlarını karşılamak üzere bir ürünü olmayan canlıların da tilkinin kürkünden kıyafet yapılması, yılanın zehrinden ilaç yapılması gibi örneklerde olduğu gibi malzeme elde etme amaçlı faydalanılabileceği yönünde düşünceler sunulmuştur.

Doğadan faydalanılmasına yönelik biyomimikri fikirleri sunan gruplar bulunmaktadır. Bu örneklerin bazıları aşağıdaki gibidir.

Bukalemon: Mühendisler buka-
lemonun kuyruğundan örnek ala-
rak merdiven yapmışlardır. Kark-
tuklarında renk değiştirebiliy-
orlar.

mesela helikopter bacağıni inceleyerek helikopter
tasarlamışlardır

Şekil 7. Doğadan faydalanmaya yönelik öğretim etkinliklerinden örnekler

Bu fikirler incelendiğinde öğretim uygulamaları sırasında 1.Gün Uygulamaları kapsamında öğrencilere sunumu yapılan “Bilimsel bilgi ve mühendislik tasarımı tanıtım slaytı” ve “BİYOMİMİKRI- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - YouTube” adlı video öğretim materyallerinde verilmiş olan ilgi çekici biyomimikri örnekleri olduğu görülmektedir. Biyomimikri alanında verilmiş başka örnekler de bulunmaktadır.

ked' ve köpekleri inceleyerek robot
yapmışlardır

Örneğin; Köpek Çok iyi nefes alır
ve hızlı koşmasıyla kasa ayakkabısı
Yapılmıştır Köpek derin omada his alır

Şekil 8. Doğadan faydalanmaya yönelik üretilen fikirlerden örnekler

Bu örnekler incelendiğinde öğrencilerin bu örnekleri ya hayal ederek üretmiş olmaları, ya da ders haricinde kaynaklardan kendi istekleri ile araştırıp bulmuş olmaları gerekmektedir. Diğer bir verilen örnekte ise doğaya yönelik duygusal tutumlarla ilgilidir.

Kaplumbağa Kabuğu çok serttir ve hiçbir canlı ona zarar vermez Kaplumbağanın yavruları çok sevimli

3) Kedi: Sadece Beslenir Patileri Çok Sıvıdır Gözü 10 San Takafından Serilen Bir Hayvandır

Şekil 9. Doğaya yönelik duygusal fikirler

Doğadan fikir elde etmenin yanında doğanın duygusal bir yanının bulunduğuna yönelik fikirlerin de sunulduğu görülmektedir.

11. Kedi ler her zaman 4 ayak üzerine düşer

Şekil 10. Doğaya yönelik halk arasında söylemler

Bu örnekte de görüldüğü üzere, halk arasında söylenen bazı özdeyiş ve atasözlerinin doğaya yönelik bir fikir olarak sunulduğu görülmektedir.

Belirtilen düşünceler incelendiğinde en çok bukalemunun renk değiştirmesi, kirpinin korktuğunda şişinerek dikenlerini fırlatması, kurbağanın zıplaması, arının bal üretmesi ve ineklerin süt üretmesi örneklerinin verildiği görülmektedir. Ayrıca inek ve köpek gibi öğrencilerin günlük hayatta sıkça karşılaştığı hayvanlara yönelik birden fazla farklı kodda özellikler sunulduğu görülmektedir.

Günlük hayatta işlerin yapılması sırasında karşılaşılan problem durumlarının belirlendiği beyin fırtınası etkinliğinde sunulan düşünceler belirli kategorilere göre kodlanmıştır. Bu kodlar ve belirtilme frekansları tablo haline getirilmiştir.

Tablo 2. Günlük hayatta işler yapılırken karşılaşılan problem durumları

Kod	Frekans (f)
Hava olayları	8
Coğrafi özellikler	3
Aile işleri	4
Beslenme	5
Okul görevleri ve ödevler	23
Elektronik araçlar	9
Ulaşım ve seyahat	19
Alışveriş	2
Günlük işler	25
Eşya taşıma	7
Duygusal durum	20
Vücudu zorlayan işler	12
Sanatsal beceri	4
Dini ritüeller	2
Sağlık	7
Asayiş	1
Eğlence	7

Belirtilen problem durumları incelendiğinde en fazla belirtilen problem durumunun yemek yapmak, banyo ve kişisel temizliğini yapmak, hayvanların bakımlarını yapmak, yolda yürümek gibi günlük işlerle ilgili olduğu görülmektedir. Okul görevleri ve ödevler hakkında okul da yapılan ders etkinliklerinden yoruluyoruz, dersleri öğrenemiyoruz, sınavda stres yapıyoruz, ödevlerimi yaparken sinirleniyoruz gibi problem durumlarının oldukça fazla sunulduğu görülmektedir. Bunların yanında bazı problem durumunda seviyorum, üzülüyorum, sinirleniyorum, stres yapıyorum şeklinde duygusal durumları ifade eden problem durumlarının sunulduğu görülmektedir. Sunulan problem durumları arasından hava olayları, coğrafi özellikler, ulaşım ve seyahat, eşya taşıma kodlarında sunulan problem durumlarının mühendislik tasarım süreci ile çözüm üretilebilecek problem durumları oldukları görülmektedir.

3.1.2. Mühendislik Tasarım Çalışması Öneri Formu

Mühendislik ve bilim disiplinlerinde kullanılan problem durumları ve bu problem durumlarının sahip olması gereken özellikler hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler kapsamında doğrudan bir mühendislik probleminin örneği bulunmamaktadır. Bunun yerine “..... problemi ... canlısının ... özelliğinden faydalanarak çözümleyecek nasıl bir araç yapabilirim?” tarzında bir problem durumu cümle kalıbı verilmiştir. Bu cümleyi örnek alarak öğrencilerin kendi mühendislik problemini disiplinler arası yaklaşımla bulmaları beklenmektedir.

Bu işlem yapılırken önceki gün yapılmış olan canlı özellikleri ve günlük hayat problemleri hakkındaki iki beyin fırtınasında ortaya koyulan veriler kullanılmıştır. Öğretmen rehberliğinde her grup bu beyin fırtınasında ortaya koyulan verilerden mühendislik problemi olarak kullanılabilecek dört farklı problem durumu, bu problem durumuna çözüm olarak kullanılabilecek dört farklı canlı özelliği seçmiştir. Seçilen veriler mühendislik çalışması öneri formunda ilgili alanlara yazılmıştır. Devam eden görevde ise öğrenciler yazılan bu verileri kullanarak mühendislik tasarım sürecine uygun olarak bir problem durumunun üretilmesi görevi verilmiştir. Seçilen canlı özellikleri ve problem durumları, mühendislik tasarım problemi belirlemek üzere uygunluğu değerlendirilmiştir. Değerlendirme ile ilgili elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

Tablo 3. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5A

Gruplar	Canlı	Özellikleri	Günlük hayattan uygun problem belirleme	İlgisiz problem belirleme	Örnek Uygun Problem	Örnek Uygun ilgisiz Problem
1. Yenilmezler	Bukalemun	Renk Değiştirir	3/4	1/4	Sular kesik olduğu için elimi yıkayamadım.	Fotoğraf makinem bozuldu.
	Yılan	Gözleri ile fotoğraf çeker				
	Papağan	Kelimeyi tekrarlar				
	Karınca	Kendinden ağır su damlası taşıması				
2.Toz yutturan	Yılan	Zehirleri hastalıklara iyi gelir	1/4	3/4	Akrabalara sabah servisle gelirken yolda kaldılar.	Ben ressamlar gibi resim yapamıyorum.
	Bukalemun	Renk değiştirmesi				
	Kanguru	3 araba üzerinden atlayabilir.				
	Kelebek	Doğaya renk katar				

Tablo 3 (devamı). Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5A

Gruplar	Canlı	Özellikleri	Günlük hayattan uygun problem belirleme	İlgisiz problem belirleme	Örnek Uygun Problem	Örnek Uygun ilgisiz Problem
3. Gölgeler	Arı	Karnı iğne ucu kadar bal taşır	4/4	0	Kışları çok kar yağdığı için yollar kapanıyor, ne yapabiliriz?	
	İnek	Çimen yiyip süt verir.				
	Tavşan	Kışın toprağı kazıp ısınır.				
	Kuş	Yavrularını besler.				
4. Mühendisler Ekibi	Ahtapot	8 kollu olması	2/4	2/4	Çiçeği sularken çok su koydum	Bina yaparken yanlış kum kullandım ve bina yıkıldı.
	Çita	Hızlı koşması				
	Ateş Böceği	Işık vermesi				
	Çekirge	Zıplaması				
5. Zeki Mühendisler	Karınca	Küçük ama çok kuvvetli	1/4	3/4	Çantamın ağır olması	Sınavdan düşük alınca sinirleniyorum.
	Kaktüs	Suyu zehirli				
	Ateş Böceği	Işık Saçıyor				
	Kertenkele	Kuyruğunu bırakır				

Tablo incelendiğinde grupların çoğunun canlı ve özellikleri sorusunda Yılan, Bukalemun ve Ateşböceği örneklerini vermeye daha eğilimli olduğu görülmektedir. Ayrıca grubun seçmiş olduğu günlük hayat problemlerinden çoğunluğunun Mühendislik tasarımı çalışması yapmaya uygun problemler olduğu görülmektedir. Gruplar toplamda 11 adet uygun problem belirlerken, 9 adet ilgisiz problem belirledikleri görülmektedir.

Bu grupta uygun günlük hayat problemleri incelendiğinde öğrencilerin çoğunluğunun su ve ulaşım problemlerine yönelik olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5B

Gruplar	Canlı	Özellikleri	Günlük hayattan uygun problem belirleme	İlgisiz problem belirleme	Örnek Uygun Problem	Örnek İlgisiz Problem
1. Kahraman Mühendisler	Köpek	Hızlı koşar	3/4	1/4	Kapı sıkı olmazsa hırsız girer	Arabada telefonla konuşursak kaza yaparız.
	Bukalemun	Renk değiştirir				
	Papağan	İnsanları taklit eder				
	Leylek	Ayakları uzun				
2. Küçük Mimarlar	Kurt	Sürü ile yaşar	2/4	2/4	Servisle okula giderken tekerlek patladı	Araştırma ödevi yaparken internet bitti.
	Kedi	İnsanları pençeler				
	Yılan	Zehirli hayvandır				
	Kirpi	Can acıtır				
3. Cesur Çocuklar	İnek	Bize katkı sağlar	1/4	3/4	Ahırda ineğin altını temizlemek zor oluyor.	Günlük hayatımızda TV izliyoruz.
	Karga	Yuva yapmakta zorlanır				
	Köpek	Yemek bulmakta zorlanır				
	Tavuk	Pislik yer				

Tablo 4 (devamı). Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5B

Gruplar	Canlı	Özellikleri	Günlük hayattan uygun problem belirleme	İlgisiz problem belirleme	Örnek Uygun Problem	Örnek İlgisiz Problem
4.Süper Mühendisler	Bukalemun	Renk değiştirme	3/4	1/4	Çantam 1 taşırken zorlanırım	Oruç tutarken zorlanırım
	Kirpi	Diken Batırır				
	Eşek	Yük taşır				
	Kurbağa	Zıplama özelliği				
5.Muhteşem Beşli	Solucan	Toprağın hava alması	2/4	2/4	Bizim bina sağlam olmadı	Bizim arabamızda yaz lastiği
	Kartal	Hızlı uçuşu			ğı için yıkıldı, birkaç kişi altında kaldı	olduğu için kışları gezemiyoruz.
	Balık	Parazitlerle beslenir				
	Zürafa	Uzun boyunlu				

Bu gruplarında diğer sınıflara benzer bir şekilde Bukalemun örneği üzerinde çok durduğu görülmektedir. Ayrıca kedi ve köpek gibi gerçek hayatta gördükleri canlıların haricinde kirpi ve kurt gibi hayvanlar hakkında da örnekler vermişler. Bu sınıfta da 11 adet mühendislik tasarımı yapmaya uygun günlük hayat problemi seçerken 9 adet ilgisiz problem seçtikleri görülmektedir. Bu sınıfın problem durumlarından Bina güvenliği konularına daha fazla ağırlık verdikleri görülmektedir.

Tablo 5. Biyomimikri fikrine uygun canlılar ve özellikleri - 5C

Gruplar	Canlı	Özellikleri	Günlük hayattan uygun problem belirleme	İlgisiz problem belirleme	Örnek Uygun Problem	Örnek Uygun ilgisiz Problem
1.Çılgınlık Çetesi	Ağaç	Ahşap yaparız	3/4	1/4	Kışın buzda kayıp düşeriz.	Yürürken yere düşeriz.
	Kedi	Dört ayak üstüne düşer.				
	Köpek	İyi yüzer				
	İnek	Süt verir				
2. Kahraman Mühendisler	Kedi	İyi tırmanır	0	4/4		Kuşlarda hızlı tren
	Tavşan	Dişleri keskin				
	Köpek	İyi koşar				
	Kartal	İyi uçar				
3.İşıldayan Mühendisler	Arı	Bal yapması	2/4	2/4	Kar nedeniyle yolların kapanması	Çok yüksek sesle müzik dinlersek kulağımız işitmez
	Kanguru	Kesesinde yavru taşır				
	Bukalemun	Sürekli renk değiştirir				
	Leylek	Göç etmeleri				
4.Muhteşem Mühendisler	Köpek	Hızlı koşar	2/4	2/4	Saçımı tararken saçım kırıştığı için zorlanıyorum.	İnekler, süt vermek için ot yemelidirler.
	Ağaç	Oksijen verir				
	Çiçek	Doğayı güzelleştirir				
	Koyun	Süt verir				
5.Süper Yıldızlar	Tavşan	Havuç yer	1/4	3/4	Ellerim izi yıkararken sabunu yere düşebilir.	İngilizce dersinde çok zorlandım.
	İnek	Süt verir				
	Eşek	Bizi kovalar				
	Kaz	Civciv verir				

Bu sınıfta tüm grupların köpek örneği üzerinde durdukları görülmektedir. Diğer bazı gruplarda olduğu gibi “inek - süt verir” örneğine burada da başvurulduğu görülmektedir. Bu sınıftaki gruplarda farklı olarak “Ağaç - oksijen verir” örneği gibi bitkilerden de örnek verildiğini görmekteyiz. Bu sınıftaki grupların diğer iki sınıftan farklı olarak ilgisiz örneklerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Grup 8 adet mühendislik tasarımı yapmaya uygun günlük hayat problemleri verirken, 12 adet ilgisiz problem durumu belirledikleri görülmektedir. Bu sınıfta grupların bazılarının farklı olarak kişisel temizlik ve günlük işlerin yapımıyla ilgili problem durumlarına daha fazla odaklandıkları görülmektedir.

Tüm gruplar incelendiğinde, 15 grubun tamamının kedi, köpek, inek gibi hayvanlardan örnekler verdiği görülmektedir. Problem durumu olarak ise tüm grupların ağırlıkları taşıma, rahat seyahat etme üzerine örnekler verdikleri görülmektedir. Grupların bazen böcek türünde eklem bacaklı ve yumuşakçalardan örnek verdikleri görülmekle birlikte çoğunluğunun omurgalı hayvanlardan örnek verdiği görülmektedir. Az miktarda ise kuş türünden örnek verildiği olmuştur. Ayrıca grupların genelinde ise ilgisiz cevapların çokluğu göze çarpmaktadır. İlgisiz problemlerin genelini ise okul dersleri ile ilgili görevlerin olduğu görülmektedir.

Mühendislik çalışması öneri formunda bir sonraki görev; ilk görevde seçilen verilerden yararlanarak mühendislik tasarımına uygun bir problem durumu belirlenmesi ve hayal edilerek bu problem durumuna bir çözüm önerilmesi görevidir. Grupların mühendislik tasarım problemi belirleyebilme ve belirlenen probleme hayal edilen çözüm yolunun biyomimikri ile ilişkisini kurabilme durumları incelenmiştir. Elde edilen bulgular ise aşağıdaki gibidir.

Tablo 6. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5A

Gruplar	Mühendislik problem durumu belirledi	Örnek mühendislik problemi	Hayal edilen çözüm	Çözümün biyomimikri ile ilişkisi
1.Yenilmezler	+	Sular kesik olması, karıncaların su taşınması	Büyük bir Drone yaparak su taşımak	+
2. Toz Yutturan	-	İlgisiz Cevap	Kanguru özelliği gibi zıplayan, engelleri aşarak yolda kalmayan araba	+
3.Gölgeler	+	Karlı havada gideceğimiz yere varmak için ne yapabiliriz?	Tünel yaparak insanlar bir yerden başka bir yere gidebilir.	-
4.Mühendisler Ekibi	+	Çiçeği yaparken hep fazla su koydum, ne yapabilirim?	Üzerinde renkli düğmeler olan dereceli kap yaparak hangi tuşa basarsak o kadar su koyar.	-
5.Zeki Mühendisler	+	Kaktüsün sivri iğnelerini karınca kuvvetinden yararlanarak kopartacak makineyi nasıl yaparız?	Cımbız makinesi. Bir kol olacak ve cımbızı tutup çekecek.	-

Tablo incelendiğinde bir grup haricinde tüm grupların mühendislik tasarım çalışması yapmak için uygun problem durumları belirleyebildikleri görülmektedir. 2 farklı grubun su sorunları ile ilgili olarak problem durumu üretmeleri dikkat çekmektedir. Buldukları problem durumlarının ise çoğunluğunun biyomimikri ile ilgili olmadığı gözlenmiştir.

Tablo 7. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5B

Gruplar	Mühendislik problem durumu belirledi	Örnek mühendislik problemi	Hayal edilen çözüm	Çözümün biyomimikri ile ilişkisi
1. Kahraman Mühendisler	-	Tırtıl, Kelebeğe dönüşüyor. (İlgisiz cevap)	İlgisiz cevap	+
2. Küçük Mimarlar	+	Kirpi dikenini ile patlamayan araba tekerlekleri yapabiliriz.	Tekerlekte kirpi dikenini benzeri yapılar kullanarak lastiğin yerle teması azaltılabilir	+
3.Cesur Çocuklar	+	İneğin altını temizlemek için kürekli temizleyici	Tavuk şeklindeki tekerlekli robot hayvan gübrelerini içine alarak çöpe taşır.	+
4.Süper Mühendisler	+	Eşegin ağır yükleri taşıyabilmesi özelliğinden yararlanarak yükleri daha kolay taşıyan bir makine nasıl yapabiliriz.	Bir robot yapıp önüne bir cep koyup, yükleri oraya koyarız	-
5.Muhteşem Beşli	+	Solucanın kazdığı tünelleri örnek alarak binaların daha sağlam olmasını nasıl sağlayabiliriz?	Binanın sağlam olması için altına tüneller açıp etrafını beton dökeceğiz.	+

Gruplar incelendiğinde çoğunluğunun mühendislik tasarım çalışmaları için bir problem durumu bulabildikleri göze çarpmaktadır. Ayrıca buldukları problem durumlarının da çoğunluğunun biyomimikri kullanımını içerdiği görülmektedir. Bu gruplarda bina dayanıklılığı ile ilgili problem durumlarının çokluğu göze çarpmaktadır.

Hayal edilen çözümlerin büyük bir çoğunluğunun doğadan ilham alınarak hayal edildiği görülmektedir.

Tablo 8. İhtiyacı belirleme ve çözümü hayal etme - 5C

Gruplar	Mühendislik problem durumu belirledi	Örnek mühendislik problemi	Hayal edilen çözüm	Çözümün biyomimikri ile ilişkisi
1.Çılgınlar Çetesi	+	Kışın buzda düşmek	Ayakların altına sivri demir takmak. Ayakkabı içine ısıtıcı koymak	-
2.Kahraman Mühendisler	+	Çevreyi fabrika dumanlarından nasıl koruruz.	Dumanlı havayı içine alıp temizleyen makine	-
3.İşıldayan Mühendisler	-	İlgisiz cevap	İlgisiz cevap	-
4.Muhteşem Mühendisler	-	İlgisiz cevap	Elektrik gittiğinde hem ısı, hem ışık verecek soba yapılır.	-
5.Süper Yıldızlar	+	Pikniğe giderken eşyalarımız çok ağır gelebilir.	Sepet arabası yapacağız.	-

Bu gruplar incelendiğinde bazılarının mühendislik çalışmaları için uygun mühendislik problemi bulamadıkları görülmektedir. Ayrıca bulunan hiçbir problem durumunun biyomimikri ile ilgili olmadığı görülmektedir. Bu gruplarda diğerlerinden farklı olarak ise seyahat, su ve ağır yük taşıma problemleri haricinde piknik yapmak, çevre temizliği gibi farklı konularda problem durumları ürettikleri gözlenmektedir.

3.1.3. Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma Yapağı

Bu materyal iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda mühendislik, bilim ve biyomimikri kavramları üzerine yeterli açıklama yapılması görevi yer almaktadır. İkinci kısımda ise biyomimikri örneği olan veya olmayan teknoloji örneklerinden, biyomimikri

örneği olanlara evet, olmayanlara hayır kutucuğunu işaretlemeleri görevi bulunmaktadır. Birinci görevde grupların yaptıkları açıklamalar incelenmiştir. Grupların verilen kavramları açıklayabilme durumları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Mühendislik, bilim ve biyomimikri kavramlarını açıklayabilme

Gruplar	Mühendislik ve Bilim				Biyomimikri	
	Mühen dislik	Mühe ndis	Bilimsel Bilgi	Mühend islik Tasarım ı	Açıkl aması	Mühen dislik ile ilişkisi
Gölgeler	+	+	-	+	+	+
Mühendisler Ekibi	-	-	-	-	+	-
Tozyutturan Kulübü	+	-	-	-	-	-
Yenilmezler	+	+	-	-	+	+
Zeki Mühendisler	+	-	-	-	+	-
Cesur Çocuklar	-	-	-	+	+	-
Kahraman Mühendisler	+	-	+	-	+	-
Küçük Mimarlar	+	-	+	+	+	-
Muhteşem Beşli	-	+	-	+	-	-
Süper Mühendisler	+	-	-	-	+	-
Çılgınlar Çetesi	-	-	+	-	+	-
Işıldayan mühendisler	+	+	+	-	+	-
Kahraman Mühendisler	+	-	+	+	+	-
5c						
Muhteşem Mühendisler	+	-	+	-	+	-
Süper Yıldızlar	-	-	-	-	-	-
Toplam:	10	4	6	5	12	2

Tablo verileri incelendiğinde grupların büyük bir çoğunluğunun “Mühendislik” ve “Biyomimikri” kavramlarını yeterli açıkladıkları görülmektedir. Mühendisliğin biyomimikri ile ilişkisinin açıklanmasında eksik kalındığı görülmektedir. Ayrıca grupların çoğunluğu mühendisliğin açıklamasını yaparken “mühendis” ve “mühendislik tasarımı” kavramlarını açıklamada eksik kaldıkları veya hepsine aynı açıklamanın yapıldığı görülmektedir.

İkinci kısımda örneklere verilen cevaplar biyomimikri örneği olan teknolojiler ve örnek olmayan teknolojiler ayrı tablolar halinde ele alınmıştır. Tablolar ile öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar incelenmiştir.

Tablo 10. Biyomimikri örneği olan teknolojilere verilen cevaplar

Teknoloji örneği	Evet (f)	Hayır (f)	Çoğunluk Cevabı
Navigasyon Cihazları	8	6	Evet
Yüksek hızlı tren	12	2	Evet
Kuluçka Makinesi	3	10	Hayır
Turuncu renkli koruyucu gözlükler	6	7	Hayır
Eiffel Kulesi	9	4	Evet
Kendini temizleyen duvar boyaları	9	4	Evet
Daha güçlü köprü halatları	8	5	Evet
Termit yuvasına benzer klima sistemleri	4	9	Hayır
Çıngıraklı yılanın gece görüş kamerası	11	4	Evet
Uçak kanat ve gövde tasarımı	12	3	Evet
İnsan kafa dersine benzer kasklar	11	4	Evet
Verimli güneş panelleri	11	4	Evet
Mantar yapısına benzer mimari yapılar	10	5	Evet
Su arıtma filtreleri	5	10	Hayır
Kimyasal enerji kullanan lambalar	9	7	Evet
Kaymayan kumaşlar	8	7	Evet
Kolay yüzmeyi sağlayan sporcu mayoları	8	6	Evet
Helikopter	13	1	Evet

Tablo verileri incelendiğinde, kuluçka makinesi, turuncu renkli koruyucu gözlük, termit yuvasına benzer klima sistemleri ve su arıtma filtreleri haricindeki diğer 14 teknoloji örneğine grupların çoğunluğunun evet cevabı verdiği görülmektedir. Grupların büyük bir çoğunluğu biyomimikri örneği olan teknolojileri diğer teknolojilerden ayırt edebilmişlerdir. Yüksek hızlı tren, uçak kanat ve gövde tasarımları, helikopter gibi ilgi çekici ve sık sık dile getirilen biyomimikri örneklerinin grupların büyük bir çoğunluğu tarafından evet cevabı alması dikkat çekmektedir.

Tablo 11. Biyomimikri örneği olmayan teknolojilere verilen cevaplar

Teknoloji örneği	Evet (f)	Hayır (f)	Çoğunluk
Bulaşık deterjanları	1	13	Hayır
Buzdolabı	2	13	Hayır
Bisiklet	1	14	Hayır
Traktör	3	12	Hayır
Saç kurutma makinesi	6	9	Hayır
Çamaşır kurutma sergiliği	2	11	Hayır
Deriden yapılmış ayakkabı	6	7	Hayır
Çamaşır makinesi	4	10	Hayır
Şeffaf doylar	3	11	Hayır
Otomobil tekerlekleri	8	6	Evet
Cep telefonları	3	11	Hayır
Ampuller	10	4	Evet
Kalemler	1	12	Hayır
Su mataraları	2	11	Hayır
Dokunmatik ekranlar	3	10	Hayır
Beygir gücü üreten otomobil motorları	2	11	Hayır
Vinç	4	9	Hayır
Ayna	1	12	Hayır

Tablo incelendiğinde grupların sadece otomobil tekerleklerini ve ampulleri biyomimikri örneği olarak düşündükleri görülmektedir. Bunun dışında geri kalan 16 örneğe grupların çoğunluğunun hayır cevabı verdiği görülmektedir. Grupların biyomimikri olmayan teknoloji örneklerini, diğer teknoloji örneklerinden ayırt edebildikleri görülmektedir.

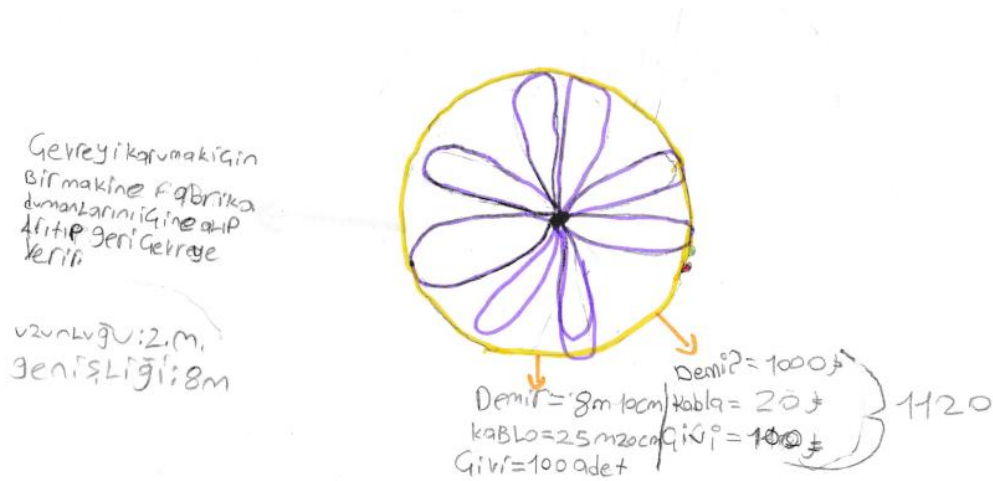
3.1.4. Mühendislik Tasarım Planı

Biyomimikri ile ilişkili bir mühendislik tasarım problemi bulunması ve çözüm hayal edilmesi görevlerinin devamında gruplara kendi hayal ettikleri çözüm yolunun mühendislik planını hazırlama görevi verilmiştir. Bu görev kapsamında grupların çizmiş oldukları mühendislik tasarım planlarının; tasarımın teknik çizimini içermesi, gerekli açıklamaların yapılması, kullanılan malzemelerin liste halinde belirtilmesi, tasarımın kısımlarının ölçü ve uzunluklarının belirtilmesi, dayanıklılık ve maliyet gibi kısıtlar üzerine matematiksel işlemlerin yapılması detaylarının bulunma durumu incelenmiştir.

Tablo 12. Mühendislik tasarım planlarında yer verilen detaylar

	Çizim	Açıklama	Malzeme Listesi	Ölçü ve Uzunluk	Matematiksel İşlem
Gölgeler	+	+	+	+	-
Mühendisler Ekibi	+	-	-	+	-
Tozyutturan Kulübü	-	-	-	-	-
Yenilmezler	+	+	-	-	-
Zeki Mühendisler	+	-	-	-	-
Cesur Çocuklar	+	+	+	-	-
Kahraman Mühendisler	+	+	-	+	-
Küçük Mimarlar	+	+	-	+	-
Muhteşem Beşli	+	-	+	+	-
Süper Mühendisler	+	+	+	+	-
Çılgınlar Çetesi	+	+	+	+	-
Işıldayan mühendisler	+	-	-	-	-
Kahraman Mühendisler	+	+	+	+	+
5c	+	+	+	+	-
Muhteşem Mühendisler	+	+	+	+	-
Süper Yıldızlar	+	+	+	+	-
Toplam:	14	10	8	10	1

Tablo verileri incelendiğinde grupların tamamına yakının kendi tasarımlarına ait bir teknik resim çizdikleri görülmektedir. Ayrıca malzeme listeleri, ölçü ve uzunluklar, gerekli açıklamalar detaylarına grupların çoğunluğunun azami ölçüde dikkat ettiği görülmektedir. Sadece tek bir grubun tasarımlarının maliyetini hesaplaması konusunda matematiksel işlem kullanması haricinde hiçbir grubun matematiksel işlem yapmadıkları görülmektedir. Öğrencilerin matematik dersinde öğrendikleri işlem becerilerini, fen ve mühendislik disiplinlerine aktaramadıkları gözlenmiştir.

**Şekil 11.** Tüm detayları içeren mühendislik tasarım planı örneği

Şekilde görülen, örnek olarak gösterilen mühendislik tasarım planında sol tarafta tasarladıkları makinenin fabrika dumanları ile kirlenen havanın temizlenmesine yönelik bir makine olduğunu açıklaması yapılmıştır. Sol alt köşede fan genişliği, orta alt kısımda da uzunluklar ve maliyetler üzerine matematiksel işlemler yaptığı görülmektedir. Grupların büyük bir çoğunluğunun buna benzer detaylarda mühendislik tasarım planı çizdikleri görülmektedir.

3.1.5. Mühendislik Modeli İnceleme Formu

Gruplar mühendislik tasarım planlarını hazırladıktan sonra kâğıt, kalem, bant gibi basit malzemeler kullanarak mühendislik tasarımlarının modellerini oluşturmuşlardır. Mühendislik modeli inceleme formu kullanarak kendi oluşturdukları modellerin problem durumunu karşılama durumunu eleştirme, zayıf ve güçlü yanlarını belirleme, modelin geliştirilmesi için yeni problem durumu belirleme yönlerinden kendi modellerini değerlendirmişlerdir.

Tablo 13. Mühendislik modeli inceleme formu verileri

	İhtiyacı karşılam a durumu eleştirme	Güçlü yanları n sayısı	Örnek güçlü yan	Zayıf yanları n sayısı	Örnek zayıf yan	Yeni problem durumu belirlend i
Gölgeler	+	5	Hızlı ulaşım sağlanacaktı r	4	Tren rayından çıkabilir	-
Mühendisler Ekibi	-	3	Suyu harcamamız ı sağlar	2	Düğmelerin küçük olması	+
Tozyutturan Kulübü	-	4	Arabaların artık yolda kalmaması	1	Zıpladığında üstünden atlayamama sı	-
Yenilmezler	-	4	Su götürmesi	2	Fazla su taşıyamamas ı	+
Zeki Mühendisler	+	3	Dikenleri çıkartabilir	2	Yapması zor oldu	+
Cesur Çocuklar	+	0	-	6	Kapıların sağlam olmaması	-
Kahraman Mühendisler	-	8	Çok fazla güçlü kolonları olması	5	Yere fazla yakın olması	+
Küçük Mimarlar	-	4	İnsanlara yararlı olması	5	Elektrik olmadan çalışmaması	+
Muhteşem Beşli	+	3	Binaların altından su geçmesini sağlar	4	Patlaması	+
Süper Mühendisler	+	10	çok ağır yükler taşır	10	Cebi dolunca bir şey taşıyamaz	+
Çılgınlar Çetesi	-	0	-	2	Düğme bozulur	+
Işıldayan mühendisler	-	5	Güneşten aldığı ısıyı suya verir	4	Panellerin sıkıntı yaşamaması	-
Kahraman Mühendisler 5c	-	3	Çevreyi korumak	6	Tıkanabilir	-
Muhteşem Mühendisler	+	5	Patlamaz camdandır	9	Sobanın kapısı	-
Süper Yıldızlar	-	5	Arabanın büyük olması	5	Her an altı düşebilir	+

Tablo incelendiğinde grupların yarısının kendi oluşturdukları modelin, problem durumlarını karşılama durumlarını eleştirdikleri görülmektedir. Üç grup haricinde diğer bütün gruplar modellerinin zayıf yanlarına oranla modellerinin belirttikleri güçlü

yanlarının sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. 9 grubun, modellerini gelecekte ki çalışmalarında geliştirmek üzere yeni problem durumları belirttikleri görülmektedir. Tüm gruplarının modellerin zayıf/geliştirilmesi gereken yanları hakkında belirli fikirler sundukları görülmektedir. Geliştirilmesi gerektiği düşünülen yanların yapılan özelliğin daha fazlasını yapmak üzere odaklandığı görülmektedir.

3.1.6. Mühendislik Ürün Raporları

Yapılan öğretim etkinliğinin en son uygulaması olarak gruplar geliştirmiş oldukları mühendislik tasarımının diğer mühendisler ile paylaşılmasını sağlamak üzere raporunu yazmalarındır. Yazılan raporlar; tasarımın biyomimikri ile ilişkisini açıklayabilme, problem durumunu içermeye, uygulanan çözüm yolunu açıklama, geliştirilen ürünü mühendislik kısıtları yönünden tartışma, modeli gelecekte geliştirmek üzere fikirlerden bahsetme detaylarını bulundurması yönünden incelenmiştir.

Tablo 14. Mühendislik raporlarının bulundurduğu detaylar

	Biyomimikri ilişkisi	Problem durumu	Çözüm yolu	Tartışma	Geliştirmeye önerisi
Gölgeler	+	+	+	-	+
Mühendisler Ekibi	-	-	+	-	-
Tozyutturan Kulübü	+	-	+	-	-
Yenilmezler	+	+	+	+	-
Zeki Mühendisler	+	+	+	-	-
Cesur Çocuklar	-	-	-	-	-
Kahraman Mühendisler	+	+	+	-	-
Küçük Mimarlar	+	+	+	-	-
Muhteşem Beşli	+	-	+	-	-
Süper Mühendisler	+	-	+	+	-
Çılgınlar Çetesi	-	+	+	+	-
Işıldayan mühendisler	-	-	+	-	-
Kahraman Mühendisler 5c	-	+	-	+	-
Muhteşem Mühendisler	-	-	-	+	-
Süper Yıldızlar	-	+	+	-	-
Toplam:	8	8	12	5	1

Tablo incelendiğinde raporlarda en sık yer verilen detayın geliştirilen üründe kullanılan çözüm yolu olduğu görülmektedir. Öğretim etkinlikleri sonucunda grupların yarısının kendi yaptıkları mühendislik tasarımı ile biyomimikri arasında ilişki kurduğu görülmektedir. Grupların, mühendislik modeli inceleme formunda, modellerini gelecekte geliştirmek üzere yeni problem durumları belirlemelerine karşılık mühendislik raporlarında bu problem durumlarına yer vermedikleri görülmektedir.

3.2. Biyomimikri Modelleme ve Sunum Rubriği

Öğretmen kılavuz metninde bulunan tüm etkinliklerin uygulanma işlemleri tamamlandıktan sonra öğrencilere ortaya koydukları mühendislik modellerini sunma görevleri verilmiştir. Yaptıkları sunumlar rubrik ile puanlanmıştır. Rubrik üzerinde bulunan her bir maddenin puanladığı kriterler aşağıdaki gibidir.

M1: Yaptıkları mühendislik tasarımının biyomimikri ile ilişkisini açıklayabilme

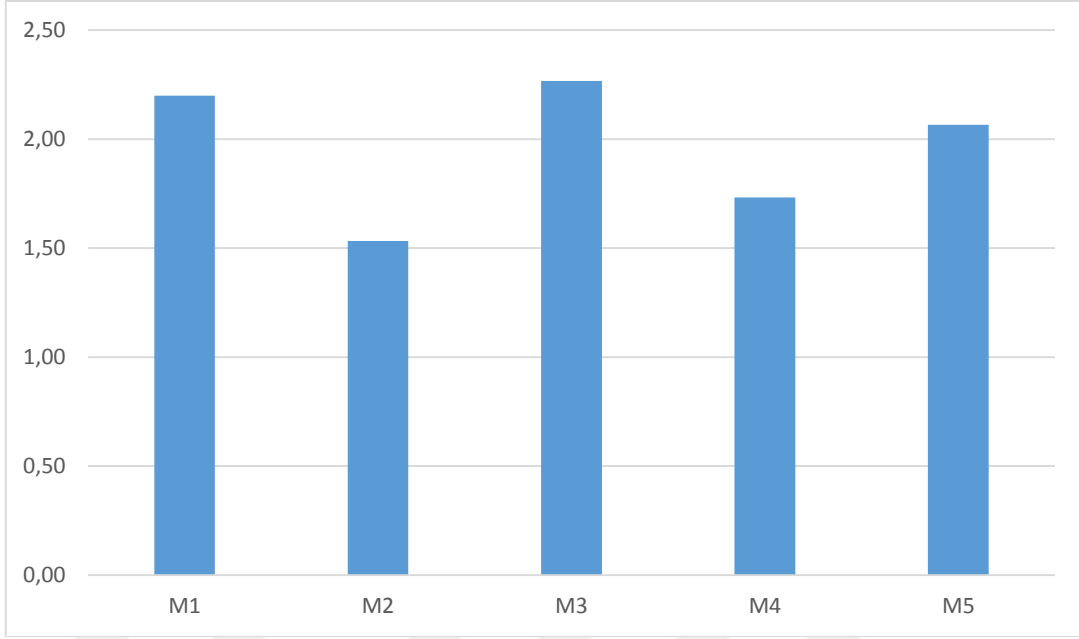
M2: Yapılan sunumda çizim, anlatım ve gösterimlerin yeterli olması.

M3: Tasarımın amacı, ilham alınan canlı özelliği ve biyomimikri konularına yeterli değinme.

M4: Grup üyelerinin süreç boyunca iş birliği içerisinde çalışması.

M5: Kullanılan malzemeler, geliştirilen ürün, mühendislerin adları, yapılan test ve ölçümler gibi projenin tüm detaylarının sunumda ifade edilmesi.

Her bir madde için alınan puanların ortalamaları hesaplandı. Ortalama puanlar üzerinden grafik oluşturuldu. Grafik bulguları aşağıdaki gibidir.



Şekil 12. Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği ortalama puanları

Grafik verileri incelendiğinde, her bir maddeden sırayla alınan ortalama puanların 2.20, 1.53, 2.27, 1.73 ve 2.07 olduğu görülmektedir. En yüksek puanın M3 üzerinden alındığı görülmektedir. Grupların tasarım amacı ile biyomimikri arasında ilişki kurabildikleri, bu disiplinler arası ilişki hakkında sunumlarında bahsedebildikleri görülmektedir. Ayrıca ikinci en yüksek puanın M1 üzerinden alınması grupların mühendislik ve biyomimikri disiplinler arası ilişkisinin sunumlarında bilinçli olarak kullandıklarını göstermektedir. M2 incelendiğinde yaptıkları sunumlarda yeterince çizim ve gösterim yapmadıkları görülmektedir. Öğrenciler yapmış oldukları tasarımları sözlü sunumla sunmayı tercih etmektedirler. M4 incelendiğinde öğrencilerin grup olarak iş birliği çalışmalarının gelişmeye müsait olduğu görülmektedir.

3.3. Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler (Ön Görüşme - Son Görüşme)

Etkinlik öncesinde ve sonrasında teknoloji - doğa ilişkisine yönelik algı ve tutumlardaki değişikliği belirlemek üzere 7 sorudan oluşma bir yarı yapılandırılmış görüşme formu, seçilen 12 öğrenciye uygulanmıştır. Görüşmek üzere seçilen öğrenciler 5 erkek ve 7 kız öğrenciden oluşmaktaydı. Öğrencilerin yarısı okulda verilmekte olan derslerden yüksek başarı sağlarken diğer yarısı normal başarı düzeyinde öğrencilerden oluşmaktaydı.

Yapılan görüşme ön görüşme ve son görüşme olmak üzere iki defa uygulandı. Öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar ses kayıt cihazı ile kaydedildi. Ses kayıtları dinlenerek öğrencilerin belirtmiş olan düşünceler belirli kategorilere ayrılarak kodlandı. Öğrencilerin kodları belirtme durumları ön görüşme ve son görüşme için tablo haline getirilmiştir. Her sorulan soru için ayrı olarak oluşturulmuş tablolar aşağıdaki gibidir.

Tablo 15. Görüşme sorusu 1: sahip olunan teknoloji kavramları

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Telefon, Tablet, Bilgisayar, TV gibi tüm elektronik araçlar	11 (OE4, OK2, OE12, OK17, OK19, OE22, OK23, OK30, OE42, OK32, OK39)	7 (OE4, OK2, OE12, OK19, OE22, OK30, OK39)
İşleri kolaylaştıran araçlar	3 (OE4, OK2, OE22)	1 (OK19)
Bilim/Bilim İnsanları	4 (OE11, OK19, OK30, OE42)	2 (OE11, OK30)
İcat edilmiş her şey	2 (OE11, OK32)	5 (OE11, OK17, OE22, OK23, OE42)
Motorlu taşıt	4 (OK2, OK23, OE22, OE42)	2 (OE4, OE12)
İçinde bilgi olan her şey	1 (OK30)	
Sürekli geliştirilmekte olan şeyler		4 (OE11, OE12, OK23, OK32)
Doğal olmayan şeyler		1 (OE12)
Robotlar, otomatik ve akıllı araçlar		2 (OE12, OK17)
Doğadan ilham alınarak üretilmiş araçlar		1 (OK23)
Ortaya yeni konulan araçlar		1 (OE42)

Tablo incelendiğinde ön görüşmede teknoloji deyince başlangıçta telefon, bilgisayar gibi elektronik araçlar akla gelmektedir. Buna karşılık motorlu taşıtların da

teknoloji olacağını düşünmektedirler. Teknolojiyi icat edilmiş bir şey ve işleri kolaylaştıran araçlar olarak tanımlamaları, ayrıca teknoloji deyince bilimi hatırlamaları dikkat çekmektedir. Son görüşme verileri incelendiğinde teknolojiye elektronik araçlar ve motorlu araçlar haricinde yeni örneklerin verildiği görülmektedir. Bu örnekler arasında doğadan ilham alınarak üretilmiş şeyler, doğal olmayan şeyler, sürekli geliştirilmekte olan şeyler başlıkları bulunmaktadır. Son görüşmede öğrencilerin biyomimikri ve mühendislik tasarım sürecine ilişkin fikirler belirtme eğiliminde olduğu görülmektedir. Teknoloji konusunda ki düşünce ve tutumların son görüşmede değişikliğe uğradığı görülmektedir.

Tablo 16. Görüşme sorusu 2: fen bilimleri disiplinler arası ilişkisi

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Mühendislik ve teknoloji, Fen Bilimlerine katkı sağlar	4 (OE4, OK2, OE11, OK30)	1 (OE4)
Fen Bilimleri, teknoloji ve mühendisliği geliştirir	7 (OE12, OK17, OK19, OE22, OK23, OK32, OK39)	1 (OK2)
Fen Bilimleri ile yeni şeyler öğrenilmektedir	2 (OE22, OE42)	1 (OE42)
Fen ile açıklanan olgular teknoloji ve mühendislikte kullanılmaktadır		6 (OE11, OE12, OK17, OK19, OE22, OK23)
Mühendislik, problem durumu belirlemek ve ilham almak için Fen Bilimlerinden yararlanır		1 (OK30)
Fen Bilimlerinin etkisi vardır, örnek bilinmiyor		2 (OK32, OK39)

Teknoloji ve mühendisliğin fen bilimleri ile olan disiplinler arası ilişkisi hakkındaki düşünceleri belirlemek amaçlı yöneltilen soruda ön görüşmede öğrencilerin büyük bir kısmının kararsız cevaplar verdiği görülmektedir. Fen bilimleri ve mühendislik arasındaki ilişki hakkında tam bir fikir sunulamamakla birlikte daha çok fen bilimlerinin teknoloji

ve mühendisliğe katkı sağladığı yönünde görüşlerin hakim olduğu görülmektedir. Son görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin yarısının düşüncelerini “Fen ile açıklanan olgular, teknoloji ve mühendislikte kullanılmaktadır” düşüncesi yönünde değiştirdiği görülmektedir. Bu düşünce öğretim uygulamaları sırasında, 1.Gün uygulamaları kapsamında öğrencilere verilmiş “Bilimsel bilgi ve mühendislik tasarımı tanıtım slaytı” adlı sunumda geçen ifade olduğu görülmektedir. Aynı sunumda geçen başka bir ifadede ise “mühendislik ile teknoloji gelince bilim de gelişmektedir” düşüncesine yönelik herhangi bir düşünce sunulmadığı görülmektedir. Ön görüşmeden son görüşmeye geçen süreçte, öğrencilerin fen bilimleri ile ortaya konulan olguların, mühendislikte kullanılarak ürün geliştirildiği konusunda ki fikirlerinde kararsız tutumlarını değiştirdikleri görülmektedir.

Tablo 17. Görüşme sorusu 3: matematiğin kullanım alanları

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Mühendislikte malzeme miktarını hesaplamak	2 (OE4, OK39)	3 (OE11, OK17, OK19)
Fen Bilimlerinde kullanılır, kullanılma amacı bilinmiyor	5 (OE4, OK19, OE22, OK30, OK32)	2 (OE22, OK30)
Mühendislikte kullanılır, kullanılma amacı bilinmiyor.	3 (OK19, OE22, OK32)	2 (OE12, OE22)
Fen Bilimlerinde canlıların yaşlarını, sayılarını, nesnelerin uzaklığını, büyüklüğünü hesaplama, ölçme	4 (OK2, OE11, OE12, OK39)	5 (OK2, OE12, OK23, OK32, OK39)
Mühendislikte malzemelerin boyutlarını ölçme	3 (OK2, OK23, OK30)	7 (OE4, OK2, OK23, OK30, OE42, OK32, OK39)
Parasal maliyet hesaplama	1 (OE11)	1 (OK39)
Matematikte, teknoloji ve mühendislik kullanılarak daha kolay işlem yapılır (Hesap Makineleri)	3 (OE12, OK32, OK39)	3 (OE4, OE12, OK39)
Matematik kullanılmaz	1 (OK17)	
Farklı bir kullanım alanı da olabilir, örnek bilinmiyor		3 (OK2, OE11, OE42)
Teknolojide bazı problemler matematik ile çözülür		1 (OE22)

Matematiğin de diğer üç disiplin ile ilişkisi hakkındaki düşüncelerin sorgulandığı bu soruda Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerinin arasındaki disiplinler arası ilişkiyi sorgulamak yolu ile STEM eğitimi hakkındaki öğrenci düşünce ve tutumlarını belirlemek amaçlanmıştır. Ön görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin hem fen bilimlerinde hem mühendislikte matematiğin kullanıldığını düşündüğü görülmektedir. Fakat kullanılma amacı hakkında kararsız cevaplar verdikleri veya bir fikirlerinin olmadığını bildirmişlerdir. Ön görüşmede dikkat çeken düşüncelerden bir tanesinin hesap makinesi cihazlarının matematiği geliştirdiği, bu sebeple teknoloji ve

mühendisliğin matematiğe katkısı olduğu yönündeki düşüncelerdir. Son görüşme verileri incelendiğinde Fen bilimleri ve mühendislikte matematiğin kullanım alanları hakkında verilen örneklerde önemli bir değişim yaşanmadığı görülmektedir. OK39 kod adlı öğrencinin yaptığı gibi ön görüşmede “mühendislikte malzeme miktarını hesaplamak” örneğini verip, son görüşmede örneğini değiştirerek “fen bilimlerinde canlıların yaşlarını ve sayılarını hesaplamak” yapmak şeklinde benzer örneklerin farklı öğrenciler tarafından verildiği görülmektedir. Son görüşmede bazı öğrencilerin matematiğin verilen örneklerden farklı bir kullanım amacının da olabileceği, fakat ne olduğu konusunda kararsız oldukları yönünde düşünceler belirttikleri görülmektedir. Arica teknoloji ve mühendislikte matematik kullanılmayacağını belirten öğrencinin düşüncesini değiştirdiği, bu kodun son görüşmede ortadan kalktığı görülmektedir. Son görüşmede mühendislikte matematiğin kullanım alanına verilen örneklerde malzeme boyutlarını ölçme örneğinde artış olduğu görülmektedir.

Tablo 18. Görüşme sorusu 4: insanların doğadan faydalanma alanları

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Et, Süt, Odun, Meyve - sebze, ot (malzeme) elde etmek	8 (OE4, OE11, OE12, OK19, OE22, OK30, OE42, OK32)	4 (OE12, OE22, OK30, OK32)
Oksijen, nefes alma	7 (OE4, OK2, OE12, OE22, OE42, OK32, OK39)	3 (OK2, OK17, OE42)
Canlılardan faydalanma (yük taşıma, seyahat vb.)	4 (OE4, OE12, OK19, OE22)	
Doğa sevgisi öğrenme	2 (OK2, OK23)	
Piknik yapma, yürüme, barınma	4 (OK2, OK17, OK23, OK39)	3 (OE4, OK2, OK19)
Doğayı örnek alma, fikir edinme, hayal gücü	3 (OK2, OE11, OK23)	11 (OK2, OE11, OE12, OK17, OK19, OE22, OK23, OK30, OE42, OK32, OK39)
Teknolojide faydalanılıyor, örnek bilinmiyor.		1 (OE4)

Doğaya yönelik tutumların sorgulandığı bu soruda biyomimikri anlayışı geliştirilmesi açısından temel oluşturacak düşüncelerdeki değişimler belirlenmiştir. Ön

görüşmede öğrencilerin büyük bir çoğunluğu doğada sadece malzeme elde etmek için kullanılabilir düşüncesine sahip oldukları görülmektedir. Son görüşmeye gelindiğinde bu düşüncelerde değişim olduğu görülmektedir. Ön görüşmede doğadan faydalanılabilecek alanlar malzeme elde edilmesi, oksijen üretilmesi, canlıları yük taşımak için kullanması düşünceleri üzerinde eğilim göstermekteydi. Son görüşmede bu alandaki düşüncelerin kaybolma eğilimine girdiği görülmektedir. Fikirler yönünden doğanın örnek alınması konusundaki düşüncenin ise ön testten son teste doğru frekansının yüksek bir artış sergilediği görülmektedir.

Tablo 19. Görüşme sorusu 5: biyomimikrinin hayal gücü ve yaratıcılığa etkisi

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Olumlu yönde etkiler, örnek bilinmiyor	10 (OE4, OK2, OE11, OE12, OK17, OK19, OK23, OK30, OE42, OK39)	3 (OE11, OK19, OK32)
Doğaüstü, fantastik hayal gücü geliştirilmesi	3 (OK2, OE22, OK32)	1 (OE22)
Kararsız	2 (OE22, OK32)	2 (OE11, OK17)
Daha farklı teknolojiler hayal etmek kolaylaştı		5 (OE4, OE22, OK23, OE42, OK39)
Aklımıza daha çok teknoloji fikri gelmektedir, teknoloji gelişir		3 (OK2, OE12, OK30)

Dorudan biyomimikri anlayışı üzerine düşüncelerin sorgulandığı soruda ön görüşmeden son görüşmeye geçen süreçte öğrencilerin düşüncelerinde büyük bir farklılık olduğu görülmektedir. Ön görüşmede doğa üzerine düşünmenin hayal gücü üzerine etkisi hakkında kararsız tutumlar sergilendiği görülmektedir. Ayrıca kedi-köpek gücü kullanarak kaçırım, doğadaki canlılarla arkadaş olurum gibi fantastik hayal gücü örneklerinin sunulduğu görülmektedir. Son görüşmede, ön görüşmede hiç belirtilmeyen biyomimikri anlayışına uygun düşüncelerin belirtildiği görülmektedir. Bununla beraber beş tane öğrencinin kararsız olduklarını belirttikleri düşüncelerinde her hangi bir değişim olmadığı görülmektedir. OE22 kod adlı öğrenci ise başlangıçta belirttiği fantastik hayal gücü düşüncesinde bir değişiklik yapmamasına rağmen “doğa üzerine hayal kurulmasının yeni teknolojilerin hayal edilmesini kolaylaştırdığı” yönünde biyomimikri anlayışına uygun bir düşüncesinin olduğu görülmektedir. Geriye kalan 7 öğrencinin ise

düşüncelerini büyük ölçüde biyomimikri anlayışı yönünde değiştirdikleri görülmektedir.

Tablo 20. Görüşme sorusu 6: biyomimikri ve teknoloji ilişkisi

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Kararsız	4 (OE4, OE11, OK17, OK32)	2 (OE11, OK19)
Teknolojiyi geliştirir	6 (OK2, OE22, OK23, OK30, OE42, OK39)	7 (OE4, OK2, OE12, OK23, OK30, OK32, OK39)
Canlılara benzer teknolojiler üretilir	4 (OE12, OK23, OE42, OK32)	1 (OE22)
Etkilenmez	1 (OK19)	
Canlılar örnek alınarak teknoloji üretilir		6 (OE4, OK17, OK23, OK30, OE42, OK39)
Teknoloji daha hızlı gelişir		1 (OE42)

Biyomimikri - teknoloji ilişkisi hakkındaki düşünceleri belirlemeye yönelik bu soruda doğadan ilham alınmasının teknolojiyi geliştireceği konusundaki düşüncenin ön görüşmeden son görüşmeye geçen süreçte değişmediği görülmektedir. Ayrıca “canlılara benzer” düşüncesinde olduğu gibi şekil-görüntü olarak benzer teknolojilerin üretilebileceği düşüncesinden, fikir olarak benzeme düşüncesine geçiş olduğu görülmektedir. Kararsız düşünceler belirtenlerin frekansında azalma olurken, teknolojinin doğadan ilham alınmasından etkilenmeyeceğini belirten düşünce ise ortadan kalkmıştır. Ayrıca son görüşme bulgularında OE42 kod adlı öğrencinin teknolojinin daha hızlı gelişeceği yönünde bir düşünce sunduğu görülmektedir.

Tablo 21. Görüşme sorusu 7: mühendislik - biyomimikri - fen bilimleri ilişkisi

Kodlar	Ön Görüşme (f)	Son Görüşme (f)
Mühendislik sınavlarından yüksek not alınır	1 (OE4)	
Doğadan malzeme elde etmek daha kolaylaşır	2 (OK2, OE12)	
Fen Bilimleri açıklamalarını kullanarak ürün geliştirilir	4 (OE11, OK17, OE22, OK39)	3 (OE12, OK30, OE42)
Fikir yok	4 (OK19, OK23, OK30, OK32)	1 (OE11)
Fen Bilimleri ile karşılıklı olarak birbirlerini geliştiriyorlar	1 (OE42)	2 (OE4, OK19)
Mühendislik ürünlerini geliştirerek daha detaylı Fen Bilimleri araştırmaları yapılır		1 (OK2)
Mühendislikte Fen Bilimleri açıklamaları kullanılıyor, örnek bilinmiyor		3 (OK17, OK32, OK39)
Olgular mühendislikte kullanılarak bazı teknolojilerin üretilmesi sağlanır		3 (OE22, OK23, OE42)
Mühendislik yapmak daha kolay hale gelir		1 (OK23)

Mühendislik - biyomimikri - fen bilimleri disiplinler arası ilişkisi hakkındaki düşünceleri belirlemeye yönelik yöneltilen bu soruda, önceki veri toplama araçlarında da karşımıza çıkan bir bulgu görülmektedir. Fen bilimleri ile ortaya koyulan olguların, doğadan daha kolay malzeme elde edilebileceği yönünde bir düşünce sunulmuştur. Bu düşüncenin son görüşmede kaybolduğu görülmektedir. Son görüşmede kaybolan başka bir düşünce ise fen bilimlerinde öğrenilen şeylerin sınavlardan yüksek not almaya

yaradığı konusunda ki düşüncelerdir. Ön görüşmede fikir belirtemeyen öğrencilerin sayısının son görüşmede azaldığı görülmektedir. 2.Görüşme sorusuna ait bulguda mühendisliğinde bilimi geliştirdiğine yönelik bir düşünce belirtilmezken bu soruda OK2 kod adlı öğrencinin mühendislik ürünlerinin geliştirilmesinin daha detaylı fen bilimleri araştırması yapılmasını sağlayacağı yönünde düşüncesini değiştirdiği görülmektedir. Bununla birlikte son görüşme verileri incelendiğinde genel sahip olunan düşüncenin 2.Görüşme sorusu ile paralel olarak fen bilimlerinin mühendisliği geliştirdiği düşüncesinin hakim olduğu görülmektedir.



4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Araştırma kapsamında mühendislik tasarım süreci temel alınarak STEM temelli bir öğretim tasarımı geliştirildi. Öğretim tasarımı kapsamında geliştirilen öğretmen kılavuz metni ve öğretim materyallerin öğrencilere uygulaması yapılmış ve elde edilen bulgular sıralanmıştır. Bulgular, bu araştırmanın problemleri ile karşılaştırıldığında; öğretim tasarımının uygulama süreci, öğretim tasarımının etkililiği, biyomimikri yaklaşımına yönelik algı ve teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıklar bağlamında tartışma yapılması ve sonuçların belirtilmesi gerekmektedir.

4.1. Öğretim Tasarımı Uygulama Süreci

Geliştirilen öğretim tasarımı uygulama süreci kapsamında değerlendirildiğinde, sürecin mühendislik tasarım sürecine göre problem durumu, hayal etme, plan yapma, oluşturma ve geliştirme aşamalarından her öğretim gününe bir veya iki aşamanın geleceği şekilde planlanmıştır. Ayrıca hazırlanan öğretim etkinleri 2018 Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı kazanımlarına ve bu doğrultuda geliştirilmiş hedefler göz önünde bulundurularak uygulanmıştır.

Süreç boyunca yapılan tüm çalışmalar, 4 - 5 öğrencilik gruplarda yapılmıştır. Mühendislik ekip çalışması portfolyoları incelendiğinde tüm öğrenci gruplarının mühendislik tasarım sürecinin her aşamasında çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Biyomimikri ve sunum rubriğinde grup çalışması ile ilgili M4 üzerinden alınan puanların ortalaması incelendiğinde öğrencilerin grup çalışmalarının geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu iki bulgu göz önünde bulundurulduğunda alt sınıflarda öğrenim gören öğrencilerin grup çalışması ile öğrenim etkinlikleri yapmaya alışık olmadıkları, fakat bu alanda çalışmalar yapıldığında öğrenme süreci boyunca grup çalışmasıyla da ürünler ortaya koyabilecekleri görülmektedir. STEM etkinliklerinin ayırt edici özelliklerinden bir tanesinin öğretim programları ile grup çalışmalarının bütünleştirilmesini sağlaması olduğu görülmüştür (Kang, 2019). Öğretim sürecinin STEM temel alınarak planlanması öğrencilere iş birlikçi çalışma fırsatı sunmaktadır. Bu nedenle uygulanan öğretim tasarımı öğrencilerin sahip olduğu iş birliğine dayalı çalışma alışkanlıklarında gelişme sağlamıştır.

Bilim, bilim insanı, mühendislik ve mühendis kavramlarına yönelik sınıfça yapılan beyin fırtınası etkinliği verileri incelendiğinde öğrencilerin bu kavramlar hakkında bir takım ön öğrenmelere sahip olduğu görülmektedir. Bilim kelimesinin akıllarında çağrıştırdığı kelimelerin okulda öğretimini gördükleri derslere özgü kavramlar olduğu görülmektedir. Bilim kelimesi; bilim alt disiplinleri, matematik ve diğer disiplinler ile ilişkilendirilen bir kavram olduğu görülmektedir. Fen bilimleri alanının diğer disiplinler ile bağlantılı olduğu ve bu dersin disiplinler arası bir yaklaşıma sahip olduğunu gösteren öğretmen adayı görüşleri bulunmaktadır (Bektaş ve Aslan, 2019). Öğrencilerin beyin fırtınası kavramları incelendiğinde öğretim tasarımının uygulama süreci başlangıcında öğrencilerin bu disiplinler arası yaklaşıma sahip oldukları görülmektedir. Bilim insanı kavramı konusunda öğrencilerin verdiği kavramlar incelendiğinde, bilim insanının deney ve araştırmalar yapan, beyaz önlük giyen, erkek bireyler olduğu düşüncesi Erdoğan (2013) tarafından yapılan çalışmanın bulguları ile paralellik göstermektedir. Bu bağlamda öğrencilerin, uygulama süreci başlangıcında, bilim insanları konusunda ön öğrenmelerinin bulunduğu görülmektedir. Bu ön öğrenmeler, fen bilimleri dersi ve süreli yayınlardan öğrenilen kavramlar olabilir.

Öğrencilerin, mühendisliği “zor”, “sıkıcı”, “tek boyutlu” ve “erkek işi” olarak tanımladıkları ve sadece inşaat yaptığını düşündükleri yönündeki algıları ortaya koyulmuştur (Gülhan ve Şahin, 2018). Öğrencilerin mühendislik kelimesi deyince akla gelen kavramlardan inşaat mühendisliği, ev yapımı gibi kavramların fazlalığı Gülhan ve Şahin (2018) ile paralellik göstermektedir. Öğrencilerin, yakın çevrelerinde ve yayın araçlarında gördükleri mühendislik tanımının buna sebep olduğu düşünülmektedir. Buna karşılık mühendislik ve mühendis kavramlarının bir takım farklı kavramlar ile de ilişkilendirildiği görülmektedir. Uygulama süreci başlangıcında öğrenciler mühendislik ve mühendis konusunda da bir takım ön öğrenmelere sahiptirler. Yapılan öğretim tasarımı sahip olunan bu kavramları düzenlemiştir.

Yakın çevrede görülen canlılar ve o canlıların sahip oldukları özellikler ile ilgili yapılan beyin fırtınası bulguları incelendiğinde öğrencilerin verdikleri örnekler arasında uygulama süreci sırasında yapılan sunumlarda geçen ilgi çekici örneklerin bulunduğu görülmektedir. Öğrencilerin, bir kaynaktan ilgi çekici bir bilgi öğrendiklerinde, o konuda daha fazla bilgi edinmeye çalıştıkları ortaya konulmuştur (Gelmez Burakgazi, 2012). Bu bağlamda öğrencilerin bu canlı örneklerine ilgi duydukları ve bu örnekleri çeşitlendirmek üzere fikir ürettikleri görülmektedir. Bu beyin fırtınasında üretilen fikirler arasında,

biyomimikri ile uygun olarak üretilmiş, öğretim sürecinde yapılan sunumlar ile verilmeyen bir takım örneklerin de bulunduğu görülmektedir. Ortaya konulan bu örneklerin, öğrenciler tarafından ön öğrenmeler ile bilindiği veya sunumlarda verilen örneklerden yola çıkılarak tahmin edildiği düşünülmektedir.

Beyin fırtınasında bazı canlıların malzeme elde etmek üzere etinden, sütünden ve diğer ürünlerinden faydalandığı düşünülmektedir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler kapsamında Görüşme sorusu 4 için ön görüşmede verilen cevaplarında bu veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca verilen canlı örneklerinin büyük bir bölümünün hayvanlardan oluştuğu görülmektedir. Öğrencilerin yaşadıkları bölgenin ana geçim kaynağının hayvancılık olduğu görülmektedir. Yetişkinlerden gördükleri ekonomik faaliyetler arasında doğadan fikir olarak faydalanma faaliyetlerinin bulunmadığı görülmektedir. Öğrenciler, günlük hayatta gördükleri hayvancılık faaliyetleri ve halk arasındaki söylemleri göz önünde bulundurarak uygulama sürecinde hayvanlardan malzeme elde edilmesi ile ilgili örnekler vermişlerdir.

Günlük hayatta işler yapılırken karşılaşılan problem durumları ile ilgili beyin fırtınası bulguları incelendiğinde öğrencilerin birçok problem durumu bulabildikleri görülmektedir. Başlangıçta duygusal durumların belirtilmesinin yanında okul görevleri ve ödevlerinin yapılması, resim yapmak gibi sanatsal çalışmaların yapılması, dini ritüeller gibi mühendislik açısından uygun olmayan problem durumları sunulduğu görülmektedir. Mühendislik tasarım çalışması öneri formu verileri incelendiğinde burada grupların beyin fırtınası verileri arasından seçtikleri dört problem durumunun en az bir tanesinin mühendislik tasarım çalışması için uygun problem durumları olduğu görülmektedir. Ayrıca yarı yapılandırılmış görüşmede ön görüşme sırasında fantastik hayal ürünü fikirleri sunulurken son görüşmede bu fikirleri belirten öğrenci sayısında azalma görülmüştür. STEM uygulamaları temel alınarak düzenlenen öğretim tasarımlarında öğrenciler, gerçek hayat problemlerine odaklanmayı daha kalıcı öğrenmektedirler (MacDonald vd., 2019). Beyin fırtınası ile mühendislik tasarımına uygun veya mühendislik ile ilgisiz problem durumlarının ortaya koyulması çalışması yapılmıştır. Devam eden çalışmalarda ise mühendislik tasarım çalışması yapabilmek için uygun olan somut problem durumlarını seçebilme ve gerçek hayat problemlerine odaklanabilme becerisi gösterilmiştir. Problem çözme becerisi gelişen öğrencilerin STEM eğitimine yönelik olumlu tutumlara sahip oldukları görülmüştür (Öner ve Yılmaz, 2019). İlerleyen çalışmalarda gerçek hayat problemlerine odaklanmanın sağlanması, mühendislik tasarım

süreci için uygun problem durumlarının belirlenmesi ve bu problem durumları için uygun çözüm yolları üretilmesi becerilerinin gösterilmiş olması STEM eğitimine yönelik olumlu tutumların gösterildiğini göstermektedir. Alt sınıflarda öğrenim gören öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde gerçek hayat problemlerine odaklanarak mühendislik tasarım çalışması için uygun problem durumları ayırt edebilmektedirler.

Mühendislik çalışması öneri formunda beyin fırtınasından seçilen dört canlı ve özelliği, günlük hayatta işleri yaparken karşılaşılan dört problem durumu verileri kullanılarak belirlenen mühendislik problem durumu verileri incelendiğinde grupların çoğunluğunun mühendislik tasarım çalışması yapmak için uygun bir problem durumu belirleyebildiği görülmektedir. Belirlenen canlı özellikleri kullanılarak çözüm yolu hayal edildiği görülmektedir. Grupların çoğunluğu günlük hayat problemlerini kullanarak bir mühendislik problemi belirlemek yolu ile mühendislik tasarım sürecini başlatabildikleri görülmektedir. Seçilen günlük hayat problemleri ve bu problemlerden, canlı özellikleri de dikkate alınarak belirlenen mühendislik problem durumlarının seyahat, yük taşıma, hayvan ve bitkilerin bakımını yapma üzerine şekillendiği görülmektedir. Mühendislik tasarım çalışmasının başlaması için öncelikle bir insan ihtiyacının problem durumu olarak algılanması gerekmektedir (Hynes vd., 2011). Bu bağlamda mühendis, öncelikle yakın çevresine bakarak bir ihtiyaç görmeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı yakın çevrede en önemli insan ihtiyaçlarının seyahat ve hayvancılık olduğu göz önünde bulundurulduğunda grupların mühendislik tasarım sürecine başlamak üzere doğru bir adım attıkları görülmektedir.

Bu çalışmada biyomimikri anlayışı, mühendislik ve fen bilimleri arasında disiplinler arası bağlantı kurmak için kullanılmaktadır. Bu nedenle ortaya koyulan problem durumlarına, beyin fırtınası verileri arasından seçilen dört canlı özelliği kullanılarak bir çözüm yolu hayal edilmesi görevi verilmiştir. Mühendislik çalışması öneri formlarında ortaya konulan problem durumları ve hayal edilen çözüm yolları verileri incelendiğinde grupların çoğunluğunun hayal ettiği çözüm yolunda canlı özelliklerini kullanamadıkları görülmektedir. 6 grubun ise biyomimikri anlayışı ile bir çözüm yolu üretebildikleri gözlenmektedir. Çalışmanın başlangıcında yapılan sunumlar ile biyomimikri örnekleri öğrencilere verilmiştir. Bu örneklerden faydalanmaları amacıyla bu sunumlar akıllı tahta üzerinde çalışma boyunca açık tutulmuşlardır. Süreç içerisinde çözüm yolu hayal edilmesi sırasında az sayıda grubun biyomimikri anlayışını kavradıkları, çözüm yollarını buna göre şekillendirdiği görülmektedir. biyomimikri

çalışma yaprağı, biyomimikri modelleme ve sunum rubriği, yarı yapılandırılmış görüşme verileri göz önünde bulundurulduğunda gruplarının çoğunluğunun yaptıkları mühendislik çalışmasını sürecin ilerleyen zamanlarında biyomimikri ile bütünleştirdikleri, bu konuda bir anlayış kazandıkları görülmektedir.

Tüm gruplardan STEM ve disiplinler arası yaklaşımı dikkate alınarak kendi mühendislik tasarım planlarını hazırlama görevi verilmiştir. Ortaokul düzeyinde öğrenim görmekte olan öğrencilerin, fen bilimleri dersi kazanımlarını dikkate alarak yeteri kadar detaylı mühendislik tasarım planı hazırlayabildikleri görülmektedir (Ercan ve Şahin, 2015). Disiplinler arası yaklaşım dikkate alınarak hazırlanan bu mühendislik tasarım planları, fen bilimleri konularını öğrenmeyi daha kolay hale getirmektedir. Bu bağlamda grupların yaptıkları mühendislik tasarım planları incelendiğinde her birinin hayal ettikleri çözüm yolunun çizimini başarılı bir şekilde çizdikleri görülmüştür. Ayrıca açıklamalar, ölçü ve uzunluklar belirtilmesi detaylarına da grupların çoğunluğunun azami ölçüde dikkat ettikleri görülmektedir. Alt sınıflarda öğrenim görmekte olan öğrencilerin başarılı bir şekilde mühendislik tasarım çalışması yapabildiklerini ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır (Fleer, 2000; Brophy vd., 2008; Liu ve Lederman, 2002; Venville vd., 2000; Guzey vd. 2019; Ercan, 2014). Bu çalışmada da grupların çoğunluğu mühendislik tasarım planlarını hazırlama ve mühendislik tasarımının modelini oluşturarak ortaya bir ürün koyma süreçlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir.

Hazırlanan mühendislik tasarım planları çeşitli detaylar içermektedir. Mühendislik tasarım planlarında malzeme miktarı, maliyet, dayanıklılık vb. konularda matematiksel işlem yapılmadığı görülmektedir. Ölçü ve uzunlukların belirlenmesi işlemine ise azami ölçüde dikkat edildiği görülmektedir. Yarı yapılandırılmış görüşme verileri incelendiğinde görüşme sorusu 3 için verilen cevapların bu bulguyu destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Matematiğin kullanım alanlarına örnek olarak “mühendislikte malzemelerin boyutlarını ölçme” kodunda ön görüşmeden son görüşmeye geçen süreçte artış olduğu gözlenmiştir. Ayrıca son görüşmede matematiğin farklı bir kullanım alanının da olabileceği fakat bir örneğinin belirtilemediği şeklinde açıklama yapan öğrenciler olmuştur. Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda alt sınıflarda öğrenim gören öğrencilerin, matematiği mühendislik çalışmasına sadece ölçü ve uzunlukları belirlemek açısından dahil ettikleri görülmektedir. Öğretim tasarımı uygulama sürecinde mühendislik - matematik disiplinler arası ilişkisinin öğrenciler tarafından anlaşıldığı, mühendislikte matematikten faydalandığının kabul edildiği, fakat matematik

disiplininde bilinen olguların mühendislik çalışmasına aktarılmasında sorun yaşandığı görülmektedir. Bir grubun haricinde mühendislik tasarım çalışmasında ölçü ve uzunlukları belirlemek dışında bir matematiksel işlem yapılmadığı görülmektedir. Bu durumun, matematik becerilerinin henüz mühendislik tasarım çalışmasıyla bütünleştirilebilecek düzeyde gelişmemesinden kaynaklanabilir.

Mühendislik modeli inceleme formu verileri incelendiğinde grupların ortaya koydukları modellerin güçlü ve zayıf yanlarını inceleyebildikleri görülmektedir. Grupların bir kısmı ortaya koydukları mühendislik ürününe ait modellerin, problem durumlarını karşılama durumları hakkında bir fikre sahip oldukları, bu konuda eleştiri yapabildikleri görülmektedir. Grupların çoğunluğunun ise kendi modellerini gelecekte geliştirmek üzere yeni problem durumları belirleyebildikleri görülmektedir. STEM temel alınmış bir öğretim sürecinin fen bilimleri ve matematik kazanımlarının daha kolay öğrenilmesinin yanında eleştirel düşünebilme, iş birliği yapabilme, yaratıcı düşünebilme gibi 21.yüzyıl becerilerinin gelişmesini sağladığı tespit edilmiştir (Akgündüz ve Akpınar, 2018). Ortaya konulan mühendislik tasarımına ait modelin problem durumunu karşılaması hakkında fikir belirtmek, güçlü ve zayıf yanları belirlemek eleştirel düşünülebildiğini göstermektedir. Gelecekte ürünü geliştirebilmek üzere yeni problem durumu belirleyebilme ise yaratıcı düşünme becerilerinin kullanıldığını göstermektedir. Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği verileri incelendiğinde grup olarak iş birliği içerisinde çalışmanın puanlandığı M4 üzerinden ortalama puanlar alındığı görülmektedir. Bu durum iş birliği yapabilme becerilerinin de gelecekteki çalışmalarda geliştirilebileceğini göstermektedir. Uygulama süreci boyunca yapılan mühendislik tasarım çalışması etkinliklerinde öğrencilerin 21.yüzyıl becerilerini kullandıkları görülmektedir.

Mühendislik raporlarından elde edilen veriler incelendiğinde çözüm yolu, biyomimikri ilişkisi gibi belirli detaylardan, her grubun farklı miktarlarda bahsettiği görülmektedir. Gruplar yaptıkları mühendislik tasarım çalışmasının raporunu yazabilmiş, raporda belirli ifade ve kelimelere yer vermişlerdir. Mühendislik tasarım çalışmalarında kullanılan terim anlamlı kelimeler, el işaretleri, çizimler, modeller üzerinde konuşmalar, öğrencilerin düşüncelerini sözel ifade edebilme becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır (Roth, 2001). Ayrıca mühendislik dili doğal bir konuşma dili olarak kullanılmaktadırlar (Kahn ve Bers, 2005). Uygulama süreci boyunca yapılan STEM alanlarına ait bazı terim anlamlı ifadelerin kullanma, mühendislik tasarım planı ve model oluşturma gibi teknik

becerileri kullanma, disiplinler arası ilişkiye yer verme uygulamalarının belirli oranlarda mühendislik raporlarında yer verildiği görülmektedir. Her grubun kendi mühendislik tasarım çalışmalarını belirli oranlarda sözel olarak ifade edebildikleri görülmektedir. Bu bağlamda uygulama sürecine öğrencilerin düşüncelerini sözel ifade edebilme becerileri dahil edilmiştir.

Öğrencilerin, öğretmenin verdiği görevleri yerine getirme yolu ile öğretmenin gözünde yükselmek için olsa bile yaptıkları mühendislik tasarımını geliştirmek için çalışmalarına yeni fikirleri ekledikleri tespit edilmiştir (McFadden ve Roehrig, 2019). Mühendislik inceleme formu bulgularının öğrencilerin modellerine fikirler ekledikleri görülmektedir. Mühendislik öneri formundan elde edilen bulgularda 9 grubun, hayal ettikleri fikirleri biyomimikri ile ilişkilendiremediği görülürken, uygulama süreci sonunda yapmış oldukları mühendislik raporu yazma etkinliğinde 8 grubun yapmış oldukları mühendislik tasarım çalışmasını biyomimikri ile ilişkilendirdiği görülmektedir. Bu bulgular grupların uygulama süreci ilerledikçe fikirlerini geliştirdikleri ve çalışmalarına yeni fikirler ekledikleri şeklinde yorumlanabilir. Grupların mühendislik modeli inceleme formunda, çalışmalarını gelecekte geliştirmek üzere fikirler sunarken bu fikirleri mühendislik raporlarında tekrar yazmadıkları görülmektedir. Mühendislik raporlarında genel olarak odaklanılan detayın çözüm yolundan bahsetmek olduğu görülmektedir. Gruplar çözüm yolundan bahsettikten sonra gelecekte çalışmayı geliştirecek fikirlerden bahsetme detayını gözden kaçırmış olabilirler.

4.2. STEM Temelinde Öğretim Tasarımının Etkililiği

Geliştirilen öğretim tasarımı kapsamında bir dizi ders etkinlikleri tasarlandı. Bu ders etkinlikleri kapsamında doğadan ilham alınan teknolojiler konusu STEM temelli olarak verildi. Hazırlanan belirli bir öğretim tasarımının STEM eğitimi üzerine çeşitli etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır (Savran Gencer, 2015; Özsoy, 2017; Delen ve Uzun, 2018; Yıldırım, 2019; Okka, 2019). Bu çalışmalar incelendiğinde öğretim tasarımının STEM temelinde etkili olmasının fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinleri arasındaki disiplinler arası anlayışın öğrenciler tarafından kavranma düzeyi ile değerlendirildiği görülmektedir. Bu çalışmada STEM eğitiminin kavranması için mühendislik tasarım süreci merkez alınarak fen, teknoloji ve matematik disiplinlerinin mühendislik ile ilişkilendirildiği bir model belirlenmiştir. Bu sebeple uygulanan öğretim

sürecinin etkililiğinin değerlendirilmesi için mühendislik - fen, mühendislik - teknoloji ve mühendislik - matematik disiplinler arası anlayışının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Öğretim sürecinde öğrencilerin mühendislik konuları ile ilgilenmeleri kalıcı öğrenmeleri sağlamasının yanında mühendisliğin çalışma alanını da deneyimlemeyi sağlamaktadır (Riskowski vd., 2009). Mühendislik ekip çalışması portfolyoları incelendiğinde öğrenci gruplarının mühendislik tasarım sürecinin her bir aşamasında ürünler verdikleri görülmektedir. Bu bulgular dikkate alındığında mühendislik - biyomimikri, mühendislik - teknoloji ve mühendislik - matematik disiplinler arası ilişkisini kavramaya yönelik ürünlerin ortaya konulduğu görülmektedir. Bu bağlamda mühendislik tasarım sürecinin öğrenciler tarafından deneyimlendiği ve STEM disiplinleri arasındaki ilişkinin kavranması yönünde gelişmelerin sağlandığı düşünülebilir.

Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği verileri incelendiğinde yapılan mühendislik tasarımının biyomimikri ile ilişkisinin puanlandığı M1 üzerinden ortalama puanların yüksek olduğu görülmektedir. Biyomimikri doğa ile ilgili bir kavram olması nedeniyle mühendislik tasarımının biyomimikri ile ilişkilendirilmesi, fen bilimleri ile ilişkilendirildiği şeklinde yorumlanabilir. Yarı yapılandırılmış görüşme verileri incelendiğinde fen bilimlerinin teknoloji ve mühendislik ile ilişkisinin sorulduğu görüşme sorusu 2 için öğrencilerin ön görüşmede verdikleri kararsız cevapların son görüşmede “Fen ile açıklanan olgular teknoloji ve mühendislikte kullanılmaktadır” kodu üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca görüşme sorusu 7 için verilen cevaplara bakıldığında son görüşmede mühendislikte ortaya konulan ürünlerin de fen bilimlerine katkı sağladığı cevapları verilmiştir. Bu bulgular değerlendirildiğinde yapılan mühendislik tasarım çalışmasının fen bilimleri - mühendislik ilişkisi hakkında öğrencilerin sahip oldukları görüşleri geliştirdiği görülmektedir. Mühendislik tasarımı temelli bir öğretim tasarımının mühendislik alanı konusunda sahip olunan görüşleri geliştirdiği tespit edilmiştir (Aydın-Günbatar vd., 2018). STEM alanları içerisinde fen bilimleri disiplininin kullanım alanları hakkında öğrenci görüşlerinde gelişme sağlandığı söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmede teknoloji hakkındaki öğrenci görüşlerinin sorgulandığı görüşme sorusu 1 verileri incelendiğinde öğrencilerin teknolojiyi ön görüşmede telefon, tablet, bilgisayar, televizyon gibi her türlü elektronik cihaz olarak tanımladıkları görülmektedir. Bunun dışında motorlu taşıtların da teknoloji olarak tanımlandığı görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda öğrencilerin büyük çoğunluğunun teknolojiye örnek olarak televizyon, cep telefonu, elektrik nakil hatları ve

metroları örnek olarak verdikleri görülmüştür. Bazı öğrencilerin ise bisiklet, ev ve köprülerin de teknoloji olduğunu bildirdikleri görülmüştür (Cunningham, Lachapelle ve Lindgren-Streicher, 2005; Yıldırım, 2019). Ön görüşmeden elde edilen verilerin bu çalışmalar ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Son görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin elektronik araçları ve motorlu araçları teknoloji örneği olarak kabul etmeye devam ettikleri görülmektedir. Son görüşmede ön görüşmede farklı olarak öğrencilerin teknoloji konusunda sahip oldukları kodlara yenilerini ekledikleri görülmektedir. Robotların, akıllı ve otomatik araçların, doğal olmayan her şeyin, icat edilmiş her şeyin teknoloji olduğu kavramını sahip olunan kavramlara ekledikleri görülmektedir. Uygulama süreci boyunca yapılmış olunan mühendislik tasarım sürecinin öğrencilerin teknoloji konusundaki görüşlerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

Grupların ortaya koymuş oldukları mühendislik tasarım planları incelendiğinde grupların çoğunluğunun ölçü ve uzunluklara dikkat ettikleri görülmektedir. Öğrencilerin ölçü ve uzunluklara dikkat ederek matematiksel bilgi kullanabildikleri, bu şekilde mühendislik tasarımı yapabildikleri görülmüştür (Liao, 2016). Yarı yapılandırılmış görüşmede matematiğin fen bilimleri, teknoloji ve mühendislik alanlarında kullanım alanının sorgulandığı görüşme sorusu 3 bulguları incelendiğinde ön görüşmede diğer üç STEM alanında matematiğin kullanıldığını, bir örneğinin bilinmediği yönündeki kararsız cevapların bulunduğu görülmüştür. Son görüşmede ise cevapların mühendislikte malzeme miktarını ölçme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca farklı kullanım alanlarının da olabileceği, örneğinin bilinmediği şeklinde cevapların verildiği görülmektedir. Bu bulgularında Liao (2016) tarafından ortaya konulan bulgular ile uyumlu olduğu görülmektedir. Geliştirilen öğretim tasarımının uygulama süreci boyunca öğrencilerin matematiğin diğer üç STEM alanı içerisinde kullanım alanları hakkındaki fikirlerinde olumlu yönde değişim sağlanabildiği görülmektedir. Fakat öğrencilerin bulundukları öğrenim kademesi nedeniyle sahip oldukları matematiksel bilginin ölçü ve uzunlukların belirlenmesi becerisi için yeterli olduğu düşünülmektedir. İlerleyen sınıf kademelerinde yapılan STEM temelli öğretim tasarımlarında öğrencilerin daha karmaşık STEM problemleri için matematiksel bilgi kullanacakları düşünülmektedir.

Bir öğretim etkinliğinde mühendislik tasarım sürecinin kullanılması ile ektili STEM uygulamaları yapılmıştır (Ergün ve Kıyıcı, 2019). Bu araştırmada ise öğrencilerin STEM alanlarının her birinin disiplinler arası ilişkisi hakkında öğrenci görüşlerinde olumlu

yönde değişim sağlandığı görülmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada da öğrenciler mühendislik tasarım süreci kullanarak etkili STEM uygulamaları yapmıştır.

4.3. Doğadan İlham Alan Teknolojilere (Biyomimikri) Yönelik Algı

Uygulama süreci öncesinde, uygulama sırasında ve uygulama süreci sonrasında elde edilen bulgular değerlendirildiklerinde yapılan öğretim tasarımının öğrencilerin biyomimikri algılarında değişikliğe sebep olduğunu göstermektedir. Mühendislik ekip çalışması portfolyoları üzerinden elde edilen bulgularda çeşitli yerlerde ilgi çekici biyomimikri örneklerinden bahsedildiği görülmektedir. Öğretim sürecinin başlangıcında bazı biyomimikri örnekleri slaytlar, videolar ve sözlü olarak öğrencilere sunulmuştur. Yakın çevrede bulunan canlılar ve bu canlıların sahip olduğu özellikler ile ilgili beyin fırtınası etkinliğinin bulguları incelendiğinde grupların önceden sunulmuş olan örnekleri beyin fırtınalarında verdikleri görülmektedir. Ayrıca bu örnekleri çeşitlendirdikleri de görülmektedir. Örneğin “Bilimsel bilgi ve mühendislik tasarımı tanıtım slaytı” adlı materyalin son sayfasında ağaçta duran bir bukalemunun kıvrılan kuyruğu ile aynı tasarımın kullanıldığı dekoratif bir merdivenin karşılaştırıldığı bir fotoğraf paylaşılmıştır. Beyin fırtınası bulguları incelendiğinde, yakın çevrelerinde böyle bir canlının bulunmamasına rağmen bazı grupların bukalemun örneğini verdiği görülmektedir. Bukalemuna yönelik verilen örneklerin bazılarının sunumda verilen örnekler ile aynı oldukları görülmektedir. Ayrıca bukalemunun renk değiştirmesi örneğini kullanarak örneklerini çeşitlendiren gruplar görülmektedir. Bu bulgular değerlendirildiğinde grupların bukalemun konusunda verilen örneğe ilgi duydukları ve bu örneği çeşitlendirmeye çalıştıkları görülmektedir. Bukalemun örneğini çeşitlendiren grupların bu çeşitlendirmeye kaplumbağa ve kurbağaları da dahil ettikleri, bu canlıların kabuğundan, vücut anatomisinin yumuşak yapıda olmasından bahsettikleri görülmektedir. Öğrencilerin yaptıkları tasarımlarda en çok tercih ettikleri canlılar ve özelliklerin kaplumbağanın kabuğunu ev olarak kullanması, kurbağanın bitki örtüsüne göre uygun deri renginde evrimleşerek kamufle olması, bukalemunun renk değiştirmesi, çitanın hızlı koşması özelliklerinin olduğu belirlenmiştir (Yakışan ve Velioğlu, 2019). Beyin fırtınasından elde edilen bulgular ile Yakışan ve Velioğlu (2019) tarafından bulunan bulguların örtüştükleri görülmektedir. Bu bağlamda yapılan sunumun

öğrencilere genel biyomimikri örneklerini anlama ve çeşitlendirme konusunda öğrencilerin ilgisini çekmekte başarılı olduğu görülmektedir.

Beyin fırtınası bulgularında ayrıca bazı hayvanların sevimli olması gibi örneklerin verildiği görülmektedir. Bu bulgunun yanında “kedi her zaman 4 ayak üzerine düşer” şeklinde halk arasında ki yaygın atasözleri ve özdeyişlerden örneklerin sunulduğu görülmektedir. Bu bulgular değerlendirildiğinde alt sınıflardaki öğrencilerin doğaya fikirler yönünden yaklaşımının yanında duygusal yönden de doğayla bütünleşmelerinin bulunduğu görülmektedir.

Tüm gruplara öğretim uygulama süreci boyunca birçok biyomimikri örneğinin çeşitli öğretim materyalleri ile sık sık verilmiştir. Ayrıca bu öğretim materyalleri mühendislik ekip çalışmaları sırasında akıllı tahta üzerinden tüm grupların serbest erişimine sunulmuştur. Bu şekilde tüm gruplar çeşitli biyomimikri örnekleri ile çalışmaları boyunca sık sık etkileşimde bulunmuşlardır. Mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı ile elde edilen bulgular ile tüm gruplardan biyomimikri örnekleri konusunda geri dönütler toplanmıştır. biyomimikri örneği olan ve olmayan teknoloji örneklerinin gruplar tarafından evet/hayır şeklinde cevaplandığı bulgular “Biyomimikri örneği olan teknolojiler” ve “Biyomimikri örneği olmayan teknolojiler” olarak iki ayrı tabloya ayrılıp incelenmiştir. Biyomimikri örneği olan teknolojilere verilen cevapların frekansları incelendiğinde gruplarının çoğunluğunun evet cevabını verdiği görülmektedir. Biyomimikri örneği olmayan örneklerin frekansları incelendiğinde ise grupların çoğunluğunun hayır cevabı verdiği görülmektedir. Bu bulgular incelendiğinde grupların büyük çoğunluğunun biyomimikri örneği olan veya olmayan teknolojileri birbirinden ayırt edebildiği görülmektedir. Bu nedenle uygulama süreci boyunca verilen biyomimikri örneklerinin tüm gruplar tarafından anlaşıldığı görülmektedir.

Mühendislik çalışması öneri formu bulguları incelendiğinde 9 grubun ortaya koydukları mühendislik problemi ve hayal ettikleri çözüm yolunun biyomimikri ile ilişkisinin zayıf kaldığı görülmektedir. Bu durum, uygulama süreci başlangıcında birçok biyomimikri örneği verilse de henüz biyomimikri anlayışının kazanılamadığını göstermektedir. Uygulama sürecinin ortalarında uygulaması yapılan Mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı bulgularında grupların çoğunluğunun biyomimikri örneği olan ve olmayan teknolojileri ayırt edebildikleri görülmüştür. Bu bulgular ile uygulama süreci devamında biyomimikri anlayışının kazanıldığı görülmektedir. Yarı yapılandırılmış görüşmede insanların doğadan faydalanma alanları

ile ilgili öğrenci görüşlerini sorgulayan Görüşme sorusu 4 bulguları incelendiğinde ön görüşmede öğrencilerin çoğunluğu, doğanın halk arasında ki yaygın kullanım alanları olan et veya odun gibi malzemelerin elde edilmesi, nefes alma, canlıları insanların işlerini yapmak için kullanma örneklerinin verildiği görülmektedir. Son görüşme bulguları incelendiğinde ise doğayı örnek alma, fikir edinme ve hayal gücü yönünden doğadan faydalanılması yönünde görüş bildiren öğrenci sayısında yüksek bir artış olduğu görülmektedir. Bu bulgu da öğrencilerin biyomimikri anlayışı kazandıklarını kanıtlar niteliktedir.

Biyomimikri örneklerini öğrenen, bu örnekleri ayırt edebilen ve biyomimikri anlayışı kazanan öğrencilerin bu kazanımları uygulama sürecinin sonunda çalışmalarına yansıttıkları görülmektedir. Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği bulguları incelendiğinde en yüksek ortalama puanın M3 ve M1 maddeleri üzerinden hesaplandığı görülmektedir. Bu maddelerin grup sözcüsünün sunduğu çalışmanın biyomimikri ile ilişkilendirilme düzeyini belirlediği görülmektedir. Ayrıca mühendislik raporları üzerinden elde edilen bulgular incelendiğinde ise 8 grubun yazmış olduğu raporda, yapmış oldukları mühendislik çalışmasının biyomimikri ile ilişkisi detayına yer verdikleri görülmektedir. Mühendislik çalışması öneri formunda 9 grup biyomimikri ile ilişki kurmakta başarısız olurken uygulama sürecinin sonunda yapılan bir çalışma olan mühendislik raporlarında ise bu bulgunun terse döndüğü, 8 grubun biyomimikri ile ilişki kurmakta başarılı olduğu görülmektedir. Öğrencilere belirli bir miktarda biyomimikri örneklerinden bahsedildikten sonra, öğrencilerin bu örneklere benzer çalışmalar üretebildiği görülmüştür (Nagel vd., 2016). Bu bağlamda mühendislik ekip çalışması uygulama sürecinde grupların büyük çoğunluğunun biyomimikri anlayışını kazandığı ve bu anlayışı kendi mühendislik çalışmalarına aktardığı görülmektedir.

Yarı yapılandırılmış görüşmede doğadaki canlılar ve özellikleri üzerinde düşünmenin hayal gücüne etkisi hakkındaki görüşlerin sorgulandığı görüşme sorusu 5 bulguları incelendiğinde ön görüşmede görülen kararsız tutumların son görüşmede “farklı teknolojileri hayal etmek kolaylaşır” ve “aklımıza daha çok teknoloji fikri gelmektedir” kodları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bulgular, öğrencilerin biyomimikri anlayışları geliştiğinde doğa konusunda ki tutumlarında da olumlu yönde değişiklik sağlandığı şeklinde değerlendirilebilir. Biyomimikri temelli tasarlanan bir robotik eğitim programının başlangıcında öğrencilerin ortalama tutuma sahip oldukları, programın uygulanma sürecinin sonunda ise öğrencilerin ilgi duyma, anlama, önem verme

tutumlarında olumlu yönde değişim sağlanmıştır (Kim, 2019). Mühendislik ekip çalışmaları portfolyoları, biyomimikri modelleme ve sunum rubrikleri ve yarı yapılandırılmış görüşme bulguları üzerinden uygulama süreci incelendiğinde sürecin çeşitli kısımlarında grupların bazı biyomimikri örneklerine ilgi duyma, biyomimikriyi anlama, biyomimikri anlayışını kendi mühendislik tasarım çalışmasında kullanarak önem verme tutumlarının sergilendiği görülmektedir. Bu bağlamda geliştirilen öğretim tasarımının biyomimikri konusundaki algı ve tutumlarda olumlu yönde değişim sağladığı görülmektedir.

Biyomimikri modelleme ve sunum rubriğinde grup sözcülerinin çalışmalarının belirli detaylarını yeterli ifade edebilme düzeylerini belirlemeye yönelik olan M5 maddesi için hesaplanan ortalama puanın yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca mühendislik modeli inceleme formu bulgularında grupların tamamının ortaya koymuş oldukları mühendislik tasarım çalışmasının güçlü ve zayıf yönlerini belirli oranlarda belirledikleri görülmektedir. 6 grubun ise kendi mühendislik modellerinin başlangıçta belirledikleri problem durumundaki ihtiyacı karşılama düzeyi hakkında eleştirdiği görülmektedir. Mühendislik çalışması öneri formu bulgularında ise her grubun çözüm yolu hayal etme ile yaratıcı düşünebildikleri görülmektedir. Biyomimikri anlayışının öğretim sürecine dahil edilmesinin öğrencilere kendini yansıtmaya, eleştirel ve yaratıcı düşünme gibi becerileri kazandırdığı düşünülmektedir (Mahgoub ve Alawad, 2014). Mühendislik tasarım süreci adımlarına göre tasarlanan STEM temelli öğretim tasarımının öğrencilerin kendini ifade etme becerilerinde, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerinde olumlu yönde bir değişim ortaya koymuştur.

4.4. Teknoloji - Doğa İlişkisine Yönelik Farkındalık

Araştırmanın bulguları göz önünde bulundurulduğunda öğrencilerin sahip olduğu teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıklarında değişim yaşandığı görülmektedir. Mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı üzerinde mühendislik, bilim ve biyomimikri kavramlarını açıklayabilmek hakkında bulguların bulunduğu görülmektedir. Bu bulgular incelendiğinde grupların çoğunluğunun mühendislik ve biyomimikri kavramlarını açıklayabildikleri görülmektedir. Ayrıca mühendislik ve bilime ait diğer kavramların da bazı gruplar tarafından açıklanabildiği görülmektedir. Mühendisliğin biyomimikri ile ilişkisini açıklamak üzere elde edilen bulgular

incelendiğinde grupların büyük çoğunluğunun bu konuda yetersiz kaldıkları görülmektedir. Uygulama sürecinin sonuna gelindiğinde grupların çoğunluğunun kendi yaptıkları mühendislik çalışması ile biyomimikri arasında ilişki kurduğu görülmektedir. Yarı yapılandırılmış görüşmede teknoloji doğa ilişkisi hakkında sahip olunan görüşlerin sorgulandığı görüşme sorusu 6 bulguları incelendiğinde öğrenci görüşlerinde değişim sağlandığı görülmektedir. Son görüşmede canlılara şekil ve dış görünüş bakımından benzer teknolojilerin üretildiği düşüncesine sahip öğrencilerin azaldığı gözlemlenirken teknolojinin daha hızlı gelişeceği ve canlılar örnek alınarak teknoloji üretilebileceği konusunda yeni görüşlerin oluştuğu görülmektedir. Mühendislik tasarımlarında doğadan ilham alındığına yönelik öğretim materyalleri ile öğrencilerin etkileşime girmeleri, heyecan ve derse katılımı arttırdığı gibi teknolojik tasarımlarda doğadan ilham alınmasına yönelik fikirlerin gelişmesi sağlanmıştır (Tank, Moore ve Strnat, 2015). Öğretim tasarımı uygulama süreci sonunda teknolojik tasarımlarda doğadan fikir alınmasına yönelik öğrenci görüşlerinde olumlu yönde değişim sağlanmıştır.

Alt sınıflarda öğrencilerin doğayı oyun, eğlence, heyecan, piknik, zaman ve üretim kavramları ile ilişkilendirildiği ortaya çıkmıştır (Tekbıyık ve Celik, 2019). Yarı yapılandırılmış görüşmede görüşme sorusu 4 bulguları incelendiğinde bu çalışma ile paralel olarak piknik yapma, barınma, yürüme, nefes alma ve oksijen üretimi alanlarında doğadan faydalanılabileceği yönünde görüşlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Son görüşme bulgularında ise öğrencilerin bu görüşlerinde azalma olduğu, teknoloji ve fikirler yönünden doğadan faydalanmasına yönelik görüşlerde ise artış olduğu görülmüştür. Biyomimikri anlayışındaki olumlu yönde değişim, doğanın piknik, zaman ve eğlence yönlerindeki ilişkilerine odaklanmayı azaltma, teknoloji ve doğa ilişkisine odaklanmayı artırma yönünde bir etki oluşturmaktadır.

Yarı yapılandırılmış görüşmede görüşme sorusu 7 bulguları incelendiğinde, ön görüşmede doğanın malzeme elde etmek için kullanılması yönünde görüşlerin bulunduğu görülmektedir. Son görüşme bulguları incelendiğinde ise bu görüşlerin ortadan kalktığı görülmektedir. Doğayı açıklamak üzere fen bilimleri tarafından ortaya koyulan olguların mühendislikte fikir olarak kullanılmasına yönelik yeni görüşlere ait kodların oluştuğu gözlenmektedir. Ayrıca fen bilimleri ve mühendislik alanında yapılan çalışmaların karşılıklı olarak iki disiplinin de gelişimini sağladığı yönünde görüşlerin sunulduğu görülmektedir. Bu bulgular göz önünde bulundurulduğunda doğanın açıklamasına yönelik ortaya konulan olguların teknoloji ve mühendislikte yeni ürünlerin üretimini

kolaylaştırdığı yönünde bir teknoloji - doğa ilişkisinin öğrenciler tarafından kavrandığı görülmektedir.

Biyomimikrinin öğretim programına dahil edilmesi ile öğrencilerin doğada bulunan canlıların sahip olduğu özellikleri inceleyerek bu özelliklerden yola çıkarak mühendislik tasarım çalışmaları yapmaları kolay hale geleceği düşünülmektedir (Shimomura, 2010). Mühendislik ekip çalışması portfolyolarından ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen bulgular değerlendirildiğinde grupların yakın çevrelerindeki canlıların özelliklerini düşünerek, bu özelliklerden faydalanarak ortaya bir mühendislik tasarım çalışması koyduğu görülmektedir. Bu sebeple öğrencilerin teknoloji - doğa ilişkisine yönelik farkındalıklarında olumlu yönde bir gelişme sağlandığı görülmektedir.



5. ÖNERİLER

Çalışmada geliştirilen ve uygulanan öğretim tasarımının etkililiği değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ortaya konulmuş olan öğretmen kılavuz metni ve öğretim materyallerinin öğretim sürecinde daha kolay uygulanmasına yönelik önerilerin yanında gelecekte yapılacak araştırmalara yönelik yaptığımız öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Öğretim sırasında hazırlanmış olan slaytların ve öğretmen kılavuz metninde belirtilen konu içeriğinin dersten önce okunarak derse girilmesi, öğretim etkinliği sırasında slaytların her sayfasında geçen ifadelerin hızlı bir şekilde okunarak geçilmesi, üzerlerine fazladan açıklamaların katılmaması uygulama adımlarında verilen sürelerle uyulması ve grup çalışmalarının ön plana çıkarılması açısından yarar sağlamaktadır. Ayrıca öğretim materyallerini geliştirerek doğadan ilham alınan teknolojiler konusu dışındaki konulara öğretim sürecini bu şekilde uygulamak öğretim programlarının sınıf içerisindeki uygulanabilirliğini arttırmada etkili olacaktır.

Öğretim tasarımının küçük öğrenci gruplarında uygulanması, kalabalık sınıflarda çok sayıda grubun çıkmasına sebep olmaktadır. Dezavantajlı öğrencilerin sayısının fazla olduğu bölgelerde bir takım sınıf yönetimi sorunlarının çıkmasına sebep olmaktadır. Öğrencilerin öğretim sürecine başlamadan önce grup çalışmaları hakkında bilgilendirilmesi, grup çalışmalarına başlamadan önce öğrencilerin grup çalışmaları konusunda uyum çalışmalarının yapılması, gruplarda bulunan öğrenci sayısını arttırarak daha az sayıda grup oluşturulması, öğretmen rehberliği yolu ile her grubun üyelerine görev dağılımı konusunda rehberlik edilmesi gibi önlemler alınarak bu sorunların azaltılmasını sağlayacaktır.

Öğretim tasarımının uygulama süreci boyunca mühendislik tasarım sürecinin hangi aşamasında olunduğu, şuna kadar yapılan öğretim etkinliklerinde STEM disiplinlerinin hangilerinin nerelerde ve ne şekilde kullanıldığı konusunda öğrenciler sık sık bilgilendirilmelidir. Bu bilgiler uygulama süreci boyunca fırsat bulundukça tekrar edilmelidir. Bu şekilde öğrenciler mühendislik tasarım süreci ve STEM eğitiminin disiplinler arası anlayışını kafalarında şekillendirmektedirler.

Öğrencilerin oyunlar tasarlama, oyuncaklar yapma açısından günlük hayatta mühendislik tasarımına uygun olarak eğlence amaçlı yaptıkları birçok uygulamanın bulunduğu ilgili çalışmalar tarafından ortaya konulmaktadır. Öğretim programlarının

uygulamasında yapılan öğretim etkinliklerinin, öğrencilerin kâğıtlar ile yaptıkları oyuncakları örnek göstererek, bu oyuncaklar gibi bir mühendislik tasarımı yapacaklarının söylenmesi öğrenciler açısından motivasyon kaynağı olmaktadır. Yapılan öğretim tasarımlarının uygulama sürecinde bu örnekteki gibi, yapılan etkinliklerin profesyonelce değil, oyun havasında tasarlanması fazladan motivasyon sağlayacaktır. Bu süreçte sadece mühendislik tasarım sürecinin uygulandığının ve STEM disiplinlerinin kullanıldığının öğrenciler tarafından anlaşılması alt sınıflarda öğrenim gören öğrenciler için yeterli olacaktır.

Yeni bir problem durumu belirleme becerisi yaratıcı düşünme becerilerinin gelişimi açısından alt sınıflarda öğrenim gören öğrenciler için zor bir başlangıç oluşturabilmektedirler. Öğretim sürecinin doğrudan zor bir görev ile başlaması devam eden etkinlikler açısından olumsuz bir başlangıç oluşturmaktadır. Bu sebeple mühendislik problem durumu belirlenmesi ve çözüm hayal edilmesi gibi yaratıcı düşünme becerisi gerektirecek görevlerin daha kolay yapılması için ilave etkinlikler tasarlanabilir.

Bu çalışma sadece 5.sınıf düzeyinde öğrenim görmekte olan öğrenciler üzerinde uygulanmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı sınıf düzeylerinde öğrenim görmekte olan öğrencilerle, farklı özelliklere sahip örneklerle tekrarlanmasının sınıf içi öğretim uygulama süreçleri ile ilgili alan yazının gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca tek bir öğretim tasarımının tek bir öğretim programının kazanımları tarafından şekillendirilmesi disiplinler arası anlayışının biyomimikri üzerine yoğunlaşmasına sebep olmuştur. STEM disiplinlerine ait öğretim programlarının tamamının kazanımlarını birlikte ele alan bir öğretim tasarımının yapılması ortaokul düzeyinde STEM eğitiminin bütünleştirilmesi açısından gelişme sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgündüz, D., Ertepinar, H., Ger, A. M., Kaplan Sayı, A. ve Turk, Z. (2015). STEM eğitimi çalıştay raporu: Türkiye STEM eğitimi üzerine kapsamlı bir değerlendirme (Teknik rapor). İstanbul Aydın Üniversitesi Eğitim Bilimleri ve Teknolojileri Araştırma Merkezi.
- Akgündüz, D. ve Akpınar, B. C. (2018). Okul öncesi eğitiminde fen eğitimi temelinde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının öğrenci, öğretmen ve veli açısından değerlendirilmesi. *Yaşadıkça Eğitim Dergisi*, 32(1), 1-26.
- Aktürel, H. (2005). İşitme Engelli Öğrencilere Disiplinlerarası Öğretim Yaklaşımına Dayalı Hayat Bilgisi Öğretiminin İncelenmesi: Eyleşim Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 225s.
- Altunel, M. (2018). STEM eğitimi ve Türkiye: fırsatlar ve riskler. *Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, SETA Perspektif*, 207, 1-7.
- Antink-Meyer, A. and Meyer, D. Z. (2016). Science teachers' misconceptions in science and engineering distinctions: reflections on modern research examples. *Journal of Science Teacher Education*, 27(6), 625-64. doi: 10.1007/s10972-016-9478-z
- Annetta, L. A. and Minogue, J. (2016). Connecting Science and Engineering Education Practices in Meaningful Ways. Springer, Control Number: 2015958086, ISBN 978-3-319-16399-4, 384p., Bennett, D., Monahan, P. and Honey, M. (Ç.Ed.), 39-58.
- Artugal, S. M. (2010). Mühendislik Eğitiminde Toplam Kalite Yönetimi ve Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümündeki ABET Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 213s.
- Aslan-Tutak, F., Akaygun, S. ve Tezsezen, S. (2017). İşbirlikli fetemm (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) eğitimi uygulaması: kimya ve matematik öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarının incelenmesi. collaboratively learning to teach STEM: change in participating pre-service teachers' awareness of STEM. *Hacettepe University Journal of College of Education*, 32(4), 794-816. doi: 10.16986/HUJE.2017027115
- Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: okullarda biyomimikri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 2(3), 214-233. doi: 10.35346/aod.604872
- Aydin-Günbatır, S., Tarkın-Celikkıran, A., Kutucu, E. S. and 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
- Aydın-Günbatır, S. ve Tabar, V. (2019). Türkiye'de gerçekleştirilen STEM araştırmalarının içerik analizi. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1054-1083.

- Aydın, E. ve Karşı, F. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkındaki görüşleri: karışımların ayrıştırılması örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 35-52.
- Aydın G., Saka M. ve Guzey S. (2018). 4-5-6- 7. ve 8. sınıf öğrencileri için mühendislik bilgi düzeyi ölçeği engineering knowledge level measurement scale for students in grades 4 through 8. *Elementary Education Online*, 7(2), 750-768.
- Baram-Tsabari, A. and Yarden, A. (2009). Identifying meta-clusters of students' interest in science and their change with age. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(9), 999-1022.
- Baz, F. Ç. (2019). STEM eğitim döngüsüne Bloom taksonomisi çerçevesinde bakış. *Academia Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 142-150.
- Bektas, O. ve Aslan, F. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM uygulamaları hakkında görüşlerinin belirlenmesi. *Maarif Mektepleri Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 17-50.
- Becker, K. and Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23- 37.
- Berlin, D. F. and White, A. L. (1994). The berlin-white integrated science and mathematics model. *School Science and Mathematics*, 94(1), 2-4. doi: 10.1111/j.1949-8594.1994.tb12280.x
- Biomimicry Institute. (2017). Sharing biomimicry with young people an orientation for k-12 teachers. Biomimicry.org
- Bircan, M., Köksal, Ç. ve Cımbız, A. (2019). Türkiye'deki STEM merkezlerinin incelenmesi ve STEM merkezi model önerisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27 (3) , 1033-1045. doi: 10.24106/kefdergi.2537
- Blackley, S., Howell, J. and University, C. (2015). A STEM narrative: 15 years in the making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 101-112.
- Boga-Akyol, M. and Timur-Ogut, S. (2016). Exploring biomimicry in the students' design process. *Design and Technology Education: an International Journal*, 21(1).
- Bozdoğan, B., Bozdoğan, A. ve Şengül, Ü. (2015). "Bilim Uygulamaları" dersi ile ilgili öğretmen görüşlerinin farklı değişkenler açısından incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(3), 96-109.
- Bozdoğan, A. E. (2016). Development of teaching packs of exhibitions in science centres into elementary school science curriculum for grades 5-8: konya science centres sample. *Participatory Educational Research*, 4(1), 26-31.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M. and Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.

- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science*, 329, 996. doi: 10.1126/science.1194998
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2012). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Pegem Akademi. 13.Baskı, ISBN:978-9944-919-28-9, 342s., 14-18.
- Case, J., Marshall, D. and Grayson, D. (2013). Mind the gap: science and engineering education at the secondary-tertiary interface. *South African Journal of Science*, 109(7/8).
- Clifford, A., (1998). Women and Men of the Engineering Path: A Model for Analyses of Undergraduate Careers. U.S. Department of Education and The National Institute for Science Education, Contract: 9453866, ISBN: 0-16-049551-2, 119p., 37-41.
- Clough, M. P., Olson, J. K. and Niederhauser, D. S. (Eds.). (2013). The Nature of Technology. Sense Publishers, ISBN: 978-94-6209-269-3, 449p. Niederhauser, D. S. (Ç.Ed.), 249 - 267. doi: 10.1007/978-94-6209-269-3
- Crismond, D. and Adams, R. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.
- Cunningham, C. M., Lachapelle, C. and Lindgren-Streicher, A. (2005). Assessing elementary school students conceptions of engineering and technology. *In the ASEE annual conference*. Boston, ABD, 3 January 2005.
- Cunningham, C. M. and Carlsen, W. S. (2014). Teaching engineering practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 197-210.
- Delen, İ. ve Uzun, S. (2018). Matematik öğretmen adaylarının FeTeMM temelli tasarladıkları öğrenme ortamlarının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(3), 617-630.
- Dindar, H. ve Taneri, A. (2011). MEB'in 1968, 1992, 2000 ve 2004 yıllarında geliştirdiği fen programlarının amaç, kavram ve etkinlik yönünden karşılaştırılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(2), 363-378.
- Doig, B., Williams, J., Swanson, D., Ferri, R. B. and Drake, P. (2016). Interdisciplinary Mathematics Education. SpringerOpen, Control Number: 2018966113, ISBN 978-3-030-11066-6, 294p., Braber, N., Krüger, J., Mazereeuw, M. and Kuiper, W. (Ç.Ed.), 167-183.
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the United States. *In the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research*, Gold Coast, Queensland, Australia.
- Erdoğan, S. C. (2013). Üstün zekâlı kızların bilime yönelik tutumları ve bilim insanı imajları. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 125.

- Ercan, S. (2014). Fen Eğitiminde Mühendislik Uygulamalarının Kullanımı: Tasarım Temelli Fen Eğitimi. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 303s.
- Ercan, S. ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9 (1), 128-164. doi: 10.17522/nefmed.67442
- Ergün, A. ve Kırıyıcı, G. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitimine ilişkin metaforik algıları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27(6), 2513-2527. doi: 10.24106/kefdergi.3405
- Erkuş, A. (2013). Davranış Bilimleri İçin Bilimsel Araştırma Süreci. Seçkin Yayınları. Yayın No:22, 4.Baskı, ISBN: 978-975-02-2322-8, 296s. 94-107.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi - Journal of Qualitative Research in Education*, 4(3), 43-67. doi: 10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m
- Ersanlı, C. C. (2016). Fizik Eğitiminde Biyomimikri Verileri Kullanımının Yeri ve Önemi. *5th International Vocational Schools Symposium*, Prizren, Kosova, 18 - 20 Mayıs 2016.
- Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve ergonomi: tasarımda doğadan yenilikçi ilham. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3) , 469-474.
- Fleer, M. (2000). Working technologically: investigations into how young children design and make during technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10 (1), 43-59.
- Gardner, G. E. (2012). Using biomimicry to engage students in a design-based learning activity. *The american biology Teacher*, 74(3), 182-184.
- Gero, A. (2017) Students' attitudes towards interdisciplinary education: a course on interdisciplinary aspects of science and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 42(3), 260-270. doi: 10.1080/03043797.2016.1158789
- Geng, J., Jong, M. S.-Y. and Chai, C. S. (2018). Hong Kong teachers' self-efficacy and concerns about STEM education. *The Asia-Pacific Education Researcher*. doi: 10.1007/s40299-018-0414-1
- Gelmez Burakgazi, S. (2012). Connecting science communication to science education: A phenomenological inquiry into multimodal science information sources among 4th and 5th graders. Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 261s.
- Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84. doi: 33149/347724

- Göz, H. (2019). Özel Yetenekli Öğrencilerin Fen-Teknoloji-Toplum Hakkındaki Görüşleri. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 170s.
- Guzey, S. S., Ring-Whalen, E. A., Harwell, M. and Peralta, Y. (2019). Life STEM: a case study of life science learning through engineering design. *International Journal of Science and Math Education*, 17, 23-42.
- Gülhan, F. ve Şahin, F. (2018). Niçin STEM eğitimi?: ortaokul 5. sınıf öğrencilerinin STEM alanlarındaki kariyer tercihlerinin incelenmesi. *Journal of STEAM Education*, 1(1), 1-23.
- Güldemir, S. (2019). Okul Öncesi Eğitiminde STEM Etkinliklerinin Yaratıcılığa Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 130s.
- Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas, fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.
- Hacıoğlu, Y., Yamak, H. ve Kavak, N. (2017). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitimine ilişkin görüşleri: mühendislik tasarım temelli fen eğitimi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 649-684.
- Herdem, K. ve Ünal, İ. (2018). STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: bir meta-sentez çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 48(48). doi: 10.15285/maruaebd.345486
- Hoban, S. and Delaney, M. (2011). An Educator's Guide to the Engineering Design Process Grades 6-8. NASA Human Exploration and Operations Mission Directorate. 178p.
- Honey, M., Pearson, G. and Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. National Academies Press, Book Number: 0-309-29796-6, 181p.
- Huntley, M. A. (1998). Design and implementation of a framework for defining integrated mathematics and science education. *School Science and Mathematics*, 98(6), 320-327. doi: 10.1111/j.1949-8594.1998.tb17427.x
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C. and Hammer, D. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *Utah State University DigitalCommons@USU*.
- Irak, M. (2019). 5.sınıf Fen Bilimleri Dersi "Işığın Yayılması" Ünitesine Yönelik STEM Uygulamalarının Akademik Başarı ve STEM'e Karşı Tutum Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 148s.

- İleritürk, İ. (2016). Mimarlık Eğitiminde Doğa ile İlişki Bağlamında Biyomimikri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 92s.
- İlme, Y. (2019). Meslek Lisesi Öğrencilerinin Mühendislik Başarısı ve Mühendislik Eğitimine Alternatif Öneri: Mühendislik Lisesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 131s.
- İnan Yılmaz, S. (2015). Mühendislik Eğitiminde Fen Bilimleri Temel Kavramlarının Önemi ve Ortaöğretime Kazandırılmışlık Düzeyine Ait Akademisyen Görüşleri (İstanbul Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 186s.
- İnner, S. (2019). Biyomimikri ve parametrik tasarım ilişkisinin mimari alanında kullanımı ve gelişimi. *Tasarım Enformatiği Dergisi*, 1(1), 15-29.
- Kahn J. M. and Bers M. U. (2005). An Examination of Early Elementary Students Approaches to Engineering. *American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Tufts University
- Kang, N. (2019). A review of the effect of integrated stem or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in south korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(6). doi: 10.1186/s41029-019-0034-y
- Karabetça, A. (2018). Biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ile yenilikçi mekanlar yaratılması. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 8(1), 104-111. doi: 10.7456/10801100/010
- Karno, D. and Glassman, M. (2013). Science as a web of trails: redesigning science education with the tools of the present to meet the needs of the future. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 927-933. doi: 10.1007/s10956-013-9439-7
- Karasar, N. (2012). Bilimsel Araştırma Yöntemi. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık. Yayın No:059, 24.basım, ISBN:978-605-5426-58-3. 292.s 165-173.
- Kılınç, A., Demirbağ, M. ve Yılmaz, Ş . (2018). STEM alanları bilim insanlarının fen, matematik, mühendislik ve teknoloji arasındaki ilişkiler hakkında inançları: STEM için pedagojik bir çerçeve. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 365-480. doi: 10.19171/uefad.504913
- Kızılay, E. (2016). Fen bilgisi öğretmen adaylarının FeTeMM alanları ve eğitimi hakkındaki görüşleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 47, 403-417. doi: 10.9761/JASSS3464
- Kim, S. (2019). Development and effect of biomimicry robot education program based on technology education. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(4), 109-117.

- Kim, E., Kim, S., Nam, D. and Lee, T. (2012). Development of STEAM program math centered for middle school students. Department of Computer Education, *Korea National University of Education*.
- Kitsantas, A. and Dabbagh, N. (2011). The role of Web 2.0 technologies in self-regulated learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(126), 99-106.
- Kitchen, J. A., Sonnert, G. and Sadler, P. M. (2018). The impact of college and university run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3), 529-547. doi: 10.1002/sce.21332
- Korkut-Owen, F. ve Mutlu, T. (2016). Türkiye'de fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının seçiminde cinsiyetler arası farklılıklar. *Yaşadıkça Eğitim Dergisi*, 53-72.
- Koştur, H. (2017). FeTeMM eğitiminde bilim tarihi uygulamaları: el-cezeri örneği. *Başkent University Journal Of Education*, 4(1), 61-73.
- Koyunlu Ünlü, Z. ve Dökme, İ. (2017). Özel yetenekli öğrencilerin FeTeMM'in mühendisliği hakkındaki imajları. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1).
- Koyunlu Ünlü, Z. K. ve Şen, Ö. (2018). 5. sınıf fen bilimleri ders kitabındaki etkinliklerin bilimsel araştırma ve mühendislik tasarım sürecine göre incelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 185-197. doi: 10.19126/suje.448331
- Küçük, O. (2016). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ekin Basım Yayın Dağıtım. ISBN: 978-605-327-286-1, 295s., 72-73.
- Lachapelle C. P., Phadnis P. S., Jocz J. and Cunningham C. M. (2012). The impact of engineering curriculum units on students' interest in engineering and science. *Engineering is Elementary Museum of Science*.
- Lee, O. and Anderson, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30(3), 585-610.
- Lim, N., Haddad, A., Butler, D. and Giglio, K. (2013). Current DoD STEM Initiatives. In First Steps Toward Improving DoD STEM Workforce Diversity: Response to the 2012 Department of Defense STEM Diversity Summit, jstor 31-58.
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: an arts-integrated approach to steam education. *Art Education*, 69(6), 44-49. doi: 10.1080/00043125.2016.1224873
- Liu, S.-Y. and Lederman, N. G. (2002). Taiwanese gifted students views of nature of science. *School Science and Mathematics*, 102(3), 114-123. doi: 10.1111/j.1949-8594.2002.tb17905.x

- MacDonald, A., Wise, K., Tregloan, K., Fountain, W., Wallis, L. and Holmstrom, N. (2019). Designing STEAM education: fostering relationality through design-led disruption. *International Journal of Art & Design Education*. doi: 10.1111/jade.12258
- Mahgoub, Y. M. and Alawad, A. A. (2014). The impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education. *Pensee Journal*, 76(4), 2-11.
- Manouselis, N., Drachsler, H., Verbert, K. and Santos, O. C. (Eds.). (2014). Recommender Systems for Technology Enhanced Learning. Springer, Control Number: 2014935878, ISBN 978-1-4939-0530-0, 309p. Fernández, A., Erdt, M., Dackiewicz, I. and Rensing, C. (Ç.Ed.), 251 - 265. doi: 10.1007/978-1-4939-0530-0
- Marulcu, İ. ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 13-23.
- McFadden, J. and 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, 231-262.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y. and 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.
- MEB (2013). İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi öğretim programı. Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara, 60 s.
- MEB (2016a). PISA 2015 ulusal raporu. uluslararası öğrenci değerlendirme programı. Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 60 s.
- MEB (2016b). TIMSS 2015 ulusal matematik ve fen bilimleri ön raporu 4. ve 8. sınıflar. Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 115 s.
- MEB (2018a). Fen bilimleri dersi öğretim programı. Millî Eğitim Bakanlığı, Temel Eğitim Genel Müdürlüğü, Ankara, 58 s.
- MEB (2018b). Bilim uygulamaları dersi öğretim programı (ortaokul ve imam hatip ortaokulu 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). Milli Eğitim Bakanlığı, Temel Eğitim Genel Müdürlüğü, Ankara, 28 s.
- MEB (2019a). 2019 Ortaöğretim kurumlarına ilişkin merkezi sınav. eğitim analiz ve değerlendirme raporları serisi. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 42 s.
- MEB (2019b). 2019 liselere geçiş sistemi (LGS) kapsamında ilk yerleştirme sonuçları. eğitim analiz ve değerlendirme raporları serisi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 128 s.

- MEB (2019c). Türkçe-matematik-fen bilimleri öğrenci başarı izleme araştırması (tmf-öba)-1: 2019 4. sınıf seviyesi. eğitim analiz ve değerlendirme raporları serisi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 68 s.
- Mesutoğlu, C. (2017). Developing Teacher Learning Progressions for K-12 Engineering Education: Teachers' Attitudes and Their Understanding of The Engineering Design. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 374s.
- Murphy, T. P. and Mancini-Samuelson, G. J. (2012). Graduating STEM competent and confident teachers: The creation of a STEM certificate for elementary education majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(2), 18-23.
- Mutlu, T. ve Korkut-Owen, F. (2017). Sosyal bilişsel kariyer kuramı açısından bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanındaki kadınlar. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(60), 87-103.
- Nagel, J. K., Pidaparti, R., Rose, C. and Beverly, C. L. (2016). Enhancing the pedagogy of bio-inspired design in an engineering curriculum. In *2016 ASEE Annual Conference & Exposition*, New Orleans, Los Angeles, ABD, 26 – 29 June 2016.
- Nasibov, F. ve Kaçar, A. (2005). Matematik ve matematik eğitimi hakkında. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13(2), 339-346.
- National Academy of Engineering [NAE] and National Research Council [NRC]. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. The National Academic Press, ISBN 978-0-309-13779-9, 595p.
- Newman, S., Whatley, D., and Anderson, I. (2003). Engineering design education - the integration of disciplines. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 75(1), 18-26. doi: 10.1108/00022660310457257
- National Research Council [NRC]. (2011). Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. The National Academic Press, Book Number: 978-0-309-21296-0, ISBN 978-0-309-21296-0, 45p.
- National Research Council [NRC]. (2012). NGSS-A: A Framework For K-12 Science Education Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academic Press, Book Number-10: 0-309-21742-3, ISBN 978-0-309-21441-4, 41-82. doi: 10.17226/13165, 401p
- Okka A. (2019). Bilim Uygulamaları Dersinde STEM Alanları Temelinde Bir Öğretim Tasarımı Deneyimi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 251s.
- Öner, G. ve Yılmaz, Y. Ö. (2019). Ortaokul öğrencilerinin problem çözme ve sorgulayıcı öğrenme becerileri algıları ile STEM'e yönelik algı ve tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 8(3), 837-861. doi: 10.30703/cije.574134

- Özsoy, N., (2017). STEM ve yaratıcı drama. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 633-644.
- Park, D-Y., Park, M-H. and Bates, A. B. (2018). 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 Math Education*, 16, 275-294.
- Pauw, I.C., Kandachar, P. and Karana, E. (2015) Assessing sustainability in nature-inspired design. *International Journal of Sustainable Engineering*. 8(1), 5-13. doi: 10.1080/19397038.2014.977373
- Pauls, S. (2017). Biomimicry a “natural lesson” in STEAM. *The STEAM Journal*, 3(1), 33.
- Ramaswamy, S., Harris, I. and Tschirner, U. (2001). Student peer teaching: an innovative approach to instruction in science and engineering education. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 165-171.
- Reynolds, B., Mehalik, M. M., Lovell, M. R. and Schunn, C. D. (2009). Increasing student awareness of and interest in engineering as a career option through design-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 25, 788-798.
- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M. and Harbor, J. (2009). Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. *International Journal Of Engineering Education*, 25(1), 181-195.
- Roth, W. M. (2001). Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 768-790.
- Sanne, F., Risheim, I. and Impelluso, T. (2019). Inspiring engineering in the K -12: biomimicry as a bridge between math and biology. *Proceedings of the ASME 2019 International Mechanical Engineering & Exposition*. Bergen, Norway, 8 - 14 November 2019.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*. 68(4), 20-26.
- Sarı, U., Alıcı, M. ve Şen, Ö. (2018). The effect of stem instruction on attitude, career perception and career interest in a problem-based learning environment and student opinions. *Electronic Journal of Science Education*, 22(1), 1-21.
- Sarı, U. ve Kırındı, T. (2019). Fizik öğretiminde arduino kullanımı: elektrik direncinin sıcaklık bağımlılığını incelemek için arduino tabanlı fizik deneyi. *Bilgisayar ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 7 (14), 698-710.
- Savran Gencer, A. (2015). Fen eğitiminde bilim ve mühendislik uygulaması: fırıldak etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED)*, 5(1), 1-19.

- Savran Gencer, A., Doğan, H., Bilen, K. ve Can, B. (2019). Bütünleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45(45), 38-55.
- Seren, S. ve Veli, E. (2018). 2005 Yılı itibariyle değişen fen bilimleri dersi öğretim programlarında stem eğitime yer verilme düzeylerinin karşılaştırılması. *Journal of STEAM Education*, 1(1), 24-47.
- Schnittka, C. and Bell, R. (2010). Engineering design and conceptual change in science: addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- Shimomura, M. (2010). New trends in next generation biomimetics material technology: learning from biodiversity. *Sci Technol Trends Q Rev*, 37, 53-75.
- Solberg, V. S., Kimmel, L. G. and Miller, J. D. (2012). Pathways to STEMM support occupations. *Peabody Journal of Education*, 87(1), 77-91. doi: 10.1080/0161956x.2012.642275
- Sorlu, Ö. (2010). İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin Egzotik Bitki Envanteri ve Endüstriyel Biyotasarıma Katkıları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 335s.
- Subsoontorn, P., Ounjai, P., Ngarmkajornwiwat, P., Sakulkueakulsuk, B., Pensupha, N., Surareungchai, W. and Pataranutaporn, P. (2018). Hack Biodesign: An Integrative STEAM Education Platform for Biology, Engineering, and Design. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Wollongong, Australia, 4 - 7 December 2018, 1016-1021.
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 373-394.
- Sumrall, W. J., Sumrall, K. M. and Robinson, H. A. (2018). Using biomimicry to meet NGSS in the lower grades. *Science Activities*, 55(3-4), 115-126.
- Tank, K., Moore, T. and Strnat, M. (2015). Engineering encounters: nature as inspiration. *Science and Children*, 53(2), 72-78.
- Tarkın-Çelikkıran, A. ve Aydın-Günbatar, S. (2017). Kimya öğretmen adaylarının fetemm uygulamaları hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1624-1656.
- Tekbıyık, A. ve Akdeniz, A. R. (2008). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programını kabullenmeye ve uygulamaya yönelik öğretmen görüşleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 2(2), 23-37.
- Tekbıyık, A. ve Çakmakçı, G. (2018a). Fen Bilimleri Öğretimi ve STEM Etkinlikleri. Nobel Akademik Yayıncılık. Yayın No:2122, 1.Baskı, ISBN:987-605-7928-31-3, 428s., Karahan, E., Canbazoglu Bilici, S. (Ç. Ed.), 266-282.

- Tekbıyık, A. ve Çakmakçı, G. (2018b). Fen Bilimleri Öğretimi ve STEM Etkinlikleri. Nobel Akademik Yayıncılık. Yayın No:2122, 1.Baskı, ISBN:987-605-7928-31-3, 428s., Şardağ, M., Ecevit, T., Top, G., Kaya, G., Çakmakçı, G. (Ç.Ed.), 240- 263.
- Tekbıyık, A. and Celik, M. (2019). Education for sustainable development in primary school: improvement of students ecocriticism skills. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 5(2), 178-191.
- Thomas T. A. (2014). Elementary Teachers' Receptivity to Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the Elementary Grades. Published PhD Thesis, University of Nevada, The Graduate School, Virginia, Reno, ABD, 192p.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. and Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190-205. doi: 10.1016/j.tate.2017.12.014
- Toluk, Z. (2003). Üçüncü uluslararası matematik ve fen araştırması (TIMSS): Matematik Nedir. *İlköğretim-Online*, 2(1), 36-41.
- Uçman, O. (2019). Uluslararası Bakalorya İlk Yıllar Programını Uygulayan Okullar İle MEB Öğretim Programı Uygulayan İlkokulların Etkili Okul Özelliklerinin ve Öğretmen Mesleki Motivasyonlarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 118s.
- Ulusoy, G. (2007). Disiplinler arası araştırma ve eğitim. Yaşar Üniversitesi, ISBN 978-975-6339-10-7, Coşkun C. (Ç. Ed.). Değişim Çağında Yüksek Öğretim: Global Trendler - Paradigmal Yönelimler, 389-398.
- URL-1 (2019). https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_bio_lesson05_activity1 (05.11.2019)
- URL-2 (2019). http://www.greeneducationfoundation.org/institute/lesson-clearinghouse/457-biomimicry_the_nature_of_genius.html (05.11.2019)
- URL-3 (2020). https://tr.wikipedia.org/wiki/Akademik_disiplin (12.02.2020)
- URL-4 (2020). <http://fatihprojesi.meb.gov.tr/about.html> (26.02.2020)
- URL-5 (2020). <http://www.eba.gov.tr/> (26.02.2020)
- URL-6 (2019). http://www.greeneducationfoundation.org/institute/lesson-clearinghouse/457-biomimicry_the_nature_of_genius.html (05.11.2019)
- URL-7 (2019). <https://asknature.org/resource/biomimicry-in-youth-education-a-resource-toolkit-for-k-12-educators/> (12.11.2019)
- URL-8 (2019). <https://www.youtube.com/watch?v=du8ISOacLDQ> (09.11.2019)

- Uzun, B. (2010). Fen ve Teknoloji Öğretiminde Kavramsal Değişim Stratejilerine Dayalı Olarak Maddenin Yapısı ve Özellikleri Konusunun öğretimi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 339s.
- Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. and Malone, J. (2000). Bridging the boundaries of compartmentalised knowledge: student learning in an integrated environment. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 23-35. doi: 10.1080/713694958
- Yakışan, M. ve Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4.sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(2), 727- 753.
- Yamak, H., Bulut, N. ve Dünder, S. (2014). 5.sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265. doi: 10.17152/gefd.15192
- Yaman, H., Bahar, M., Durmuş, S., Yılmaz, M., Özyurt, Y. ve Demir, N. S. (2018). Fen ve matematik öğretmen adaylarının fen ve matematik entegrasyonuna yönelik algılarının ve uygulama yeterliklerinin belirlenmesi. *Turkish Studies (Elektronik)*, 13(4), 1305-1340. doi: 10.7827/TurkishStudies.12730
- Yang, X. (2016). Nature-Inspired Computation in Engineering. Springer, ISBN 978-3-319-30235-5, He, X. and Yang, X. (Ç.Ed.), 1-20.
- Yazar, F. (2019). STEM Yaklaşımının Fen Derslerine Yansımasına Yönelik Bir Uygulama: Çocuk Üniversitesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye, 112s.
- Yenilmez, K. ve Balbağ, Z. (2016). Fen bilgisi ve ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının STEM'e yönelik tutumları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(4),301-307.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2).
- Yıldırım, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practice*, 7(34), 23-33.
- Yıldırım, B. ve Türk, C. (2018). Sınıf öğretmeni adaylarının STEM eğitime yönelik görüşleri: uygulamalı bir çalışma. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 195-213. doi: 10.24315/trkefd.310112
- Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 63-90.
- Yıldız, H. (2012). Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Yeri ve Metodolojisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 143s.

Zari, M. P. (2007). Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. *Yeni Zelanda*, 33-41.

White, B. Y. and Frederiksen, J. R. (1989). Causal models as intelligent learning environments for science and engineering education. *Applied Artificial Intelligence*, 3(2-3), 167-190. doi: 10.1080/08839518908949923



EKLER

EK 1. Araştırma ve Tez Çalışması İzni

	T.C. ERZURUM VALİLİĞİ İl Millî Eğitim Müdürlüğü	
Sayı : 36648235-605.01-E.23576875		28.11.2019
Konu : Araştırma ve Tez Çalışması İzni		
DAĞITIM YERLERİNE		
İlgi: a) 18/11/2019 tarihli ve E.2683 sayılı yazınız. b) 19/11/2019 tarihli ve 1900331165 sayılı yazınız.		
İlgi yazılar gereği, Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesi Araştırmacılarından Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Necip Fazıl ALPEREN'in Tekman İlçesinde bulunan resmi ortaokul, resmî imam-hatip ortaokulu öğrencilerine yönelik; "Ortaokul 5. Sınıf Bilim Uygulamaları Dersine Yönelik STEM Temelli Bir Öğretim Tasarımı: Doğadan İlham Alan Teknolojiler" adlı çalışması ile Atatürk Üniversitesi Araştırmacılarından İletişim Fakültesi Halkla İlişkiler ve Tünetim Bölümü öğrencileri Hilal BİRDEL, Aleyşa KELLEVEZİR, Dilara KÜÇÜKOĞLU ve Gamze TAŞÇI'nın Çat İlçesi, Yavi Gökçeşeyh İlkokulu öğrencilerine yönelik; "Uzun Hayat Yakın Gelecek" konulu çalışmalarının kabulüne ilişkin, 26/11/2019 tarihli ve 23371124 sayılı Valilik Oluru yazımız ekinde gönderilmiştir. Bilgilerinize arz ederim.		
Safih KAYGUSUZ İl Millî Eğitim Müdürü		
Ek:		
1-İlgi (a) (8 sayfa)		
2-İlgi (b) (2 sayfa)		
Dağıtım:		
Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesine (Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı) Atatürk Üniversitesi Rektörlüğüne (Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)		
Güvenli Elektronik İmza Ash 1 Ayvazlı 29.11.2019 Selen DİDİ		
Yürürlük Çatı Valilik Binası Kat:4 Yakutiye ERZURUM İletişimlik Adı: http://erzurum.meb.gov.tr e-posta: irtis@25.ozeneb.gov.tr		
Ayrıntılı bilgi için: AR-GE Birim Tel: 03 442 234 4883-179 Faks: 03 442 235 1011		
Her türlü güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://cekkim.meb.gov.tr adresinden e40f-0c89-3f26-8f20-a1bc kodu ile teyit edilebilir.		

EK 1 (devamı).



T.C.
ERZURUM VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 36648235-605.01-E.23371124
Konu : Araştırma ve Tez Çalışması İzni

26/11/2019

VALİLİK MAKAMINA

- İlgi: a) Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesi Rektörlüğünün 18/11/2019 tarihli ve E.2683 sayılı yazısı.
b) Atatürk Üniversitesi Rektörlüğünün 19/11/2019 tarihli ve 1900331165 sayılı yazısı.

İlgi yazılar gereği, Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesi Araştırmacılarından Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı/Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Necip Fazıl ALPEREN'in Tekman İlçesinde bulunan resmi ortaokul, resmî imam-hatip ortaokulu öğrencilerine yönelik: "*Ortaokul 5. Sınıf Bilim Uygulamaları Dersine Yönelik STEM Temelli Bir Öğretim Tasarımı: Doğadan İlham Alan Teknolojiler*" adlı çalışması ile Atatürk Üniversitesi Araştırmacılarından İletişim Fakültesi Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü öğrencileri Hilal BİRDEL, Aleyna KELLEVEZİR, Dilara KÜÇÜKOĞLU ve Gamze TAŞÇI'nın Çat İlçesi, Yavi Gökçeşeyh İlkokulu öğrencilerine yönelik: "*Uzak Hayal Yakın Gelecek*" adlı çalışmalarını için uygulama yapma talebinde bulunmuşlardır.

İlgi yazılar ve ekleri, Bakanlığımızın 12/09/2017 tarihli ve 13610717 (2017-25) sayılı genelgesi çerçevesinde Komisyonumuzca incelenmiş olup, "*Araştırmaların, Eğitim Öğretim Faaliyetlerinin Akıtmayacak Şekilde*", komisyon kararlarında belirtilen veri toplama araçlarının kullanılarak, her iki araştırmacısında veli izni alınması şartıyla uygulama yapılması, yapılan çalışmalarının sonuçlarının birer örneğinin Müdürlüğümüz, Strateji Geliştirme Şube Müdürlüğü (AR-GE Birimi)'ne gönderilmesi ve çalışmaların bir eğitim öğretim yılına kapsayacak şekilde yapılması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde; Olurlarınıza arz ederim.

Salih KAYGUSUZ
İl Millî Eğitim Müdürü

OLUR
26/11/2019

Önder COŞGUN
Vali a.
Palandöken Kaymakamı
Vali Yardımcısı V.

Ek: İlgi Yazılar (2 adet dosya)

Yürürlük Cad. Valilik Binası Karşı Yakarıya ERZURUM
Elektronik Adı: <http://erzurum.meb.gov.tr>
e-posta: erz27@meb.gov.tr

Ay-yıldız İktisadi ve Ticari Bilimler
Tel: (0 442) 234 4000-179
Faks: (0 442) 235 1632

Bu e-tilde güvenli elektronik ortamda imzalanmıştır. <https://resmi.mep.gov.tr> adresinden: 6d9c-e1c6-345f-9119-5976 kodu ile teyit edilebilir.

EK 1 (devamı).

FORM:2		
T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü		
ARAŞTIRMA DEĞERLENDİRME FORMU		
ARAŞTIRMA SAHİBİNİN		
Adı Soyadı	Necip Fazıl ALPEREN	
Kurumu / Üniversitesi	Recep Tayyip ERDOĞAN Üniversitesi	
Araştırma yapılacak iller	Erzurum	
Araştırma yapılacak eğitim kurumu ve kademesi	Tekman İlçesi'nde bulunan resmi ortaokul, resmi imam-hatip ortaokulu	
Araştırmanın konusu	Ortaokul 5. Sınıf Bilim Uygulamaları Dersine Yönelik STEM Temelli Bir Öğretim Tasarımı: Doğadan İlham Alan Teknolojiler	
Üniversite / Kurum onayı	Kurum Onayı İle	
Araştırma / Proje /Ödev / Tez önerisi	Tez Önerisi	
Veri toplama araçları	4 ve 5. Sınıflar İçin Mühendislik Ölçeği, Mühendislik Bilgi Ölçeği 4-5. Sınıflar	
Giriş İstenilecek Birim / Birimler		
Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü'nün Araştırma, Yaratma ve Sosyal Etkinlik İzinleri konulu 2017/25 nolu genelge doğrultusunda yapılan incelemede uygulama esnasında yapılacak çalışmalar veli izni alınması şartıyla araştırmanın kabulüne karar verildi.		
Komisyon Kararı	Oybirliği ile Kabulüne	
Muhallif Üyenin Adı ve Soyadı		
KOMİSYON		
 Komisyon Başkanı Ömer Faruk PALA Şube Müdürü	 Tunc AGAVER	 Mustafa YILMAZ

EK 2. Katılımlı gözlem kapsamında uygulamalar sırasında çekilen fotoğraflar



2.Gün uygulamaları kapsamında canlılar ve canlıların sahip olduğu özellikler, günlük hayatta işlerimizi yaparken karşılaştığımız problem durumları konulu beyin fırtınası etkinlikleri yapılırken. 5 C sınıfı.



Mühendislik çalışması öneri formu doldurma etkinliği. 5A sınıfı.



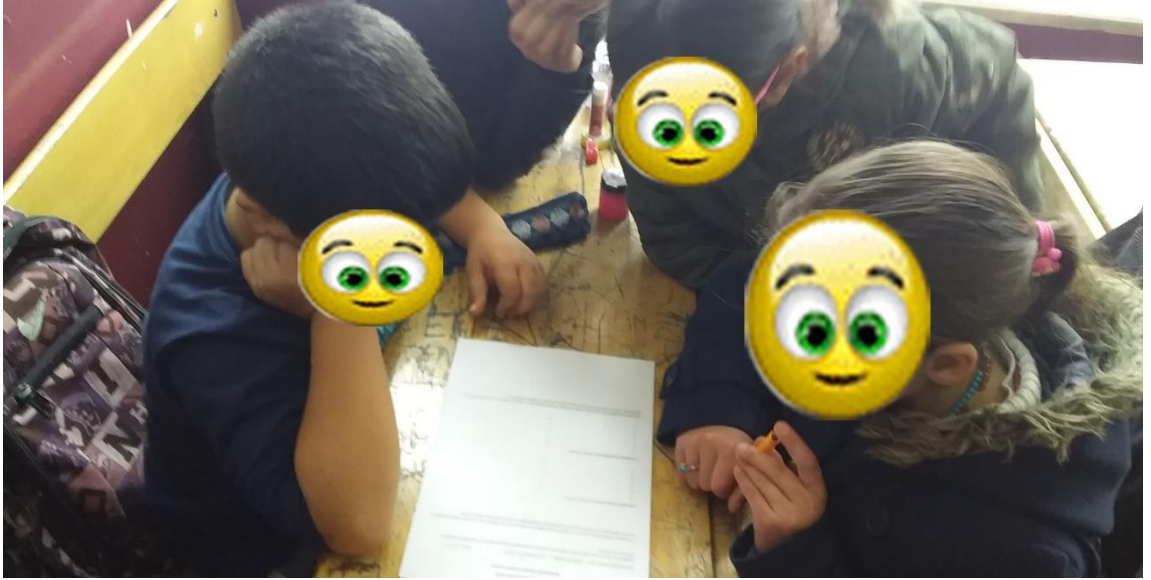
Mühendislik ve biyomimikri uygulamaları çalışma yaprağı etkinliği. 5B sınıfı



Mühendislik tasarım planı hazırlama etkinliği. 5C sınıfı



Kalem, kâğıt, bant ve yapıştırıcı gibi basit malzemeler kullanarak tasarlanan mühendislik ürününün modelini oluşturma etkinliği. 5A sınıfı.



Oluşturulmuş mühendislik modelinin zayıf ve başarılı yanlarını belirlemek üzere mühendislik modeli inceleme formu ile incelenmesi etkinliği. 5A sınıfı.



Yapılmış olunan mühendislik tasarım çalışmasının raporunu yazma etkinliği. 5A sınıfı.

EK 3. Öğretmen Kılavuz Kitapçığı

Bilim Uygulamaları Dersi Öğretim Programı

5.sınıf

Doğadan İlham Alınan Teknolojiler Öğretim Etkinliği

Öğretmen Kılavuzu

1.Gün Uygulamaları

Süre: İki ders saati (40 dk + 40 dk)

Açıklama: Bu derste öncelikle öğrencilere bilimsel bilgi ve mühendislik tasarımı hakkında bilgiler verilecektir. Bilimsel yöntem ve Mühendislik tasarım süreci arasındaki ilişkiyi anlayacaklardır. Doğadan ilham alınan teknolojilerden (Biyomimikri) kısaca bahsedilerek, bu alanın bilim ve mühendisliğe nasıl etki ettiği, hayal gücü ve yaratıcılığı desteklemesi konusunu kavrayacaklardır. Bazı biyomimikri örnekleri hakkında açıklamalar yapılacaktır.

Kazanımlar:

SBU.2.1.Bilimsel bilginin oluşturulmasında farklı bilimsel yöntemler kullanıldığını ifade eder.

SBU.4.1.Bilimsel bilginin gelişiminin her aşamasında hayal gücü ve yaratıcılığın önemini açıklar.

SBU.4.2.Mühendislikte ve teknolojinin gelişiminde hayal gücü ve yaratıcılığının önemini farkına varır.

Hedefler:

- Bilimsel bilgi ve Mühendislik Tasarımını açıklar.
- Bilimsel yöntem ve Mühendislik tasarım süreci arasındaki ilişki kavrar.
- Doğadan ilham alan teknolojilerin (Biyomimikri) farkına varır.
- Biyomimetik tasarıma örnek verir.
- Biyomimikrinin Bilimde ve Mühendislikte hayal gücü ve yaratıcılık üzerindeki önemini kavrar.

Materyaller:

- Dosya kâğıdı
- Kalem
- Bilimsel bilgi ve Mühendislik tasarımı tanıtım slaytı

- “BİYOMİMİKİRİ- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - YouTube” adlı video.
İnternette arama motoruna “biyomimikri örnekleri” şeklinde bir video araması yaptırılarak biyomimikri örnekleri ile ilgili bir video bulunarak ders etkinliği için kullanılabilir.

Konu İçeriği: İnsanlar merak ettikleri şeyler hakkında soru sormaktadırlar. Bilim bir insanın bir şey hakkında soru sormasıyla başlamaktadır. İnsanların sorduğu soruların bir yöntemle göre sistemli bir şekilde cevaplanmasıyla ortaya bilimsel bilgi çıkmaktadır. Soru sorulması beraberinde bir takım ihtiyaçları da ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak üzere sistemli bir şekilde araç - gereç geliştirme işlemine ise mühendislik denilmektedir.

Bilim bir problemin çözümü için açıklamalar yapar. Bilimsel açıklamaları yapan kişilere “bilim insanı” denilmektedir. Mühendislik ise o problemin çözümü için araç - gereç geliştirilmesi sonucu ihtiyaçların karşılanması ile gerçekleşmektedir. Geliştirilen araç - gereçler “ürün” olarak adlandırılır. Ürünlerin ortaya konulması için yapılan işe ise “mühendislik tasarımı” denilmektedir. Mühendislik tasarımı yapan kişilere “Mühendis” denilmektedir.

Bilimin bir problemi açıklaması işlemine “bilimsel yöntem” denilmektedir. Mühendisliğin ise o probleme çözüm yolu olabilecek ürünleri geliştirmesi işlemine “Mühendislik tasarım süreci” denilmektedir. Bu işlemler genel hatları ile birbirine benzemektedir. Her iki alanda da önce bir problem durumu (merak edilen soru, karşılanması gereken bir insan ihtiyacı) belirlenmektedir. Mühendisler başka mühendislerin yaptığı tasarımları inceleyerek muhtemel çözüm yolu olacak tasarımı hayal etmeye çalışırken, Bilim İnsanları ise önceden yapılmış bilimsel raporları okuyarak problemin açıklamasına temel oluşturacak verileri toplar. Mühendisler muhtemel çözüm yoluna yönelik bir takım çizimler, hesaplamalar yaparak planlar oluştururlar. Bilim insanları ise muhtemel açıklama için bir takım denenmemiş açıklamalar ortaya atar, bu denenmemiş açıklamalara hipotez oluşturmak denilmektedir. Ardından bu hipotezlerin muhtemel olguların nasıl açıklanacağına dair tahminler yapmaktadır. Bu açıklamalar mühendislerin uygulanmamış plan ve tasarımları gibidir. Mühendisler planlarını uygulayarak ortaya bir ürün koyarlar, Bilim insanları ise kontrollü deneyler yaparak hipotezlerinin geçerliliğini denerler. Sonucunda Mühendisler ortaya koydukları ürünü yeniden inceleyerek eksiklerini bulur, bilim insanı ise deney sonucu elde ettiği verileri inceleyerek açıklayamadığı şeyleri bulur. Böylece ortaya yeni problemler çıkarak süreç

başı dönmektedir.

Hem mühendislikte hem de bilimde genel süreç bu şekilde işlemektedir. Bu süreç her bilim insanı ve mühendise göre farklı bir şekilde işleyebilir. Herkes kendi çalışma yöntemini ve stratejisini kendi belirleyerek bu süreç üzerinde kendine uygun değişiklikler yapabilir. Örneğin genel süreç problemi bulduktan sonra bir takım incelemeler yapmak şeklindeyken kimi bilim insanı ve mühendisler önce bir takım incelemeler yaparak bir problem durumu ortaya koyabilirler. Bu tamamen çalışacak olan kişinin hayal gücüne bağlı bir durumdur. Hayal gücü ve yaratıcılık sürecin her aşamasında çalışacak olan kişi için önem arz etmektedir. Bir problem durumu bulabilmek için önce bir sorunu görmek, bunu hayal etmek gerekmektedir. Uygun çözüm yolu veya açıklamaları düşünmek için bunları hayalinizde canlandırmanız gerekmektedir. Sonucunda ortaya koyulan bilimsel rapor veya ürün hayal gücü sonucu ortaya çıkmış ürünlerdir.

Mühendisler bir problemin çözülmesine yönelik tasarım yapmak için öncelikle bu tasarımların fikirlerini ortaya koymaları gerekmektedir. Fikirler ortaya koyulması için yapılan çalışmalardan bazıları: başka mühendislerin yapmış olduğu çalışmaları incelemek, problemin çözümü için yapılan bilimsel açıklamaları okumak, çevrede bu tasarıma fikir kaynağı olabilecek her şeyi incelemek şeklindedir. Çevreyi inceleme işi çoğunlukla doğayı incelemek şeklinde de ortaya çıkmaktadır. Mühendisler doğayı inceleyerek yapacakları tasarımlar hakkında birçok fikir ortaya koymaktadırlar. Doğayı fikir kaynağı olarak kullanma davranışı birçok mühendislik tasarımının doğrudan doğadan esinlenerek ortaya koymasına sebep olmaktadır. Yusufçuk Böceklerinin incelenmesi ile helikopterlerin geliştirilmesi, yırtıcı kuşların kanat yapılarının incelenerek uçakların geliştirilmesi taşımacılık ve seyahatte büyük bir gelişime sebep olmuştur. Yunuslar ve Yarasaların işitilemeyecek kadar ince ses dalgalarını algılayarak önlerindeki çevrelerindeki nesneleri algılamalarından deniz tabanında bulunan nesnelerin yerini gösteren Sonar adı verilen cihazların geliştirilmiştir. Bu örnekleri istediğimiz kadar çoğaltmak mümkündür. Bu örnekler incelendiğinde doğanın mühendisler ve bilim insanları için sonsuz bir hayal gücü ve ilham kaynağı olduğu görülmektedir.

Doğanın ilham kaynağı olarak kullanılması durumunda ortaya biyomimikri kavramı çıkmaktadır. Biyomimikri; kısaca bir problemini çözümü ve açıklanması için doğanın örnek alınması şeklinde tanımlanabilir. Hayal gücü ve yaratıcılığı desteklemesi, olayların ve olguların işleyişi konusunda fikir vermesi, uygun tasarımların belirlenmesi bakımından bilimin ve mühendisliğin temelini oluşturmaktadır.

Ders uygulama adımları: Dersin uygulanmasında aşağıdaki adımlar izlenecektir:

1. Derse bir beyin fırtınası etkinliği ile başlanır (15 dk).
Tahtayı iki eşit parça olarak düşünerek, bir tarafını ortalayarak “Bilim”, diğer tarafını ortalayarak “Mühendislik” kavramlarını yazarak aşağıdaki soruları sorarak bir beyin fırtınası etkinliği başlatılır. Sorulara verilen cevaplar her biri tek kelime olacak şekilde ilgili kavramın altına yazılır.
 - i) Bilim deyince aklınıza ne geliyor?
 - ii) Mühendislik deyince aklınıza ne geliyor?
 - iii) Bilim İnsanı neye benziyor?
 - iv) Mühendis neye benziyor?
 - v) Hayal gücü ve yaratıcılık bu iki alanı ne şekilde etkilemektedir?
 - vi) Bu iki alanın doğa ile bir ilişkisi var mıdır?
2. Tahtada yazılan ifadeler hakkında açıklamalar yapılır. “Sizlerin düşündüğünüz, hayal ettiğiniz bilim ve mühendislik tanımında ... özellikler bulunmaktadır.” Şeklinde açıklama yapıldıktan sonra “Bilim ve Mühendislik konusunda az çok bir fikre sahibiz, en azından bu kavramları hayatımızda birkaç defa duymuşuzdur. O halde bakalım bilim ve mühendislik nedir, beraber görelim.” şeklinde bir konuşma yapılarak konu bağlanır. Ardından “Bilimsel yöntem ve Mühendislik tasarımı” adlı slayt açılarak sunum yapılır. Slaytta her sayfada uygun açıklamalar yapılarak bilim ve mühendislik hakkında ayrıntılı bilgiler verilecektir. (25 dk)
3. Slayt ile yapılan sunumda bahsedilen bilgiler kısaca özetlenir. (5 dk)
4. Sunumda merak ettikleri ve sormak istedikleri şeyleri sormaları istenir. (5 dk)
5. “Artık bilim ve mühendisliğin ne olduğu konusunda bir fikre sahibiz. Bilim insanları ve mühendisler problem durumunu bulmak, çözüm yollarını ve hipotezlerini test etmek için bir takım yöntemler kullanırlar. Bu yöntemlerden birisi de doğayı incelemektir. Doğa bilim insanları ve mühendisler için her zaman ilham kaynağı olmuştur. Böylece doğaya bakarak yeni şeyler hayal edebilmektedirler. Doğadan ilham alınarak tasarlanmış birçok teknoloji örnekleri vardır, şimdi beraber bu örneklerden bazılarını göreceğiz.” Şeklinde açıklama yapılır. Ardından bilgisayardan “BİYOMİMİKRİ- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - YouTube” adlı video açılır. Gerekli görülmesi durumunda video duraklatılarak bahsedilen örnekler hakkında açıklama yapılabilir, bu konuda öğrencilerin fikirleri alınabilir. Örneklerden yola çıkarak biyomimikrinin hayal gücü ve yaratıcılığı etkilemesine dikkat çekilir.(10 dk)
6. Sınıf heterojen gruplara ayrılır. Her grupta 4 - 5 öğrenci olacak şekilde, tüm sınıfta toplam 4 - 5 grup olacak şekilde gruplar oluşturulur. (10 dk)
7. Gruplara aşağıdaki yönerge ve açıklamalar sunulur (10 dk)
 - i) Grup üyeleri olarak kendinize bir sözcü seçiniz.
 - ii) Her grubun üyeleri kendi gruplarına bir isim versinler.
 - iii) Her grup kendilerine dağıtılan dosya kâğıtlarına okunaklı bir şekilde gruplarının adlarını, grup başkanlarının adlarını ve grupta yer alan üyelerin adlarını yazmalarını isteyin.
 - iv) Devam eden 3 gün boyunca yapılacak etkinliklerde bu gruplarda devam etmek durumunda olduklarını, bu grupları etkinlikler sırasında değiştiremeyeceklerini bildirilir.

- v) Grup arkadaşları ile ilgili bir sorun beyan etmeleri durumunda sorunlarını hemen o an çözmeye çalışılır. Sorunları çözerken grupların heterojen yapısını korumaya dikkat edilir.
- vi) Bu gruplarda bir takım etkinlikleri grup olarak yapmaları gerektiğini bildirilir.
- vii) Grup bilgilerini yazdıkları kâğıtları öğrencilerden toplayın.



2.Gün Uygulamaları

Süre: İki ders saati (40 dk + 40 dk)

Açıklama: Bu derste öğrencilere Mühendislerin doğadan ilham alarak tasarımlarını nasıl geliştirdikleri hakkında uygulamalı etkinlikler yaptırılacaktır. Kendi çevrelerinde bulunan canlıların bazı özelliklerini değerlendirecekler, bu özellikleri yine bazı problemlerle eşleştireceklerdir. Doğadan ilham alınarak bir mühendislik tasarım sürecinin nasıl başladığı konusunda bilgi sahibi olacaklardır. Etkinliğin devamında bir mühendisin tasarım yaparken uyması gereken kısıtların neler olduğu konusunda bilgiler verilecektir.

Kazanımlar:

SBU.7.1.Sosyoekonomik, kültürel ve çevresel bağlamın bilimsel bilginin gelişim veya pratiğe dönüştürülmesine olan etkisini tartışır.

Hedefler:

- Bir mühendis ve bilim insanı gibi doğayı gözlemler.
- Kendi gözlemleri sonucu doğadan ilham alarak bir problem durumu oluşturur.
- Hayal gücü ve yaratıcılıklarını kullanarak bir tasarım önerisi oluşturur.
- Mühendislik tasarımını etkileyen kısıtların neler olduğu konusunda fikir geliştirir.
- Bilimsel bilginin pratiğe dökülmesi sürecinde mühendislik tasarım fikirleri geliştirir.

Materyaller:

- Dosya Kâğıdı
- Kalem
- Mühendislik çalışması öneri formu
- Mühendislik kısıtları slaytı

Konu İçeriği: Çevremizde bitki, hayvan ve diğer canlılar olarak birçok canlı bulunmaktadır. Bunlar doğada varlıklarını sürdürebilmek için birçok özellik geliştirmişlerdir. Bazı bitki türlerinin yaprakları her zaman temiz kalmaktadır. Örümceklerin ağ yapmak için salgıladıkları iplikler, kalınlıkları ile dayanıklılıkları kıyasladığında çelik halatlardan daha sağlamdırlar. Ayçiçekleri ve Günebakan Bitkisi çenek yapraklarını sürekli güneşe doğru çevirirler. Bu özellikler mühendislere de birçok problemin çözümü yönünden fikir vermiştir. Bitki yapraklarının temiz kalmasından

sürekli temiz kalan, kendini temizleyen duvar boyaları üretilmektedir. Örümceklerin salgıladıkları güçlü iplikler örnek alınarak boğaz köprüsü gibi büyük köprüler için çok güçlü halatlar geliştirilmiştir. Bazı bitkilerin gün içerisinde sürekli güneşi takip etmelerinden, sürekli güneşi takip ederek daha fazla elektrik üreten güneş enerjisi sistemleri geliştirilmiştir. Bu örnekleri çoğaltmak her zaman mümkündür. Bu şekilde Mühendisler olarak tasarımlarında doğayı fikir kaynağı olarak kullanmaya kısaca biyomimikri denilmektedir. Biyomimikri, mühendislerin hayal etmelerini kolaylaştıran bir şey olduğu söylenebilir.

Bilim ile doğada gerçekleşen olayları açıklamak, mühendislik ile bu ortaya çıkan bilgileri bir ürüne dönüştürmek hayal gücü ve yaratıcılık ile beraber, doğayı inceleme ile bir süreç oluşturmaktadır. Doğa incelenerek bir soru sorulur. Bu sorular problem durumu olarak adlandırılır. Problem durumu, bilim için açıklanması gereken bir olay, mühendislik için bir ihtiyaçtır. Duvar boyalarının çok kolay kirleniyor olması bir ihtiyaçtı. Doğada bazı bitkilerin incelenmesi ise mühendislere bu ihtiyacı hatırlatmıştır. Bilim insanları bu ihtiyacı çözmeye yönelik araştırma yapıp, bitkilerin bunu nasıl yaptıklarına bir açıklama getirmeye çalışmışlardır. Mühendisler ise bu açıklamalardan yararlanarak ihtiyacı gidermeye yönelik bir ürün geliştirmişlerdir. Bu ürün ise hiç kirlenmeyen duvar boyaları olmuştur. Bu ihtiyacın giderilmesi bu sürecin bittiğini göstermemektedir. Çünkü kirlenmeyen duvar boyalarının incelenmesi akla yeni sorular getirmektedir. Bu sorulara uygun bir açıklama getirmek ve uygun ürünler geliştirmek için süreç başa dönmektedir. Bilim ile yapılan açıklamalar mühendislik ile insan ihtiyaçlarını karşılayan ürünlere dönüşürken, mühendislikte ürünlerin geliştirilmesi daha fazla bilimsel bilgi üretilmesine sebep olmaktadır. Bu da sürecin sürekli olarak tekrarlayarak devam etmesine sebep olmaktadır.

Diğer mühendislerin ve bilim insanlarının yapmış olduğu çalışmaları incelemek, doğada oluşan olguları gözlemlemek beraberinde bir soru sormayı sağlamaktadır. Bilim bu sorulara uygun cevaplar ve açıklamalar ararken mühendislik ise bu şekilde ortaya koyulan bilgileri bir ürün oluşturma ile pratiğe dönüştürmektedir. Pratiğe dönüştürülerek ürün elde edilmesi ile daha fazla bilimsel bilgi elde etmeye olanak sağlanmaktadır. Süreç bu şekilde devam ederken bilim insanları ve mühendislerin bazı kısıtlamaları göz önünde bulundurularak çalışmaları gerekmektedir. Bu kısıtlar, sosyoekonomik durum, kültürel yapı, çevresel olanaklar, bir müşteri veya ekonomik destek sunan birisinin bulunması, insanların ihtiyacı gibi birçok durum yapılacak çalışmaları kısıtlamaktadır. Örneğin bir

ülkenin ekonomik yapısı uzay araştırmaları gibi pahalı bir çalışma alanına yetersiz kalıyorsa, bu araştırmalar için para sağlayacak bir kurum da yoksa uzay araştırmaları o ülkede yapılamayacaktır. Neticede uzay araştırmaları sonucu geliştirilen mühendislik ürünleri olan cep telefonları, hızlı mobil internet bağlantıları, küresel konum bulma (Navigasyon) sistemleri de geliştirilmemiş olacaktır. Ayrıca bazı ülkelerin kültürlerinde gökyüzünü incelemenin uğursuzluk getireceği yönünde bir inanış bulunmaktadır. Bu ülkelerde de bu bilimsel ve mühendislik çalışmalarının yapılması zorlaşacaktır. Bilim insanları ve mühendislerin bu gibi birçok durumu göz önünde bulundurmaları, çalışmalarını bu yönde yapmaları gerekmektedir. Aksi takdirde çalışmalarını yapmaları ya zorlaşacaktır, ya da bu çalışmalar destek bulamayacaktır.

Ders uygulama adımları:

1. Kğit - kalem etkinliği ile grup içi beyin fırtınası etkinliği yapılacaktır. (20 dk)
Her grup, ellerinde bulunan dosya kğitlarına grup adlarını yazdıktan sonra ikiye bölmeleri istenir.
Her gruptan, yaşadıkları yerlerin yakın çevrelerinde gün içerisinde gördükleri canlıları düşünmeleri istenir. “Bu canlıların sahip olduğu özellikler nelerdir?” sorulur. Her grup, kendi yeleri arasında bu soru üzerinde tartışarak buldukları bilgileri dosya kğidına uygun bir başlık altında maddeler halinde sıralamaları istenir. Grup tartışmaları yapmaları için 20 dk’ları olduğu bildirilecek, etkinlik sırasında her gruba ğretmen rehberlik yapacaktır.
2. Kğit - kalem etkinliği ile grup içi beyin fırtınası etkinliği başka bir soru ile devam edecektir. (20 dk)
“Günlük hayatta işlerinizi yaparken karşılaştığınız sorunlar nelerdir?” sorusu sorularak grup içi tartışmalara devam etmeleri istenecektir. Soruyu daha kolay anlamaları için sıcak yemeğin konulduğu tabağa dokununca ellerinin yanması, yolların karla kapandığı için ulaşımın zorlaşması gibi bir takım örnekler verilir. Grup tartışmaları ile bu şekilde bulabildikleri kadar örnekler bulup dosya kğidına bu buldukları örnekleri de maddeler halinde not etmeleri istenir. Bu etkinlik için de 20 dk sürelerinin olduğu belirtilir. Etkinlik sırasında her gruba ğretmen rehberlik yapacaktır.
3. Sunum etkinliği yapılacaktır. (15 dk)
“Her grup kendi çevrelerinde bulunan birçok canlının zelliliğini hatırlayıp not etti, aynı zamanda da günlük hayatta karşılaştığımız birçok problemi not ettik. Mühendislik sürecinin başlayabilmesi için ise çalışabilecek uygun bir problem durumu bulmamız gerekmektedir. Bu problem durumunu bulmak için ise bazı kısıtlayıcı durumları göz önünde bulundurmamız gerekir. şimdi beraber bu durumların neler olduğunu ğrenelim.” Benzeri bir açıklama yaptıktan sonra “Mühendislik kısıtları” adlı slayt açılarak sunum yapılır. Sunum sırasında öğrencilerin sorduğu sorular kısaca cevaplanır.
4. Mühendislik alışması nerisi hazırlama etkinliği yapılacaktır. (25 dk)
Sunum bittikten sonra öğrencilerin tekrar grup etkinliklerine dönmeleri istenilir. nceki not ettikleri şeylerin yanında sunum sırasında uymaları gereken kısıtları da

göz önünde bulundurarak uygun bir problem durumu seçmeleri istenilir. Her gruba birer adet “Mühendislik Çalışması Öneri Formu” dağıtılır. Bu formda yer alan soruları cevaplayarak Problem durumu, muhtemel çözüm yolları ile ilgili kısımları doldurarak bir mühendislik önerisi oluşturmaları istenecektir. Etkinlik sırasında her gruba öğretmen tarafından rehberlik yapılacaktır. Etkinlik sonunda öğretmen her grubun doldurduğu formu toplayacaktır.



3.Gün Uygulamaları

Süre: İki ders saati (40 dk + 40 dk)

Açıklama: Bu derste öğrenciler, mühendislik tasarımlarında disiplinler arası ilişkinin önemini fark edeceklerdir. Problemin belirlenmesi, planların yapılması ve ürün modelinin geliştirilmesi aşamalarında disiplinler arası ilişkiden bahsedilecektir. Mühendislik çalışmasında planlama yapma hakkında bilgi edinilerek planlama çalışmalarına örnekler geliştireceklerdir. Kendi mühendislik tasarımı planlarını geliştireceklerdir.

Kazanımlar:

SBU.7.8.Disiplinler arası ilişkileri kullanır.

Hedefler:

- Mühendislik tasarımında disiplinler arası ilişkiyi anlar.
- Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik ilişkisinin farkına varır.
- Disiplinler arası ilişkiyi kullanarak mühendislik tasarım planı hazırlar.
- Kendi belirlediği bir problem durumunun çözümü için fikirler geliştirir.
- Ortaya attıkları fikirleri hayata geçirmeye yönelik mühendislik tasarım planı yapar.
- Mühendislik planı yaparken çevre çevresel faktörler, dayanıklılık, kullanılabilirlik, ekonomik olanaklar, müşteri istekleri, planın uygulanabilirliği gibi dikkat edilmesi gereken kriterleri göz önünde bulundurur.
- Planında kullanılacak malzemeler, uygulanacak tasarımlar, maliyet analizi gibi detaylara yer verir.

Materyaller:

- Kalem
- Boya kalemleri
- Silgi
- A3 ve A4 boyutunda kâğıtlar
- Cetvel
- Mühendislik tasarım plan çizimleri örnek resimleri
İnternette bir arama motoruna “Mühendislik tasarım planları”, “örnek mühendislik projeleri” gibi görsel aramalar yaparak çıkan resimlerden uygun olan birkaç tanesini seçilebilir.
- Mühendislikte disiplinler arası ilişki ve STEM slaytı
- Biyomimikri çalışma yaprağı
- Önceki gün doldurdıkları mühendislik çalışması önerisi bilgi formları

Konu İçeriği: İnsanlık yıllar boyunca birçok şey araştırmıştır. Araştırmalar ile ortaya çıkan bilgilerin belirli kategoriler altında değerlendirilmesi durumuna “Disiplin” denilmektedir. Fen Bilimleri, Matematik, Tarih, Psikoloji birer disipline örnek olarak verilebilir. Ayrıca bu disiplinlerin alt dalları olan Fizik, Kimya, Biyoloji, Astronomi, Coğrafya, Arkeoloji gibi bilim dalları da birer disiplin örneği kabul edilebilir. Mevcut bilgi birikimlerinin kategorilere ayrılmasından ortaya çıkmakta olan bu bilim dalları birbirlerinden kesin kurallar ile ayrılmış değildir. Bir bilim dalı üzerinde çalışma yapılırken sıklıkla diğer bilim dallarından da yararlanmak gerekmektedir. Tarih biliminde belgeleri incelerken bazı belgelerin yaşını tespit etmek için Kimya biliminden faydalanılmaktadır. Kimya bilimindeki birçok konu Fizik biliminde ortaya konulmakta olan doğa kanunlarına uygun olarak açıklanmaktadır. Tüm disiplinlerde Matematik kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Bir kişi belirli bir disiplin üzerinde çalışmak isterse kesin olarak o disiplinle ilişkili olarak diğer disiplinler ile de çalışmaktadır. Tüm disiplinlerin tek bir bilgi birikimi gibi birbiri ile ilişkili olması durumuna “disiplinler arası ilişki” denilmektedir.

Disiplin alanlarına örnek olarak Fen (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) alanları da örnek olarak verilebilir. Bu disiplinlerin adlarının İngilizce karşılıkları olan Science, Technology, Engineering ve Mathematics kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesi ile STEM kelimesi türetilmiştir. STEM, bu dört alanın disiplinler arası ilişki ile bir bütün olarak düşünülmesi olarak tanımlanabilir.

Fen Bilimleri ile birçok doğal olgu açıklanmaktadır. Böylece birçok mühendislik tasarımının yapılabilmesi için uygun bilgi birikimi oluşmaktadır. Matematik ile ise hem bilimsel olgular sayılarla ifade edilmektedir, hem mühendislik tasarımlarındaki ölçü ve oranlar hesaplanabilmektedir. Bu şekilde geliştirilmiş mühendislik ürünleri ise teknolojinin gelişimine katkı sağlamaktadır. Ortaya çıkan teknoloji ise daha fazla bilimsel olguyu açıklamak için olanak sağlamaktadır. Fen Bilimleri ile ışığın mercekler ve aynalar ile bir noktaya toplanabildiği, çıplak gözle algılanamayacak ışıkların gözün algılayabileceği şekle dönüştürülebileceği bulunmuştur. Matematik ile merceğin ve aynanın boyu, kalınlığı, birbirlerine uzaklığı gibi bir takım ölçüler ile ışığı kırma ve toplama miktarları arasındaki sayısal ilişki hesaplanmaktadır. Mühendisler ise bu şekilde oluşturulmuş bilgi birikimini göz önünde bulundurarak uygun tasarım planlarını hazırlayıp uygulaması ile ışık teleskobu ve mikroskop gibi ürünler üretebilmektedirler.

Üretilen bu ürünler ise birer teknoloji örneğidir. Geliştirilen bu teknoloji ile ise uzay ve mikroorganizmalar incelenerek yeni bilimsel keşifler yapılmaktadır. Böylece süreç başa dönmektedir.

Mühendislikte, bilimde de olduğu gibi tüm süreç bir problem durumunu görmekle başlamaktadır. Bu problem durumu bir insan ihtiyacıdır. Bir ihtiyacı belirlemek çoğunlukla bir bilgi birikimine sahip olmayı gerektirmektedir. Bu bağlamda bir ihtiyacı belirlemek, bu ihtiyaca uygun olan tasarım fikirlerini geliştirmek için öncelikle tüm disiplin alanlarının o ihtiyacı ne şekilde ele aldığını belirlemek gerekmektedir. Bir mühendislik çalışmasında öncelikle tüm bilim disiplinlerinde bu konu ile ilgili yazılmış bilimsel raporları incelemek gerekmektedir. Ardından diğer mühendislik disiplinlerinin bu konuda yapmış olduğu çalışmalar incelenmelidir. Bu incelemeler sonucu elde edilen tüm veri kullanılarak, matematiksel hesaplamaları da kullanarak ihtiyacı karşılamaya yönelik en uygun mühendislik tasarım planını geliştirilecektir. Mühendislik planının hayata geçirilmesi için gerekli olan malzemeler bilimsel bilgilere dayanarak belirlenir. Bu planın uygulanmasında kullanılacak araç - gereçler diğer mühendislik disiplinleri tarafından geliştirilmiş teknolojik ürünlerdir.

Genel hali ile bu şekilde yapılmakta olan bütün işlerin yürütücüsü niteliğinde ki şey ilham kaynağı ve hayal gücüdür. Bir ihtiyaca en iyi çözüm yolunu bulmak, öncelikle o ihtiyacı hayalinde canlandırabilme ile başlamaktadır. Mühendislik çalışmasının her aşamasında hayal gücü etkin rol oynamaktadır. Hayal gücünün kullanılabilmesi için ise bir ilham kaynağına ihtiyaç vardır. İlham kaynağı çoğunlukla doğal çevre olmaktadır. Birçok canlı doğada çok zor çevre şartlarına yüksek dayanıklılık sergilemektedir. Bilim insanları bu yetenekleri araştırma yolu ile canlıların bu gibi zor şartların üstesinden nasıl geldiklerini ortaya koymaktadır. Mühendisler ise bu bilgileri kullanarak doğadaki canlılar üzerinden hayal gücü ve yaratıcılıklarını kullanma yolu ile en iyi çözüm yolunun ve tasarımın geliştirilmesini sağlamaktadırlar.

Doğadaki tasarımların hayal gücü ve yaratıcılıkla mühendislik tasarımlarına aktarılması, bu şekilde ürünler geliştirilmesi öncesinde bu tasarımların planlarının hazırlanmasını gerektirmektedir. Bir mühendislik tasarımının planı; o mühendislik tasarımına ait ayrıntılı çizimler, tüm malzemelerin listeleri, gerekli açıklamalar, uygulama adımları, matematiksel hesaplamaları ve analizleri gibi akla gelebilecek her türlü ayrıntının kâğıt üzerinde bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır. Tasarım planı yapılırken uyulması gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yapılacak tasarımın çizimini mutlaka içermelidir.
- Yapılan çizimin sanatsal yönünden daha çok açıklayıcı yönleri ağır basmalıdır. Herkes tarafından anlaşılır ve açıklayıcı olmalıdır. Kullanılan malzemeler basit semboller ve çizgiler ile gösterilmelidir.
- Yapılan çizim, hangi malzemenin tam olarak nerede kullanıldığını açıkça gösteriyor olmalıdır.
- Çizimde farklı renkte kalemler kullanılarak gösterimler, açıklamalar, destekleyici ilave çizimler, numaralandırmalar yapılmalıdır.
- Çizimin bazı kısımları üzerine numara yazılması durumunda o numaralandırılan kısmın hangi malzeme olduğu bildirildikten sonra istenirse açıklama da yapılabilir.
- Planda ayrı bir kısımda ayrıntılı bir tablo oluşturularak kullanılacak tüm malzemelerin bir listesi bulunmalıdır. Bu listede bu malzemelerin kullanım miktarları bildirilmelidir.
- Yapılan çizim ve malzeme tablosu haricinde bir açıklamaya ihtiyaç duyuluyorsa bu açıklamalar ayrı bir kısımda ele alınmalıdır.
- Çizimde cm cinsinden yükseklik ve uzunluklar belirtilmelidir.
- Planda bazı matematiksel işlemlerin yapılmasına ihtiyaç duyulması halinde bu işlemler ayrı bir kısımda ayrı bir başlık altında, ayrıntılı bir şekilde bildirilmelidir.
- Planda geliştirilecek olan ürünün dayanıklılığı, çalışacağı çevresel şartlara uyumluluğu, müşteri bütçesine ve ekonomik duruma uygunluğu, kullanışlılığı gibi durumlara dikkat edilmelidir.
- Hazırlanan plan başka bir mühendis tarafından okunması durumunda; o mühendis, sizin düşündüğünüz tasarımı anlayabileceği ve uygulayabileceği düzeyde ayrıntıya yer verilmelidir.

Ders uygulama adımları:

1. Önceki 2 derste öğrenilen şeyler kısaca özetlenir. (5 dk)
2. Özet yapılarak derse giriş yapıldıktan sonra çalışma yaprağı etkinliği yapılır. (15 dk)
Her gruba biyomimikri çalışma yaprağı dağıtıldıktan sonra, çalışma yaprağında bulunan etkinliklerin tüm grup üyeleri ile birlikte tartışarak çözülmesi istenir. Öğretmen tüm grupları gezerek, etkinliğin grupça yapılabilmesi için tüm gruplara rehberlik yapar.
3. Rastgele 3 grubun sözcüsü seçilir. Tahtaya kaldırılırlar. Sırayla kendi çalışma yaprağı etkinliklerine neler yazdıklarını kısaca sunmaları istenir. (10 dk)
Bu etkinliğin ardından her grubun doldurduğu biyomimikri çalışma yaprakları öğretmen tarafından toplanacaktır. Çalışma yapraklarında öğrencilerin vermiş olduğu cevaplar öğretmen tarafından değerlendirildikten sonra tanıma - yönlendirme amaçlı kullanılabilir.
4. Mühendislikte disiplinler arası ilişki ve STEM adlı slayt açılır. Sunum yapılır. (10 dk)
Sunumda geçen tanımlar ve açıklamalar üzerinde çok yoğun ve uzun tanımlamalar verilmesinden uzak durulmalı, sunum kısa tutulmalıdır.

5. Mühendislik tasarım plan çizimleri örnek resimleri bilgisayardan açılıp ekrana yansıtılır. Bu plan örnekleri üzerinden “Mühendislik Planı” hakkında açıklamalar yapılır. (15 dk)
Ekranada görülmekte olan resimler sadece planın çizim aşamasını içermektedir. Bu durum öğrencilere bildirilir. Konu içeriğinde Mühendislik Planı ile ilgili olarak bulunan açıklamalar burada anlaşılır şekilde öğrencilere aktarılacaktır. “Kâğıdın bir tarafına buna benzer bir çizim yapılır, kâğıdın diğer kısımlarına malzeme tablosu ve açıklamalar gibi diğer şeyler konulmalıdır. Eğer bir kâğıt yetersiz gelirse birden fazla kâğıt da kullanabilirsiniz.” şeklinde açıklamalar yapılır. Açıklama sonunda mühendislik planı yaparken uyulması gereken kurallardan bahsedilir. Kurallar listesi bir defa okunarak anlamaları sağlanır.
6. Mühendislik planı yapma uygulamalı etkinliği yapılır. (25 dk)
“Artık disiplinler arası ilişki, biyomimikri, hayal gücü ve yaratıcılık gibi konuların mühendislik sürecinde ne şekilde etkili olduğunu öğrendik. Mühendislik planı yapma sürecine kadar ne aşamalardan geçildiğini öğrendik. Ayrıca mühendislik planının ne demek olduğunu ve plan yaparken uyulması gereken kuralların neler olduğunu öğrendik.” şeklinde bir açıklama yapıldıktan sonra “şimdi önceki derslerimizde doğadan ilham alarak bulduğumuz problem durumları ve fikirlerden yola çıkarak kendi mühendislik planımızı oluşturacağız. Önceki dersimizde fikirlerimizi not ettiğimiz mühendislik çalışması öneri formunda bahsettiğimiz fikirlerin mühendislik planlarını yapalım.” Şeklinde bilgi vererek etkinliğe geçiş yapılır. Her gruba kendi doldurduğu Mühendislik Çalışması Öneri Formu geri dağıtılır. Yeterli miktarda kâğıt, boya kalemleri, kalem, cetvel, silgi malzemeleri her gruba dağıtılır. Fazladan kâğıda ihtiyaç duymaları halinde öğretmen masasından alabilecekleri bildirilir. Bu etkinlik için toplam 25 dk zamanlarının olduğu bildirilir. Etkinlik sonunda her grubun yapmış olduğu mühendislik tasarım planları ve mühendislik çalışması öneri formları öğretmen tarafından toplanır.

4.Gün Uygulamaları

Süre: İki ders saati (40 dk + 40 dk)

Açıklama: Bu derste öğrenciler bilimsel yöntemde ve mühendislik tasarımında modellerin önemini ve kullanım alanlarını anlayacaklardır. Kendi yaptıkları mühendislik tasarım planlarının bir modelini oluşturacaklardır. Bu model üzerinde incelemeler yaparak mühendislik tasarımlarını geliştirmek üzere yeni problem durumları ortaya koyacaklardır. Böylece tasarla - geliştir - yeniden tasarla adımları ile gerçekleşmekte olan mühendislik tasarım sürecini tam olarak uygulayacaklardır.

Kazanımlar:

SBU.8.1.Bilimde modellerden sıklıkla yararlanıldığını açıklar.

Hedefler:

- Mühendislik tasarımda modelin önemini ve amacını bilir.
- Bilimsel yöntemde modellerin önemini ve amacını bilir.
- Kendi hazırladığı Mühendislik tasarım planını en iyi karşılayan modeli oluşturur.
- Hazırlanan model üzerinde incelemeler yaparak modelinin eksik ve geliştirilmesi gereken yanlarını ortaya koyar. Yeniden planlama yapmak için yeni problem durumlarını belirler.
- Yapmış oldukları mühendislik tasarımının raporunu yazar.
- Mühendislik tasarımı raporunda hangi canlının hangi özelliğinden ilham alındığı, hangi fikri uyguladıkları, disiplinler arası ilişkiler, kullanılan malzemeler gibi tüm detaylara yer verir.
- Yapmış olduğu mühendislik tasarımının sunumunu yapar.
- Modelini inceleyerek eksik ve geliştirilmesi gereken yönlerini tespit eder. Mühendislik tasarımını yeniden geliştirmek için model üzerinden yeni problem durumları bulur.

Materyaller:

- Model yapımında gerekli malzemeler
Her grubun önceki derslerde geliştirmiş oldukları Mühendislik tasarım planları incelenir. Planlarda geçen tüm malzemeler temin edilecektir. Elde edilme imkânı olmayan malzemeler başka malzemeler ile ikame edilebilir.
- Mühendislik Modeli İnceleme Formu
- Bilimde ve mühendislikte modellerin yeri adlı slayt
- Fon kartonu
- Kâğıt

- Kalem
- Boya Kalemleri
- Bant ve yapıştırıcı

Konu İçeriği: Model, bir şeyin bütün özelliklerini birebir taşıyan veya o özelliklerin benzerlerini göstermek yolu ile özellikleri anlamayı sağlayan kopyası olarak tanımlanabilir. İnşaat firmaları adına çalışan inşaat mühendislerinin yeni bir bina projesine başlamaları ile binanın önce maketini yapıp müşterilere, yöneticilere ve projede çalışacak diğer ortaklara göstermeleri mühendislikte model kullanımına örnek olarak gösterilebilmektedir. Bilim insanlarının ise bilimsel bir olguyu açıklarken deney yapmaları, bu deneyin verdiği sonuçlar üzerinden tartışma yapmaları, bu yolla ortaya koydukları grafikler, fotoğraflar, örnekler, varsayımlar ve düşünce deneyleri de bilimde model kullanımına örnek olarak verilebilmektedir. Mühendislikte model, bir tasarımın bütün özellikleri ile uygulanması, böylece tamamlanmış ürünün aynısı olan örnek bir kopyasını (prototip) üreterek sergilemek veya benzer özellikleri gösteren bir maketini sergilemektir. Bilimde ise model bir olguyu açıklamak üzere kullanılan her türlü şeydir.

Mühendisler ve Bilim insanları farklı amaçlar için bir çalışmada birçok model oluşturabilmektedirler. İnşaat mühendislerinin bina tasarımının maketini yapmakta amaç projenin tamamlandığında nasıl görüneceğini ilgili kişilere göstermektir. Ayrıca bu maket üzerinde herkes tartışarak bu tasarımın güçlü ve düzeltilmesi gereken yanlarını görmek, tasarıma eklenmesi gereken veya çıkartılması gereken kısımlar tespit etmek, tasarımın maliyeti hakkında fikir sahibi olmak, müşterileri tatmin etme, müşterilere güven verme veya model üzerinden yeni müşteriler kazanmak gibi amaçları bulunmaktadır. Bilimde ise benzer şekilde bir olguyu en iyi şekilde açıklamak, diğer bilim insanlarının açıklanan olgu üzerinde tartışmasını sağlamak amacı ile modellerden faydalanılmaktadır. Mühendislikte ve Bilimde model kullanımının ortak amacı ortaya konulan tasarımın veya bilimsel olgunun geliştirilmesi için yeni problem durumlarının ortaya konmasıdır. Böylece tasarla - geliştir - yeniden tasarla şeklinde özetlenebilecek mühendislik tasarım sürecine işlerlik kazandırılması sağlanır. İlk olarak ortaya atılan problem durumu (ihtiyaç) için en iyi çözüm yolu geliştirilir (tasarla), ardından bu tasarım planları uygulanarak ortaya bir model konulur ve ürün geliştirilir (geliştir), bu model üzerinden tasarımın geliştirilmesi gereken yanları ortaya konularak yeni problem durumları tespit edilir (yeniden tasarla). Bu şekilde süreç sürekli olarak yeniden tasarlama yolu ile başa dönmektedir. Otomobillerin, kol saatlerinin, bilgisayar yazılımlarının, elektronik cihaz

ürünlerin sürekli olarak belirli sürelerde yeni ve daha iyi sürümlerinin piyasaya sürülmesi; mühendislerin önceki tasarımlarında ortaya koydukları modelleri (prototipleri) incelemek yolu ile yeni problem durumları üretmeleri, böylece süreci sürekli olarak başa sararak bir önceki tasarımdan daha kalitelisini üretmeleri ile gerçekleşmektedir. Ayrıca mühendisler kendi yaptıkları tasarımlara ait modeller üzerinde bir takım testler yaparak tasarımın uygunluğunu test etmektedirler.

Bir model oluştururken dikkat edilmesi gereken bir takım kurallar bulunmaktadır. Bu kurallara uyulması, yapılan modelin amaca hizmet etmesi açısından önemlidir. Yapılan bir model, tasarımın tüm özelliklerini gösterecek şekilde yeterince detaylı hazırlanmalıdır. Her bir detayına özen gösterilerek hazırlanması gerekmektedir. Modele bakarak esas tasarım hakkında tartışma yapılabilmesi gerekmektedir. Çünkü ilgili kişiler bu model üzerinde tartışma yaparak birçok karar vereceklerdir. Bu sebeple yapılacak model bir prototipse hazırlanan tasarımın aynısı olmalıdır. Eğer bir maket ise tasarımın tüm yönlerini en iyi şekilde gösteriyor olmalıdır. Model hazırlarken ekonomiklik, kullanılabilirlik gibi konulara dikkat edilmelidir. Gemi, bina, uçak gibi çok büyük ve pahalı mühendislik çalışmalarının prototipi yapılması hem çok pahalıya gelirken hem de kullanışsız olacaktır. Bu sebeple bu tasarımların maketinin model olarak kullanılması gerekmektedir. Daha küçük ölçekli ve ucuz olan projelerin ise maketi yerine prototipini incelemek daha uygun olabilir. Ayrıca model hazırlamak için gerekli malzemeleri kolayca elde edebiliyor olmamız gerekmektedir. Çalışma yaptığımız yakın çevrede elde edemeyeceğimiz malzemeleri modelde kullanmak kullanışlı olmayacaktır.

Bir model hazırlanıp incelendikten sonra yapılan mühendislik tasarımının bir raporunun yazılması gerekmektedir. Rapor, mühendislik tasarımının tüm yönlerinin diğer mühendisler ve iş ortakları tarafından rahat bir şekilde incelenebilmesi için bir araç niteliği taşımaktadır. Kısaca mühendislik çalışmalarının paylaşılması gereken kısımlarının yazılı olduğu bir metin olarak düşünülebilir. Diğer mühendisler bu raporları okuyarak yapılan tasarım süreci hakkında detaylı bilgiye sahip olurlar. Böylece tasarım üzerinde bir tartışma yapılabilir. Müşteriler ve yöneticiler gerek duymaları halinde tasarım raporlarını okuyarak kendi karar verme süreçlerinde bu bilgilerden faydalanabilmektedirler. Tüm taraflar modeli inceleyip raporları okuduktan sonra tasarım hakkında detaylı bilgiye sahip olabilmektedir, böylece kendi fikirlerini sunabilmektedirler.

Bir tasarıma ait rapor yazılırken, o tasarımı yaparken incelenen diğer mühendislik çalışmaları ve bilimsel çalışmalar açıkça bildirilmelidir. Ayrıca raporda ilham alınan canlı, o canlının sahip olduğu bir takım özellikler, o özelliklerin hangileri ilham kaynağı olarak kullanıldığından bahsedilir. Bu bilgilere yeterince yer verdikten sonra konu toparlanarak maddeler halinde problem durumları sıralanır. Bilindiği üzere mühendislik tasarımında problem durumları bir insan ihtiyacı olarak tanımlanmaktadır. Bu ihtiyaçlar “... mühendislik çalışmaları incelendi ve o çalışmalarda ... çözümleri uygulanmıştır, ... bilimsel çalışmalarında ... sonuçlara ulaşılmıştır. Arıca... canlının... özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda bu tasarımda aşağıdaki problem durumlarına çözüm aranması amaçlanmaktadır.” şeklinde bir cümle ile konu problem durumlarına getirilerek maddeler halinde ilgili insan ihtiyaçları sıralanacaktır. İlham alınan canlı özelliğinden ayrıntılı bir şekilde bahsedildikten sonra problem durumunun çözümünde bu canlının hangi özelliğinden faydalanılacağı, bu özelliğin hangi fikirler ile tasarım planına aktarıldığı, bu fikirler hakkında ayrıntılı bilgilerin gerekli duyulursa çizimler ve fotoğraflar ile desteklendiği detaylı bir açıklama yapılmalıdır. Tasarımın modelinden bahsedilmelidir. Bu model üzerinde yapılan incelemeler ve testler hakkında detaylı bilgi verilmelidir. Ulaşılan sonuçların ayrıntılı bir şekilde sıralandıktan sonra model üzerinden elde edilen veriler ile tasarımın uygunluğu, ihtiyaca çözüm üretmek konusundaki tutarlılığı, kullanışlılığı, ekonomikliği, geliştirilmesi için ulaşılan yeni problem durumlarının neler olduğu konusunda ayrıntılı bir tartışma yapılmalıdır. Son olarak gelecekte modelin geliştirilmesi için önerilerde bulunulmalıdır.

Mühendislik tasarım sürecinde modellerin kullanım amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Müşteriler, yöneticiler ve ilgili diğer taraflara tamamlanmış projenin nasıl görüneceği hakkında fikir vermektedirler.
- Tasarımın maliyet, kullanışlılık, işe yararlık gibi birçok hesaplamanın daha detaylı bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır.
- Model üzerinde tartışma yaparak modelin olumlu ve olumsuz yanları hakkında fikir edinmeyi kolaylaştırmaktadır.
- Ekipte çalışmakta olan tüm mühendislerin tasarım üzerinde tartışmasını mümkün hale getirmektedir.
- Mühendisin, kendi yaptığı tasarımı geliştirmesi için fikir edinmesini sağlamaktadır.
- Tasarımın geliştirilmesi için yeni problem durumlarının ortaya konmasını sağlamaktadır.

- Tüm testleri ve matematiksel hesaplamaları model üzerinden yaparak zamandan ve paradan tasarruf etmeyi sağlamaktadır.

Ders uygulama adımları:

1. Önceki derslerde yapılan çalışmalardan bahsedilerek bu çalışmaların üzerinden mühendislik tasarım süreci kısaca özetlenerek derse başlanır. (5 dk)
2. Bilgisayardan “Bilimde ve mühendislikte modellerin yeri” adlı slayt gösterisi açılarak öğrencilere sunum yapılacaktır. (10 dk)
“Bizim bu güne kadar yapılan çalışmalar mühendislik tasarım sürecinin ... aşamalarını oluşturmaktadırlar. Bu aşamaların modeller ile başa döndüğünü söyleyebiliriz. Bakalım mühendislik tasarımında ve bilimde modellerin amacı nedir?” şeklinde bir açıklama yaparak konu sunuma getirilerek sunum başlatılır.
3. “Modeller hakkında genel bir bilgi sahibi olduk. Şimdi kendi yaptığımız mühendislik planlarına ait modelleri yapalım.” Şeklinde açıklama yapılarak model yapma etkinliği başlatılacaktır. (35 dk)
Önceki derste gruplardan toplanan mühendislik tasarım planları ve mühendislik tasarımı öneri formları gruplara geri dağıtılacaktır. Gruplara yapacakları modellere özenmelerini fakat süre olarak 35 dk’yı geçmemeleri, gruptaki her üyenin yapılan çalışmaya katılmalarının gerekliliği gibi açıklamalar bildirilir. Model yapabilmeleri için önceden temin edilen malzemeler gruplara dağıtılır. Çalışma sırasında öğretmen grupları gezerek rehberlik yapacaktır.
4. Her gruba Mühendislik Modeli İnceleme Formu dağıtılır. Kendi yaptıkları modelleri grupça inceleyerek bu formu doldurmaları istenir. (5 dk)
Bu form ile grupların kendi yaptıkları modelleri inceleyerek yeni problem durumları bulmaları, modeli geliştirmek için fikirlerin neler olduğu gibi birçok incelemeyi yapmaları sağlanacaktır. Bu süreçte öğretmen grupları dolaşarak rehberlik yapacaktır.
5. Yaptıkları mühendislik tasarımına ait kısa rapor yazma etkinliği yapılacaktır. (10 dk)
Fon kartonu, kâğıt, kalem, boya kalemleri, bant ve yapıştırıcı malzemeleri her gruba yeterli miktarda dağıtılır. Bu malzemeleri kullanarak sınıf panosu şeklinde bir rapor hazırlamaları istenir. Bu sırada rapor yazarken yer verilmesi gereken konu başlıkları bilgisayar ile slayt şeklinde duvara yansıtılacaktır. Raporlarında ilham alınan canlı özelliği, uygulanan tasarım fikirleri, problem durumları, tasarım üzerinde grupça yapılan tartışma gibi başlıklara kesinlikle yer vermeleri istenecektir.
6. Rastgele 3 grup seçilecektir. Her grup tahtaya kendi yaptıkları modeller ve raporları kısaca sunmaları istenir. (15 dk)
Modeller sunulurken diğer grupların model hakkında fikirlerini belirtmeleri istenir. Ayrıca modeli sunmakta olan grup sözcüsünün arkadaşları tarafından gelen soruları kısaca cevaplamaları istenir.
Etkinlik sonunda “Dört gün boyunca yapmış olduğumuz etkinlikte bizler de birer mühendis olduk ve tıpkı mühendislerin yaptığı gibi bir mühendislik tasarımını geliştirdik. Artık bir mühendisin hangi süreçlerden geçerek tasarım yaptığını biliyoruz. Ayrıca doğadan ilham alan teknolojiler ve biyomimikrinin ne demek olduğunu öğrendik, bunların bilimde ve mühendislikte ne işe yaradıklarını öğrendik.” şeklinde bir açıklama yapılarak ders bitirilir.
Ders sonunda gruplardan mühendislik çalışması öneri formları, mühendislik

tasarım planları, mühendislik modelleri ve mühendislik tasarım raporları öğretmen tarafından toplanacaktır.



EK 4. Bilimsel Bilgi ve Mühendislik tasarımı tanıtım slaytı



Bilimsel Bilgi nedir?

- İnsan meraklı bir varlıktır.
- Bu sebeple merak ettiği şeyleri sorma eğilimindedir.

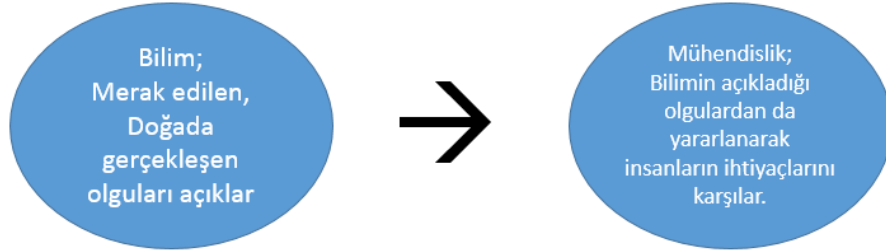
Bilim:

- Bir insanın soru sorması ile başlamaktadır.
- İnsanların sorduğu soruların bir yöntemle göre sistemli bir şekilde cevaplanmasıyla ortaya bilimsel bilgi çıkmaktadır.

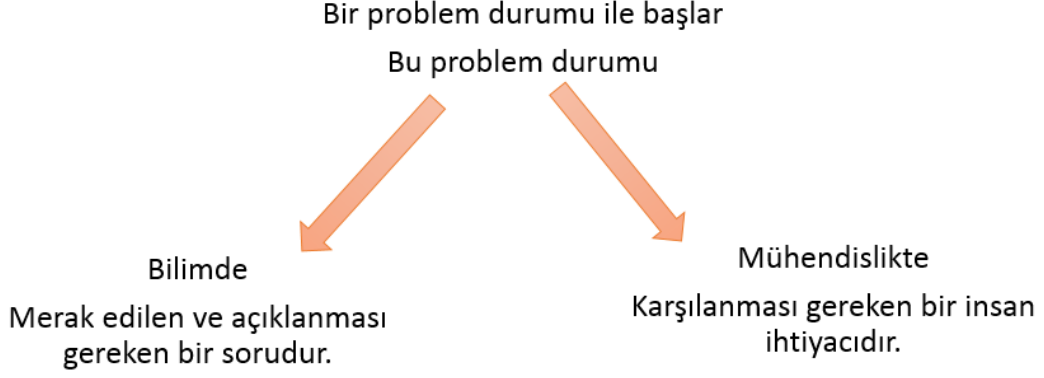


Mühendislik nedir?

- Soru sorulması beraberinde bir takım ihtiyaçları da ortaya çıkarmaktadır.
- Bu ihtiyaçları karşılamak üzere sistemli bir şekilde araç – gereç geliştirme işlemine ise **mühendislik** denilmektedir.



Bilim ve Mühendisliğin her ikisi de



Bilim, bir problemin çözümü için açıklamalar yapar. Bilimsel açıklamaları yapan kişilere “**bilim insanı**” denilmektedir.



Mühendislik ise o problemin çözümüne yönelik ortaya çıkan ihtiyaçları karşılamak üzere araç – gereç geliştirir.

Mühendislerin geliştirdiği araç gereçler



Ürün

Olarak adlandırılır.

Ürünlerin ortaya konulması için yapılan işe



**Mühendislik
Tasarımı**

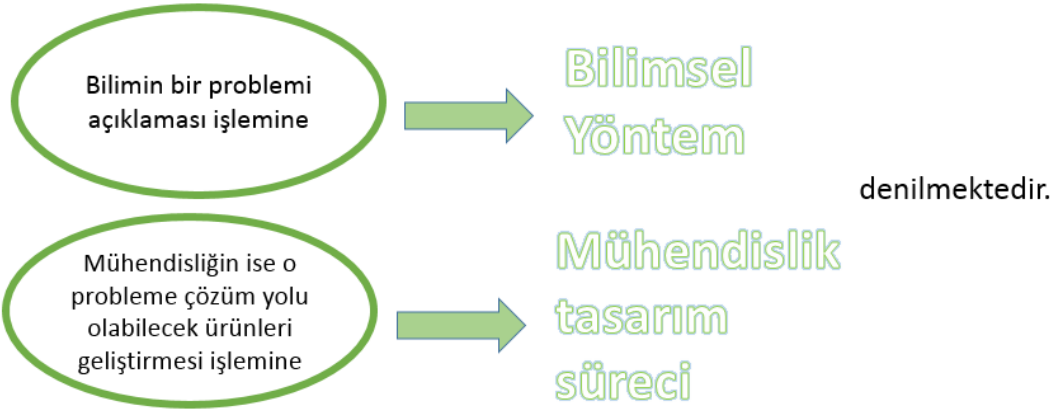
denir.

Mühendislik tasarımı yapan kişilere



Mühendis

denir.



Bilimsel yöntem ve Mühendislik Tasarım süreci işlemleri genel hatları ile birbirine benzemektedir.

Bilimsel yöntemde

Problem durumu belirlenir.
(Merak edilen soru.)

Diğer bilim insanlarının
önceden yapmış olduğu
bilimsel çalışmaları okuyarak
problemin açıklamasına
temel oluşturacak veri toplar.

Hipotez adı verilen bir takım
test edilmemiş açıklamalar
yapar.

Mühendislik tasarım sürecinde

Problem durumu belirlenir.
(Karşılanacak insan ihtiyacı)

Diğer mühendislerin yapmış
olduğu tasarımları
inceleyerek muhtemel çözüm
yolunu hayal etmeye çalışır.

Muhtemel çözüm yollarına
yönelik çizim ve hesaplamalar
yaparak planlar oluşturur.

Bilimsel yöntemde

Hipotezinin doğadaki olguları açıklamasına yönelik **tahminler yapılır**.

Kontrollü **deneyler yaparak** hipotez **test edilir**. Hipotezin tahmin edilen sonuçları verip vermediği anlaşılır.

Deney sonucu elde ettiği verileri inceleyerek **açıklayamadığı olguları** belirler. Açıklayamadığı olgular üzerinden **yeni problem durumu** belirleyip başa döner.

Mühendislik tasarım sürecinde

Oluşturulan planlar içinden, bir takım kriterler göz önünde bulundurularak en iyi çözüm yolu **tahmin edilir**.

En iyi çözüm yoluna ait **plan uygulanarak** ortaya bir ürün konulur. Ürün üzerinde bazı **testler yapılarak** işe yararlığı incelenir.

Ortaya koyduğu ürün üzerinden yaptığı incelemeler sonucu yapmış olduğu **çözümün eksik yanlarını** belirler. Bu eksik yanlar üzerinden **yeni problem durumu** belirleyip başa döner.

Hem mühendislikte hem de bilimde *genel olarak* süreç bu şekilde işlemektedir.

Bu süreç her bilim insanı ve mühendise göre farklı bir şekilde işleyebilir. Herkes kendi çalışma yöntemini ve stratejisini kendi belirleyerek bu süreç üzerinde kendine uygun değişiklikler yapabilir.

Örneğin



Bir bilim insanı bir problem bulduktan sonra o problemin çözüm yolunu bulmaya yönelik diğer bilim insanlarının yaptığı çalışmaları incelemek yerine önce diğer bilim insanlarının çalışmalarını inceleyerek o çalışmalardan bir problem durumu çıkartabilir.

Bir mühendis bir ihtiyaç belirledikten sonra, bu ihtiyacın çözüm yolu olabilecek planları yapmak yerine daha önce yapmış olduğu bir tasarımı geliştirmek üzere diğer mühendislerin çalışmalarını inceleyebilir.

Bilimsel yöntem ve Mühendislik tasarım sürecinin uygulanması tamamen Bilim insanı ve Mühendisin hayal gücüne göre değişmektedir.

- Hayal gücü ve yaratıcılık sürecin her aşamasında çalışacak olan kişi için önem arz etmektedir.
- Bir problem durumu bulabilmek için **önce bir sorunu görmek**,
- **Sorunu hayal etmek** gerekmektedir.



Uygun çözüm yolu veya açıklamaları düşünmek için bunları **hayalinizde canlandırmanız** gerekmektedir.

Sonucunda ortaya koyulan bilimsel rapor veya ürün **hayal gücü sonucu** ortaya çıkmış ürünlerdir.

Mühendisler bir problemin çözülmesine yönelik tasarım yapmak için öncelikle bu tasarımların fikirlerini ortaya koymaları gerekmektedir.

Fikirler ortaya koyulması için yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır:

- ❖ Başka mühendislerin yapmış olduğu çalışmaları incelemek
- ❖ Problemin çözümü için yapılan bilimsel açıklamaları okumak
- ❖ Çevrede bu tasarıma fikir kaynağı olabilecek her şeyi incelemek

- **Çevreyi inceleme** işi çoğunlukla **doğayı incelemek** şeklinde de ortaya çıkmaktadır.
- Mühendisler doğayı inceleyerek yapacakları tasarımlar hakkında birçok fikir ortaya koymaktadırlar.
- Doğayı fikir kaynağı olarak kullanma davranışı birçok mühendislik **tasarımının doğrudan doğadan esinlenerek** ortaya koymasına sebep olmaktadır.

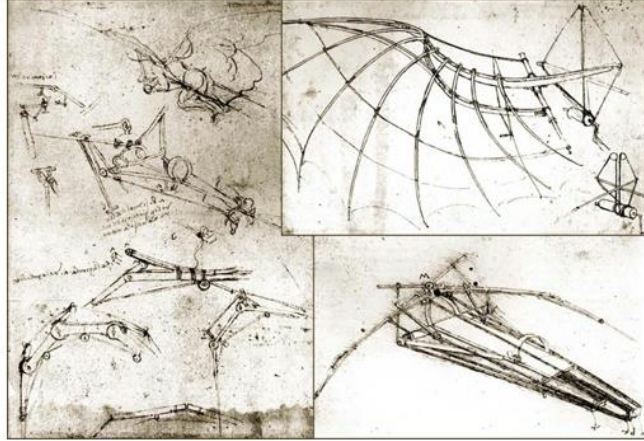


Örnek



Örnek

Yırtıcı kuşların kanat yapılarının incelenerek uçakların geliştirilmesi taşımacılık ve seyahatte büyük bir gelişime sebep olmuştur.



Örnek

- Yunuslar ve Yarasaların işitilemeyecek kadar ince ses dalgalarını algılayarak önlerindeki çevrelerindeki nesneleri algılamalarından deniz tabanında bulunan nesnelerin yerini gösteren Sonar adı verilen cihazların geliştirilmiştir.



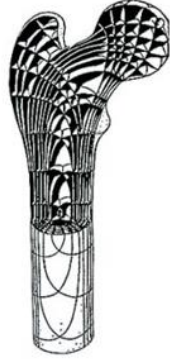
Örnek

- Balık kanatları örnek alınarak takılıp çıkartılabilen uçak kanatları yapıldı.
- Deniz ulaşım araçlarında balıkların vücudu örnek alındı



Örnek

- İnsan uyluk kemiğinin yapısı örnek alınarak Eiffel kulesi tasarlandı.
- İnsan derisinden dış cephe ısı yalıtımlı kaplama sistemlerinin geliştirilmesi



Örnek

- Köpeklerin tüylerine yapışan bitki tohumları örnek alınarak cırtcirt bantlar icat edildi.



Örnek

- Ton balığının yüzme davranışından yola çıkarak torpido (suda yüzen silah mermisi) geliştirilmesi.
- Seçici geçirgen hayvan hücresi zarları örnek alınarak su filtreleri geliştirilmiştir.
- Gekko kertenkelesinin ayak yapısı örnek alınarak, bir yere kolayca yapışıp ayrılabilen kumaşlar geliştirildi.



Örnek

- Bitki yapraklarının güneşten organik ürün sentezlemesi örnek alınarak güneş pilleri geliştirilmiştir.
- Protez uzuvlar, tarım yöntemleri, navigasyonlar, koşu ayakkabıları hayvanlar örnek alınarak geliştirilmiştir.
- Doğada, doğal artıkların çürüyerek yok olması, artıkların başka hayvanlar tarafından besin olarak kullanılması geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesinde ilham kaynağı olmuştur.
- Hareket sırasında sürtünmeyi azaltan mayolar köpek balıklarının derisinden ilham alınmıştır.
- Örümcekler incelenerek toksik kimyasal içermeyen güçlü ve su geçirmez ipek kumaşlar üretildi.

- Bu örnekleri istediğimiz kadar çoğaltmak mümkündür.
- Bu örnekler incelendiğinde doğanın mühendisler ve bilim insanları için sonsuz bir hayal gücü ve ilham kaynağı olduğu görülmektedir.

Doğanın ilham kaynağı olarak kullanılması durumunda ortaya Biyomimikri kavramı çıkmaktadır.

Biyomimikri:

Kısaca bir problemini çözümü ve açıklanması için doğanın örnek alınması şeklinde tanımlanabilir.

- Hayal gücü ve yaratıcılığı desteklemesi
 - olayların ve olguların işleyişi konusunda fikir vermesi
 - uygun tasarımların belirlenmesi
- bakımından bilimin ve mühendisliğin temelini oluşturmaktadır.





T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
Temel Eğitim Genel Müdürlüğü

Mühendislik Tasarımını Etkileyen Kısıtlar

Çevremizde bir çok canlı türü bulunmaktadır. Bu canlılar bir çok özelliğe sahiptirler.

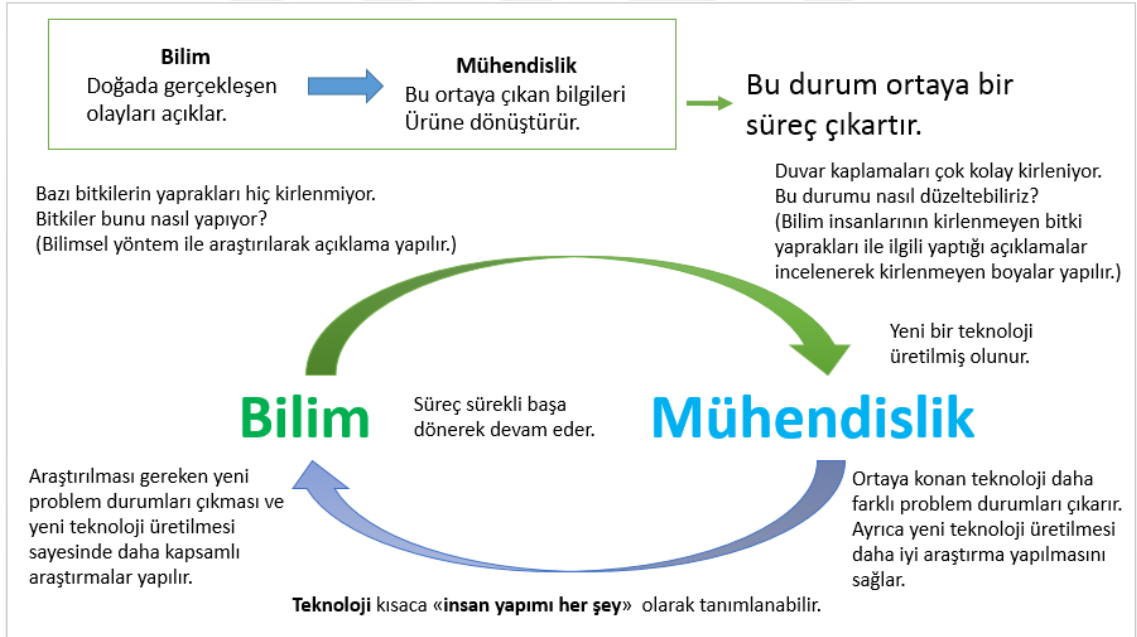
Mühendisler bu özellikleri düşünerek, doğayı fikir kaynağı olarak kullanma yolu ile bir çok farklı tasarım yapmışlardır.

Örümceklerin Ağları	→	Güçlü Köprü halatları
Sürekli güneşi takip Eden bitkiler	→	Verimli güneş panelleri
Bazı bitkilerin sürekli Temiz kalması	→	Kendini temizleyen Duvar boyaları

Bu örnekleri istediğimiz kadar çoğaltmak mümkündür.

Bu şekilde Mühendisler olarak
tasarımlarında doğayı fikir kaynağı olarak
kullanmaya, kısaca **Biyomimikri** denilmektedir.

Biyomimikri, mühendislerin hayal etmelerini
kolaylaştıran bir şey olduğu söylenebilir.



Bilim bu sorulara **uygun cevaplar ve açıklamalar** ararken

Mühendislik ise bu şekilde ortaya koyulan bilgileri **bir ürün oluşturma** ile pratiğe dönüştürmektedir.

Mühendislik ürünü oluşturulması ise Teknolojinin geliştiği anlamına gelmektedir.

Teknoloji gelişince → Bilimsel araştırmalar daha kolay yapılır.

Mühendislik bilimi, bilim de mühendisliği geliştirerek süreç devam eder.

Süreç bu şekilde devam ederken bilim insanları ve mühendislerin bazı kısıtlamaları göz önünde bulundurularak çalışmaları gerekmektedir:

Sosyoekonomik durum

Uzay araştırmaları yapılmak isteniyor olsun.

Bir ülkenin **ekonomik yapısı** uzay araştırmaları gibi pahalı bir çalışma alanına **yetersiz kalıyorsa**,

bu araştırmalar için **para sağlayacak bir kurum da yoksa** uzay **araştırmaları o ülkede yapılamayacaktır.**

Neticede uzay araştırmaları sonucu geliştirilen mühendislik ürünleri olan **cep telefonları, hızlı mobil internet bağlantıları, küresel konum bulma (Navigasyon) sistemleri** gibi teknolojiler de geliştirilmemiş olacaktır.

Kültürel yapı

Mühendislik çalışması yapılacak olan ülkenin **dini inanışları, kültürel değerleri ve sahip oldukları diğer inanışların** yapılmak istenilen mühendislik çalışmasına engel oluşturmaması gerekir.

Örnek:

Bazı ülkelerin kültürlerinde gökyüzünü incelemenin uğursuzluk getireceği yönünde bir inanış bulunmaktadır.

Bu ülkelerde uzay araştırmalarının yapılması ve bu araştırmalar sonucu Mühendislik tasarımı yapma çalışmaları tepkiye sebep olacaktır.

Çevresel olanaklar

Bilimsel araştırmalar ve Mühendislik tasarım çalışmaları yapılacak olan yerlerde

- Araştırma laboratuvarları ve atölyeler,
- Gereken her türlü araç gerecin temin edilebilmesi,
- İklimin ve doğa olaylarının çalışma için elverişli olması,
- Tesis ve çalışma alanlarının yeterli olması,
- Ulaşım ve lojistik faaliyetlerinin kolay yapılabilmesi

Gibi bir çok durumun yeterli düzeyde sağlanabiliyor olması gerekir.

Müşteri veya ekonomik destek sunan birisinin bulunması

- Araştırma yapacak miktarda para bulunamazsa her hangi bir bilimsel araştırma yapılamayacaktır.
- Mühendislik tasarımı yapmak için uygun malzeme ve araç – gereçlerin temin edilmesi için de para bulunması gerekmektedir.

Bu sebeple yapılan çalışmalara ekonomik destek sunan bir kişi veya kuruluş bulunmaması durumunda hem bilimsel araştırmalar hem de mühendislik tasarım çalışmaları sekteye uğrar.

Ayrıca yapılan bir araştırmanın belirli bir kesim tarafından değerli bulunup okunması gerekir,

yapılan bir mühendislik tasarımının da birileri tarafından satın alınması gerekir.

İnsanların ihtiyaçları

Mühendislik tasarımı sonucu ortaya konulacak ürüne insanların ihtiyaç duyuyor olması gerekir.

Örnek:

İnsan beyninin çalışma şekli örnek alınarak (Biyomimikri kullanılarak) geliştirilen bir sanal zeka uygulaması olduğunu varsayalım.

İnsanlar böyle bir teknolojiye hiç ihtiyaç duymadıkları takdirde bu teknolojiyi hiç satın almayacaklardır. Neticede ortaya konulan ürün hiç ekonomik destek bulamayacağı için geliştirilemeye devam edilemeyecektir.

Bilim insanları ve mühendislerin bu gibi birçok durumu göz önünde bulundurmaları, çalışmalarını bu yönde yapmaları gerekmektedir.

Aksi takdirde çalışmalarını yapmaları ya zorlaşacaktır, ya da bu çalışmalar destek bulamayacaktır.

EK 6. Mühendislikte disiplinler arası ilişki ve STEM slaytı



Disiplin

İnsanlık yıllar boyunca birçok şey araştırmıştır. Araştırmalar ile ortaya çıkan bilgilerin belirli kategoriler altında değerlendirilmesi durumuna “Disiplin” denilmektedir.

- Fen Bilimleri
- Matematik
- Tarih
- Psikoloji

Gibi alanlar birer disiplin
Örneğidirler.



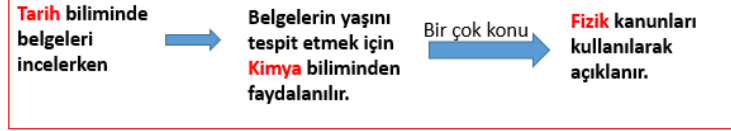
Ayrıca bu disiplinlerin alt dalları olan

- Fizik
- Kimya
- Biyoloji
- Astronomi
- Geometri
- Cebir
- Coğrafya
- Arkeoloji

gibi bilim dalları da birer disiplin örneği
kabul edilebilir.

Disiplinler arası ilişki

Mevcut bilgi birikimlerinin kategorilere ayrılmasından ortaya çıkmakta olan bu bilim dalları birbirlerinden **kesin kurallar ile ayrılmış değillerdir**. Bir **bilim dalı üzerinde** çalışma yapılırken **sıklıkla diğer bilim dallarından** da yararlanmak gerekmektedir.



Matematik disiplini, formüllerin açıklanması, bir çok değerin hesaplanması, açıklamaların ispatlanması için bütün bilimler tarafından ortak olarak kullanılmaktadır.

Bir disiplin ile çalışırken kesin olarak diğer disiplinler ile de bağlantılı çalışmaya **disiplinler arası ilişki** denilir.

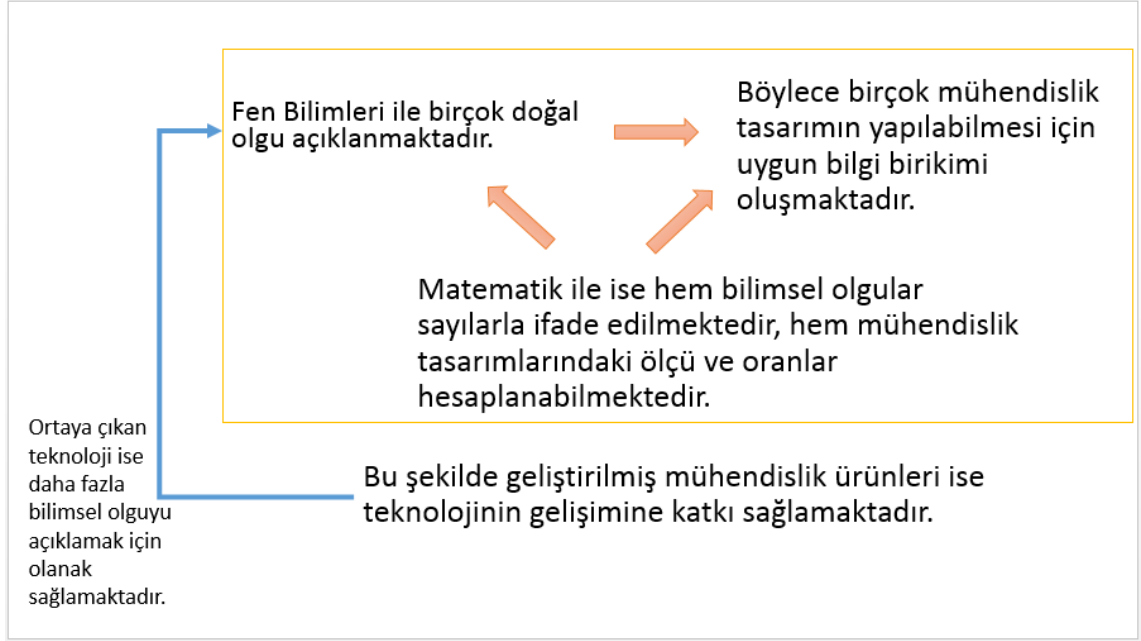
Disiplinler arası ilişkiye örnek olarak:

Fen (**S**cience),
Teknoloji (**T**echnology),
Mühendislik (**E**ngineering)
Matematik (**M**athematics)



Bu disiplinlerin İngilizce adlarının baş harflerinin bir araya getirilmesiyle **STEM** kelimesi türetilmiştir.

Bu disiplinlerin bir **bütün** olarak düşünülmesi, disiplinler arası ilişki ile bu alanların **tamamını birlikte** kullanarak gerçek hayat problemlerine çözümler arama işlemine **STEM** denilmektedir.



Örnek

- **Fen Bilimleri** ile ışığın mercekler ve aynalar ile bir noktaya toplanabildiği, çıplak gözle algılanamayacak ışıkların gözün algılayabileceği şekle dönüştürülebileceği bulunmuştur.
- **Matematik** ile merceğin ve aynanın boyu, kalınlığı, birbirlerine uzaklığı gibi bir takım ölçüler ile ışığı kırma ve toplama miktarları arasındaki sayısal ilişki hesaplanmaktadır.
- **Mühendisler** ise bu şekilde oluşturulmuş bilgi birikimini göz önünde bulundurarak uygun tasarım planlarını hazırlayıp uygulaması ile ışık teleskobu ve mikroskop gibi ürünler üretebilmektedirler.
- Üretilen bu ürünler ise birer **teknoloji** örneğidir. Geliştirilen bu teknoloji ile ise uzay ve mikroorganizmalar incelenerek yeni bilimsel keşifler yapılmaktadır.
- Böylece süreç başa dönmektedir.

Genel hali ile bu şekilde yapılmakta olan bütün işlerin yürütücüsü niteliğinde ki şey **ilham kaynağı ve hayal gücüdür**. Bir ihtiyaca en iyi çözüm yolunu bulmak, öncelikle o ihtiyacı havalinde canlandırabilme ile başlamaktadır.



İlham kaynağı çoğunlukla doğal çevre olmaktadır.

Birçok canlı doğada çok zor çevre şartlarına yüksek dayanıklılık sergilemektedir.

Mühendisler ise bu bilgileri kullanarak doğadaki canlılar üzerinden hayal gücü ve yaratıcılıklarını kullanma yolu ile en iyi çözüm yolunun ve tasarımın geliştirilmesini sağlamaktadırlar.

Doğadaki tasarımların hayal gücü ve yaratıcılıkla mühendislik tasarımlarına aktarılması, bu şekilde ürünler geliştirilmesi öncesinde bu tasarımların **planlarının** hazırlanmasını gerektirmektedir.

- Mühendislik tasarım planı ne şekilde oluşturulmalıdır?
- Mühendislik tasarım planı oluşturulurken dikkat edilmesi gereken konular nelerdir?

EK 7. Bilimde ve mühendislikte modellerin yeri adlı slayt



T.C.
MILLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
Temel Eğitim Genel Müdürlüğü

Bilimde ve Mühendislikte Modellerin yeri ve kullanım amacı

Model:

- Bir tasarımın bütün özelliklerini birebir taşıyan veya o özelliklerin benzerlerini göstermek yolu ile özellikleri anlamayı sağlayan kopyasıdır.

Örnek:

İnşaat şirketlerinde çalışan **İnşaat Mühendisleri** bina projesine başlamadan önce maketini yapar. Bu **mühendislikte model kullanımına** örnektir.



Amaç: projeyi müşterilere, yöneticilere ve çalışma ekibine göstererek, geri dönüt ve destekleri almaktır.

Bilim İnsanlarının ise doğada gerçekleşen bir olayı (olguyu) açıklarken

- Deney yapması
- Deneyde elde ettiği sonuçlar üzerinden tartışmalar yapması
- Grafikler,
- Fotoğraflar ve
- Örnekler ile konuyu açıklamaları
- Varsayımlar yapmaları
- Düşünce deneyleri (hayal yolu ile deney) yapmaları

Bilimde model kullanımına örnektir.

Mühendislikte kullanılan

Model



Mühendislik tasarım planı tamamlanınca projenin nasıl görüneceğini tüm ortaklara ve paydaşlara göstermek için veya üzerinde test yapmak için tamamlanmış projenin benzeri, maketi veya çizimi şeklindedir.

Gemi, Bina, Uçak gibi **prototipi yapılamayacak projelerde kullanılır.**

Prototip



Model ile aynı amaç için kullanılır. Aslen kendisi de bir modeldir. Modelden farkı ise ortaya konulacak olan mühendislik ürününün **benzeri değil, kendisi olmasıdır.**

Ortaya konulacak mühendislik planı aynı şekilde uygulanır, ürünün tamamen aynı bir kopyası yapıp onun üzerinde testler ve sunumlar yapılır.

Saat, telefon, otomobil, bilgisayar donanımı... gibi **bir çok taşınabilir proje için kullanılır.**

Mühendisler ve Bilim insanları farklı amaçlar için bir çalışmada **birçok model** oluşturabilmektedirler.



- **Yeni problem durumları ortaya** koyarak tasarla – geliştir – yeniden tasarla şeklinde özetlenebilecek mühendislik tasarım sürecine işlerlik kazandırılması. (Sürekli daha gelişmiş modeli çıkan teknolojiler.)
- Testler ve açıklamalar geliştirerek projenin eksiklerini tamamlamak.

Bir model oluştururken dikkat edilmesi gereken bir takım kurallar bulunmaktadır.

- ✓Yeterince detaylı hazırlanmalıdır.
- ✓Modele bakarak esas tasarım hakkında tartışma yapılabilmelidir.
- ✓model hazırlamak için gerekli malzemeleri kolayca elde edebiliyor olmamız gerekmektedir.

Mühendislik tasarım sürecinde modellerin kullanım amaçları

- Müşteriler, yöneticiler ve ilgili diğer taraflara **tamamlanmış projenin nasıl görüneceği** hakkında fikir vermektedirler.
- Tasarımın maliyet, kullanılabilirlik, işe yararlık gibi birçok **hesaplamanın daha detaylı** bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır.
- Model üzerinde **tartışma yaparak** modelin olumlu ve olumsuz yanları hakkında fikir edinmeyi kolaylaştırmaktadır.
- Ekipte **çalışmakta olan tüm mühendislerin tasarım üzerinde tartışmasını** mümkün hale getirmektedir.
- Mühendisin, kendi yaptığı tasarımı **geliştirmesi için fikir edinmesini** sağlamaktadır.
- Tasarımın geliştirilmesi için **yeni problem durumlarının** ortaya konmasını sağlamaktadır.

Rapor

- Mühendislik tasarımının tüm yönlerinin diğer mühendisler ve iş ortakları tarafından rahat bir şekilde incelenebilmesi için bir araç niteliği taşımaktadır.
- Kısaca mühendislik çalışmalarının paylaşılması gereken kısımlarının yazılı olduğu bir metin olarak düşünülebilir.
- Diğer mühendisler bu raporları okuyarak yapılan tasarım süreci hakkında detaylı bilgiye sahip olurlar.

Mühendislik raporu örneği

Mühendislik Tasarım Raporu Mühendislerin adları

Özet:

1.Giriş

İncelenen çalışmalar, ilham alınan canlı ve özelliği
Problem durumları

2.Yöntem ve teknik

3.Ürün

4.Tartışma ve öneriler

Kullanışlılığı, ekonomikliği, tutarlılığı

Bir tasarıma ait rapor yazılırken, o tasarımı yaparken incelenen diğer mühendislik çalışmaları ve bilimsel çalışmalar açıkça bildirilmelidir. Ayrıca raporda ilham alınan canlı, o canlının sahip olduğu bir takım özellikler, o özelliklerin hangileri ilham kaynağı olarak kullanıldığından bahsedilir. Bu bilgilere yeterince yer verdikten sonra konu toparlanarak maddeler halinde problem durumları sıralanır.

Ürünü üretirken kullanılan yöntemler, yapılan işlemler, ürünün yapımında kullanılan her şeyden bahsedilir. Yapılan testler.

Ürünün tanıtımı yapılır, faydaları, kullanım alanları

Ürünün geliştirilmesi için diğer fikirler, yorumlar, yeni çalışmalar için problem durumları, tecrübeler

Raporlarda yer verilmesi gereken konu başlıkları

- İlham alınan canlı ve o canlının ilham alınan özelliği
- Problem durumları (Hangi insan ihtiyacını karşılamaya yönelik mühendislik tasarımı yapıldı?)
- Tasarımda uygulanan çözüm yolları
- Tasarımda kullanılan fikirler
- Tasarımın modeli (Gerekli görülmesi halinde çizim ve fotoğraflar da kullanılabilir.)
- Model üzerinden elde edilen veriler ile tasarımın uygunluğu, ihtiyaca çözüm üretmek konusundaki tutarlılığı, kullanışlılığı, ekonomikliğı, geliştirilmesi için ulaşılan yeni problem durumlarının neler olduğu konusunda ayrıntılı bir tartışma yapılmalıdır.
- Gelecekte modelin geliştirilmesi için öneriler

EK 8. Mühendislik Tasarım Çalışması Öneri Formu

5.sınıf Bilim Uygulamaları Dersi Mühendislik Tasarım Çalışması Öneri Formu

Mühendislik Ekibinin Adı:..... Sınıf:.....

Aşağıdaki soruları ekip olarak cevaplayınız.

1.Yapmış olduğunuz beyin fırtınası etkinliklerine göre aşağıdaki a ve b sorularını cevaplayınız.

a. Mühendislik tasarım çalışmanızda fikir olarak kullanmayı uygun bulduğunuz 4 tane canlı ve o canlının sahip olduğu özelliği yazınız.

Canlı	O canlının sahip olduğu özellik
1.....	
2.	
3.	
4.	

b.Mühendislik tasarım çalışmasında fikir olarak kullanmak üzere, günlük hayatta işlerinizi yaparken karşılaştığınız sorunlardan uygun bulduğunuz 4 tanesini yazınız.

- 1.....
2.
3.
4.

2.Yukarıdaki canlı özellikleri ve günlük hayatta karşılaşılan sorunlar düşünüldüğünde, Mühendislik tasarım çalışmanızda kullanacağınız **problem durumu (ihtiyaç)** nedir?

3.Belirlediğiniz mühendislik problem durumuna çözüm olabilecek iki adet çözüm yolu hayal ediniz. Çözüm yolu hayal ederken mühendislik kısıtlarını dikkate alınız.

1.

2.

4.Çevre imkânları, olanaklar, ekonomik durum, uygulanabilirlik gibi kriterleri (Mühendislik kısıtlarını) düşünerek hayal ettiğiniz bu fikirlerin bir tanesini seçiniz. Seçtiğiniz fikir ileriki çalışmalarda hayata geçirilmesi durumunda insanların bunlardan sağlayacağı faydalar nelerdir?

-
-
-
-
-
-

5.Bu fikrin uygulaması durumunda harcanacak paranın (maliyetin) tahmini matematiksel hesabını yapınız.

EK 9. Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma Yapağı

5.sınıf Bilim Uygulamaları Dersi

Mühendislik ve Biyomimikri Uygulamaları Çalışma yapağı

Mühendislik Ekibinin Adı:..... Sınıf:.....

Aşağıdaki soruları ekip olarak, dikkatli bir şekilde cevaplayınız.

1.Aşağıda bazı kavramlar sıralanmıştır. Bu kavramları derste öğrendiğiniz haliyle, birer cümle içe açıklayınız.

Mühendislik:

Mühendis:

Bilimsel Bilgi:

Mühendislik tasarımı:

2.”Biyomimikri” kavramını kısaca açıklayınız. Mühendisler biyomimikri uygulamalarından nasıl faydalanıyorlar?

3.Aşağıdaki tabloda bazı örnekler sıralanmıştır. Bu teknolojilerin geliştirilmesinde biyomimikri kullanılmışsa “Evet”, kullanılmamışsa “Hayır” seçeneğini işaretleyin.

Örnek	Evet	Hayır
Bulaşık deterjanları		
Çingiraklı yilandan gece görüş kamerası		
Uçak kanat ve gövde tasarımı		
Buzdolabı		
Bisiklet		
İnsan kafa dersine benzer kasklar		
Verimli güneş panelleri		
Traktör		
Mantar yapısına benzer mimari yapılar		
Su arıtma filtreleri		
Kimyasal enerji kullanan lambalar		
Saç kurutma makinesi		
Kaymayan kumaşlar		
Çamaşır kurutma sergiliği		
Deriden yapılmış ayakkabı		
Kolay yüzmeyi sağlayan sporcu mayoları		
Çamaşır makinesi		
Helikopter		

Örnek	Evet	Hayır
Navigasyon Cihazları		
Şeffaf doyalar		
Otomobil tekerlekleri		
Cep telefonları		
Yüksek hızlı tren		
Ampuller		
Kuluçka Makinesi		
Turuncu renkli koruyucu gözlükler		
Kalemler		
Eiffel Kulesi		
Su mataraları		
Dokunmatik ekranlar		
Beygir gücü üreten otomobil motorları		
Kendini temizleyen duvar boyaları		
Daha güçlü köprü halatları		
Vinç		
Ayna		
Termit yuvasına benzer klima sistemleri		

EK 10. Mühendislik Modeli İnceleme Formu

5.sınıf Bilim Uygulamaları Dersi Mühendislik Modeli İnceleme Formu

Mühendislik Ekibinin Adı:.....

Sınıf:.....

Aşağıda yer alan soruları ekip olarak dikkatli bir şekilde cevaplayarak oluşturduğunuz mühendislik modelinin incelemesini yapınız.

1.Yaptığınız mühendislik tasarımı ve Modeli incelendiğinde Problem durumu olarak ortaya konulan ihtiyacı karşılama durumu hakkında yorumlarınız nelerdir?

2.Modeliniz Güçlü/Başarılı yanları nelerdir?

- | | |
|----|-----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

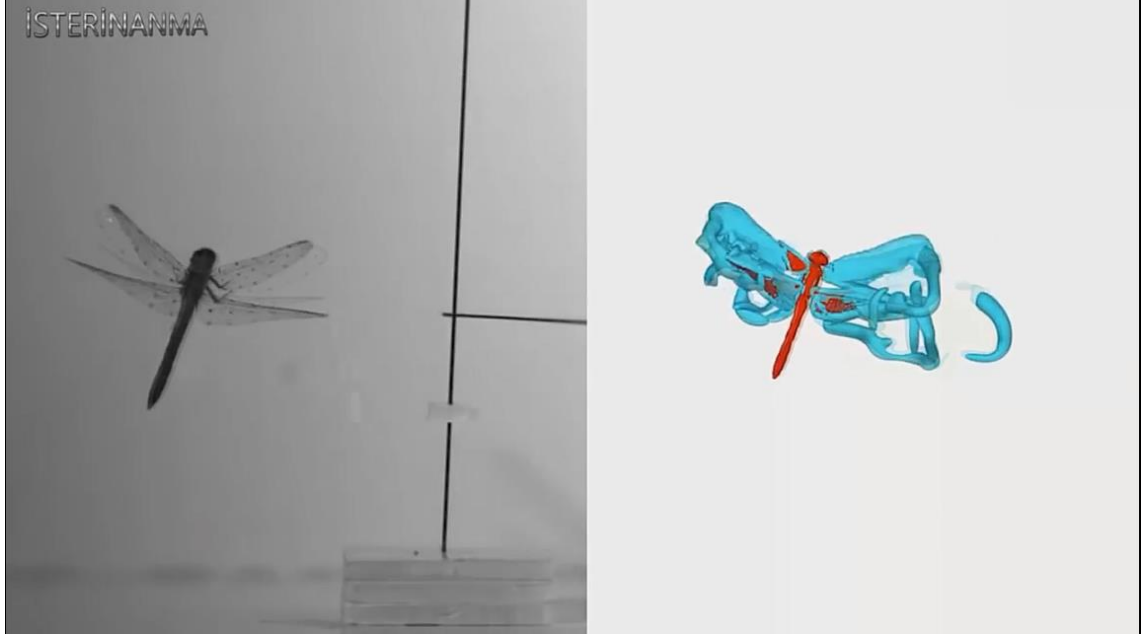
3.Modeliniz Zayıf/Başarısız yanları nelerdir?

- | | |
|----|-----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

4.Gelecekte yapılacak mühendislik tasarım çalışmalarında modelinizi geliştirmek için yeni bir problem durumu ve geliştirme fikirleri belirleyiniz.

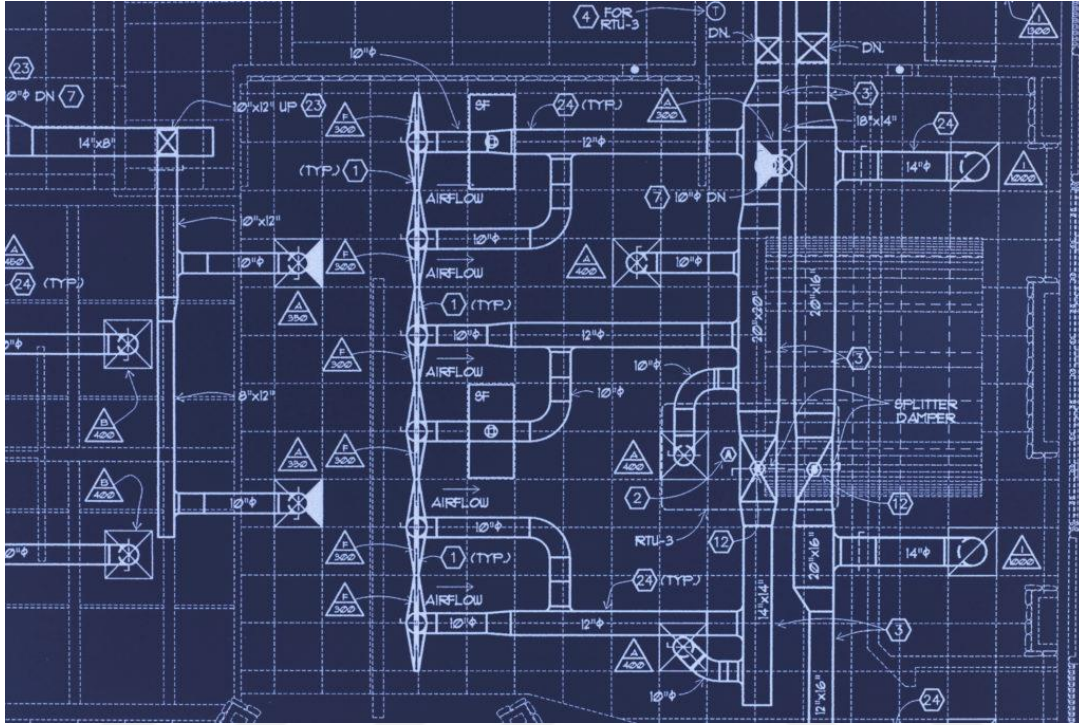
EK 11. “BİYOMİMİKRİ- Tasarımlarında Doğadan İlham Alınmış 10 Ürün - YouTube”
adlı video

Url: <https://www.youtube.com/watch?v=du8ISOacLDQ> - 9 Kasım 2019 Tarihinde
Erişim Sağlandı



EK 12. Örnek Mühendislik Tasarım Çizimleri

Örnek 1:



Technical drawing of the 20 FT TLC CDC unit. The drawing includes three views: a top view, a side view, and an isometric view. The top view shows a rectangular unit with dimensions 1902 (width), 1000 (depth), and 1342 (total width including side panel). The side view shows a height of 2000 and a depth of 113. The isometric view shows the unit with its side panel open, revealing internal components including a large storage area, a control panel, and a power supply unit. The unit is labeled '20 FT TLC CDC'.

PLANTA BAIXA PAVIMENTO TIPO

ESCALA

EK 13. Yarı yapılandırılmış görüşme formu

5.Sınıf Bilim Uygulamaları Dersi
Doğadan İlham Alınan Teknolojiler Öğretim Etkinliği

Görüşme Soruları

1. “Teknoloji” deyince anladığınız şeyler nelerdir?
2. Fen Bilimleri alanının Teknoloji ve Mühendislik üzerine etkisi hakkında neler söyleyebilirsiniz?
3. Matematiğin; Fen Bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji gibi diğer alanlarda kullanılma amacı nedir?
4. İnsanların hangi alanlarda doğadan faydalanmaktadır?
5. Doğada gördüğünüz canlılar ve onların özellikleri üzerine düşündüğünüzde, bunların insanların hayal gücü ve yaratıcılığı üzerine etkisi hakkında neler söyleyebilirsiniz?
6. Doğaya bakarak ilham alınmasıyla teknoloji nasıl etkilenir?
7. Fen Bilimlerinin doğayı açıklamak üzere ortaya koyduğu olgular teknoloji ve mühendislikte ne şekilde kullanılmaktadır?

EK 14. Biyomimikri modelleme ve sunum rubriği

Başarı Seviyesi	Mükemmel (3 puan)	Gerçekten Güzel (2 puan)	Geliştirilmeye ihtiyacı var (1 Puan)
Biyomimikri Fikri	Grup, çevrelerini inceleyerek kendi biyomimikri fikirlerini başarıyla ortaya koydular.		Grup, biyomimikri fikri belirleyemedi.
Sunum yaparak fikrini açıklama	Sunum yapıldı: • En az 3 slayt • 1'den fazla resim ve/veya çizim	Sunum yapıldı: • 2 slayt • 1 veya daha fazla resim ve/veya çizim	Sunum yetersiz: • 1 slayt kullanıldı veya slayt kullanılmadı • Resim ve çizimlere yer verilmedi
Fikirlerini sözlü olarak sunma	Grup sözlü olarak fikirlerini sunarken, aşağıdaki başlıkların tümü kullanıldı: • Biyomimikri fikrinin açıklaması • İlham alınan canlı özelliği • Tasarımın amacı	Sözlü olarak fikirlerini sunmada aşağıdaki başlıkların hepsi bulunmamaktadır: • Biyomimikri fikrinin açıklanması • İlham alınan canlı özelliği • Tasarımın amacı	Sözlü olarak fikirlerini sunmada aşağıdaki başlıkların hiç biri bulunmamaktadır: • Biyomimikri fikrinin açıklanması • İlham alınan canlı özelliği • Tasarımın amacı
İş birlikçi çalışma	Gruptaki tüm üyeler iş birliği içerisinde çalıştı	Grup üyeleri her zaman iş birliği içerisinde çalışmadı	Grup üyeleri iş birliği içerisinde çalışmadı
Fazladan yapılan işlemler	Aşağıdaki işlemlerin en az 3 tanesi yapıldı: • Yeni bir icat geliştirildi • Mucitlerin adlarından bahsedildi • Malzeme kullanıldı • Model/Prototip üzerinden sözlü sunum ve açıklama yapıldı • Tasarım üzerinde test ve ölçüm yapılarak bu veriler üzerinden tartışma yapıldı	Aşağıdaki işlemlerin 1 - 2 tanesi yapıldı: • Yeni bir icat geliştirildi • Mucitlerin adlarından bahsedildi • Malzeme kullanıldı • Model/Prototip üzerinden sözlü sunum ve açıklama yapıldı • Tasarım üzerinde test ve ölçüm yapılarak bu veriler üzerinden tartışma yapıldı	Fazladan hiçbir işlem yapılmamıştır.

Toplam Puan (12 üzerinden) - _____

Puanlama açıklaması: Gruplar, dört farklı değerlendirme kriterine göre değerlendirilecektir. Bu kriterlerden en iyi başarıyı elde etmeleri için çalışmalarını devam ettirmeleri yönünde teşvik edileceklerdir.

ÖZGEÇMİŞ

Rize ilinde 1992 yılında dünyaya geldi. İlk ve Orta öğrenimini Rize/Merkez Çaykur İlköğretim Okulunda tamamladı. Ardından Lise öğrenimini görmek üzere Rize/Merkez Rize Ticaret Meslek ve Anadolu Ticaret Meslek Lisesinde Bilişim Teknolojileri/Veri Tabanı Programcılığı bölümünü tamamlamıştır.

2011 yılında girdiği Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği (II.Öğretim) bölümünü 2015 yılında tamamlamıştır. Üniversite öğrenimi boyunca TÜBİTAK BİDEP 2029, STEM Laboratuvarı gibi birçok projeye katılım sağlamıştır.

2016 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Öğrenimine başlamıştır.