

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STEM VE TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARININ
AKADEMİK BAŞARI, YENİLİKÇİ DÜŞÜNME EĞİLİMİ VE
MÜHENDİSLİK KARIYER İLGİSİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : **Handenur CANER BALICA**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Enstitü Anabilim Dalı : **Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı**

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Yasemin HACIOĞLU**
:

Kasım 2024
GİRESUN

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**STEM VE TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARININ
AKADEMİK BAŞARI, YENİLİKÇİ DÜŞÜNME EĞİLİMİ VE
MÜHENDİSLİK KARIYER İLGİSİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Handenur CANER BALICA

Enstitü Anabilim Dalı : Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı

Bu tez 11/10/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr.
Esra BOZKURT ALTAN
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Yasemin HACIOĞLU
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Jülide YAZICI
Üye**

**Prof. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Handenur CANER BALICA

11/10/2024

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimin en başından bu yana kendisinden aldığım derslerden edindiğim farkındalıkla ve sevgiyle danışman hocam olarak desteğiyle her zaman yanımda olan saygı değer Doç. Dr. Yasemin HACIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Akademik çalışmaları ve bakış açısıyla insana kendini gururlu ve şanslı hissettiren değerli danışman hocamın araştırmacılığını, çalışmaları için verdiği emeği, titizliğini ve özverisini hayatım boyunca örnek alacağım.

Yüksek lisans tez çalışmama verdiği yapıcı dönütlerle değerli görüşlerini bildiren ve tez savunmamda bulunarak tezime son şeklinin verilmesine katkı sağlayan saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Esra BOZKURT ALTAN ve Dr. Öğrt. Üyesi Jülide YAZICI'ya teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisansa başvurma, sınava girme, kabul edilme ve ilk yıl derslerin tamamlanma süreci boyunca her daim sevgisiyle, ilgisiyle, teşvik ve desteğiyle yanımda olan aynı sırayı paylaştığım kıymetli öğretmen arkadaşım, dostum İlknur DABAN'a tüm samimiyetimle teşekkür ederim.

Hayatımın en önemli dönüm noktalarında her daim desteğiyle yanımda olan, elinden gelenin fazlasını beklentisiz bir şekilde yapan, çocuklarımın büyüme sürecine en az benim kadar emek veren ve hakkını ömür boyunca ödeyemeyeceğim şefkat dolu annem Nurdan BALCIOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim. 'Zoru başarırız imkânsız ise zaman alır' mottosuyla eğitim hayatımın her döneminde beni kolumdan tutup ayağa kaldıran, cesaretlendiren ve maddi- manevi desteğini esirgemeyen canım babam İrfan CANER'e teşekkürü borç bilirim.

Tez süreci içinde her daim yanımda olan, gösterdiği sabır ve teşvikleriyle yoluma ışık tutan sevgili eşim Atilla BALICA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmayı, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca kendileriyle geçireceğim zamanlarından harcadığım, hayattaki en büyük şükür sebeplerim, varlıklarıyla ruhumu onurlandıran canım oğlum Atahan BALICA ve canım kızım Melisa Su BALICA'ya ithaf ediyorum.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	III
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XI
ÖZET	XII
SUMMARY	XIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Araştırmanın Problemi	7
1.3. Araştırmanın Amacı	7
1.4. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	8
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	9
1.6. Araştırmanın Varsayımları (Sayıltıları)	11
BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
2.1. Fen Eğitiminde STEM Eğitimi Yaklaşımı ve Önemi.....	12
2.2. Fen Eğitimine Mühendislik Entegrasyonu.....	15
2.2.1. Fen eğitimine ileri mühendislik entegrasyonu	21
2.2.2. Fen eğitimine tersine mühendislik entegrasyonu	25
2.3. Fen Öğrenme ve Mühendislik Tasarım Süreci	31
2.4. Yenilikçi Düşünme Becerisi ve Mühendislik Tasarım Süreci	35
2.5. Kariyer İlgisi ve Mühendislik Tasarım Süreci	39
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	43

3.1. Yöntem	43
3.2. Araştırmanın Modeli	43
3.3. Çalışma Grubu	44
3.4. Uygulama Süreci	44
3.4.1. Araştırmanın uygulama süreci	45
3.4.2. Etkinliğin uygulama süreci	50
3.4.2.1. Tasarım amacının belirlenmesi	50
3.4.2.2. Nasıl çalıştığını gözlemleme (1 ders saati)	51
3.4.2.3. Sökme / deforme etme (3 ders saati)	51
3.4.2.4. Analiz etme (4 ders saati)	53
3.4.2.5. Raporlaştırma / yeniden Tasarlama (6 ders saati)	56
3.5. Veri Toplama Araçları	61
3.5.1. Nicel veri toplama araçları	62
3.5.1.1. Başarı testi	62
3.5.1.2. Yenilikçi (inovatif) düşünme eğilimi ölçeği	65
3.5.1.3. STEM kariyer ilgi ölçeği	65
3.5.2. Nitel veri toplama araçları	66
3.5.2.1. Yenilikçi düşünme eğilimine yönelik soru formu	67
3.5.2.2. Mühendislik kariyerine yönelik soru formu	68
3.6. Verilerin Analizi	69
3.6.1. Nicel verilerin analizi	69
3.6.2. Nitel verilerin analizi	71
3.7. Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenirliği	73
3.8. Araştırmanın Etiği	75

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI..... 76

4.1. “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları Ünitesinin Öğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına Etkisi Var Mıdır?” Alt Problemine İlişkin Bulgular	76
4.2. “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları Ünitesinin Öğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf	

Öğrencilerinin Yenilikçi Düşünme Eğilimi Üzerine Etkisi Var Mıdır?" Alt Problemine İlişkin Bulgular	77
4.3. "Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları Ünitesinin Öğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf Öğrencilerinin STEM Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi Var Mıdır?" Alt Problemine İlişkin Bulgular	86
BÖLÜM 5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	97
5.1. Sonuç ve Tartışma	97
5.1.1. "Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi var mıdır?" alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler	97
5.1.2. "Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimlerine etkisi var mıdır?" alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler	99
5.1.3. "Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?" alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler.....	103
KAYNAKLAR	106
EKLER	137
EK 1. Araştırmanın Uygulama İzin Yazısı	137
EK 2. Etik Kurul Kararı	138
EK 3. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi Kullanım İzni.....	139
EK 4. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi	140
EK 5. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi (Açık Uçlu Sorular).....	153
EK 6. Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği Kullanım İzni	155
EK 7. Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği	156
EK 8. STEM Algı Testi Kullanım İzni	157

EK 9. STEM Algı Testi	158
EK 10. Tersine Mühendislik Etkinlik Çalışma Kitapçığı.....	159
EK 11. Veli Onay Formu.....	168
EK 12. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	170
ÖZGEÇMİŞ	



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

f	: f
N	: N
p	: p
r	: r
x	: x
%	: %
AAS	: Association for the Advancement of Science [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Bilimde İlerleme Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASEE	: American Society for Engineering Education - Amerikan Mühendislik Eğitimi Topluluğu
BEP	: Bireyselleştirilmiş Eğitim Programı
ITEA	: International Technology Educating Association - [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Uluslararası Teknoloji Eğitimi Birliği
ITEEA	: International Technology and Engineering Educators Association – [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Uluslararası Teknoloji ve Mühendislik Eğitimcileri Birliği
K-12	: 12 yıllık ilk-orta-lise eğitim süreci
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
NAE	: National Academy of Engineering - [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Ulusal Mühendislik Akademisi
NGSS	: Next Generation Science Standards [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Gelecek Nesil Fen Standartları
NRC	: National Research Council – [Amerika Birleşik Devletleri’nde] Ulusal Araştırma Birliği

NSB	: National Science Board [Amerika Birleşik Devletleri'nde] Ulusal Fen Kurulu
NSES	: National Science Education Standarts [Amerika Birleşik Devletleri'nde] Ulusal Fen Eğitimi Standartları
NSF	: National Science Foundation – [Amerika Birleşik Devletleri'nde] Ulusal Bilim Vakfı
NSTA	: National Science Teachers Association – [Amerika Birleşik Devletleri'nde] Ulusal Fen Öğretmenleri Birliği
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development- Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Teşkilatı
ÖSYM	: T.C. Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi
PISA	: Programme for International Student Assessment-Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences-Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
STEM	: Science- Technology- Engineering- Mathematics - Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik
STEAM	: Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics-Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat, Matematik
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurulu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. MDOE (2010) Mühendislik Tasarım Süreci Yaklaşımı	19
Şekil 2.2. Çeşitli tasarım süreci yaklaşımları ve yürütülen işlemler	23
Şekil 2.3. Araştırmaya dayalı öğrenme çerçevesi (Genel aşamalar, alt aşamalar ve ilişkileri)	24
Şekil 2.4. Tersine Mühendislik Aşamaları	29
Şekil 2.5. Tersine Mühendislik Tasarım Döngüsü	29
Şekil 2.6. Tersine mühendislik ve yeniden tasarım metodolojisi	30
Şekil 3.1. Eş zamanlı\paralel karma yöntemler araştırma şeması.....	44
Şekil 3.2. Gerçek Yaşam Problemine Yönelik İlk Cevaplar.....	50
Şekil 3.3. Öğrencilerin ürünün nasıl çalıştığını gözlemleme aşaması	51
Şekil 3.4. Öğrencilerin ürünleri sökme/ deforme etme aşaması	52
Şekil 3.5. Devre elemanlarının ismi, sembolü, görevinin yazılacağı bölüm (Devre Elemanlarını Tanıyalım	53
Şekil 3.6. Öğrencilerin mevcut gece lambasının devre şeması çizimi	54
Şekil 3.7. Öğrencilerin daha parlak yanan gece lambası ve daha sönük yanan gece lambasının devre şeması çizimleri	54
Şekil 3.8. Yeni devrelerin mevcut gece lambasından farkı ve mevcut gece lambasının parlaklığının değiştirilmesi için neler yapılması gerektiğine dair öğrenci görüşleri	55
Şekil 3.9. Ampul sayısı ve pil sayısının değiştirilerek ampul parlaklığının etkisinin incelendiği deneylerle ilgili bölüm	56
Şekil 3.10. Öğrencilerin süreci raporlaştırma ve yeniden tasarlama aşaması	57
Şekil 3.11. Araştırma probleminin çözümüne yönelik üretilen çözüm önerileri	58
Şekil 3.12. Öğrencilerin problemin çözümüne yönelik oluşturdıkları devrenin şeması ve lambanın tasarım çizimlerinden bazı örnekler	59
Şekil 3.13. Öğrencilerin lamba tasarım çizimlerinden örnekler	60

Şekil 3.14. Öğrencilerin lamba tasarım çizimlerinden örnekler	60
Şekil 3.15. Öğrencilerin lamba tasarımlarından örnekler	61



TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Etkinlik tasarımında tersine mühendislik tasarım süreci ile bilimsel araştırma sorgulama sürecinin bir arada kullanımı	48
Tablo 3.2. Araştırmanın uygulama süreci	49
Tablo 3.3. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları ve Veri Analiz Yöntemleri	61
Tablo 3.4. Çoktan Seçmeli Maddelerin "Elektrik Devre Elemanları" Ünitesi Kazanımlarına Göre Dağılımı	63
Tablo 3.5. Açık Uçlu Maddelerin "Elektrik Devre Elemanları" Ünitesi Kazanımlarına Göre Dağılımı	63
Tablo 3.6. Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu' ndaki soruların alt boyutlara göre dağılımı	67
Tablo 3.7. Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formundaki sorular	69
Tablo 4.1. Elektrik Devre Elemanları Başarı Testi Ön Test ve Son Test Verilerinin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Karşılaştırılmasından Elde Edilen Bulgular	76
Tablo 4.2. Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği'ne İlişkin Alt Boyutlara Ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Bulguları	77
Tablo 4.3. Yenilikçi Düşünme Eğilimine İlişkin Soru Formundan Elde Edilen Bulgu Tablosu	80
Tablo 4.4. STEM Mühendislik Kariyer İlgi Ölçeği'ne İlişkin Alt Boyutlara Ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Bulguları	87
Tablo 4.5. Mühendislik Kariyerine İlişkin Soru Formundan Elde Edilen Bulgu Tablosu	89

STEM VE TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARININ AKADEMİK BAŞARI, YENİLİKÇİ DÜŞÜNME EĞİLİMİ VE MÜHENDİSLİK KARIYER İLGİSİNE ETKİSİ

ÖZET

STEM eğitimi fen ve/veya matematik eğitimine mühendislik ve/veya teknolojinin entegre edildiği, öğrenenlerin bilgi ve beceri gelişiminde etkili öğrenme yaklaşımlarından biridir. Fen eğitimine mühendislik entegrasyonuna dayanan STEM eğitimi uygulamalarında sıklıkla mühendislik tasarım sürecinin ileri işletildiği dikkat çekse de tersine işletildiği uygulamalar da yapılmakta ve etkili olmaktadır. Bu araştırmada beşinci sınıf fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kazanımlarına yönelik tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda 2021-2022 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde Giresun ilinde bulunan bir devlet orta okulunun beşinci sınıfında öğrenim gören 21 öğrenci ile 16 fen bilimleri ders saati süresince araştırma sorgulama sürecine entegre tersine mühendislik uygulamaları yürütülmüştür. Karma yöntemle yürütülen araştırmanın nicel verileri “Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi”, “Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği”, “STEM Kariyer İlgi Ölçeği” ile toplanırken, nicel verileri desteklemek için eşzamanlı olarak toplanan nitel verileri “Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi- Açık Uçlu Soruları” “Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu” ve “Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu” ile uygulama öncesi ve sonrası toplanmıştır. Nicel veriler SPSS21 programı kullanılarak Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile analiz edilmiştir. Akademik Başarı Testi’ndeki açık uçlu sorular ile nitel veriler toplanmıştır, ancak nicel olarak değerlendirilmiştir. Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu ile toplanan nitel veriler betimsel olarak analiz edilirken, Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu ile toplanan veriler ise içerik analizi ile çözümlenmiştir. Araştırma sonucunda tersine mühendislik uygulamalarının akademik başarı ve yenilikçi düşünme eğilimine olumlu etkisi olduğu, mühendislik kariyer ilgisine etkisi anlamlı olmasa da kariyer farkındalığı açısından olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ulaşılan sonuçlardan yola çıkılarak tersine mühendislik uygulamalarının fen eğitimine entegrasyonunun yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tersine Mühendislik, STEM Eğitimi, Yenilikçi Düşünme Becerisi, STEM Kariyer İlgisi, Elektrik Devre Elemanları.

THE EFFECT OF STEM AND REVERSE ENGINEERING IMPLEMENTATIONS ON ACADEMIC SUCCESS, INNOVATIVE THINKING TENDENCY AND ENGINEERING CAREER INTEREST

SUMMARY

STEM education is one of the effective learning approaches in the development of knowledge and skills of learners, where engineering and/or technology are integrated into science and/or mathematics education. Although it is noteworthy that the engineering design process is often operated forward in STEM education applications based on the integration of engineering into science education, applications where it is operated in reverse are also carried out and are effective. This study aims to investigate the effects of reverse engineering implementations on the achievements of the fifth-grade science course "Electrical Circuit Elements" unit on students' academic success, innovative thinking tendencies, and engineering career interests. For this purpose, reverse engineering implementations integrated into the inquiry process were carried out with 21 students studying in the fifth grade of a state secondary school in Giresun province during the second semester of the 2021-2022 academic year during 16 science lesson hours. The quantitative data of the research conducted with mixed method were collected with the "Electrical Circuit Elements Academic Achievement Test", "Innovative Thinking Tendency Scale", and "STEM Career Interest Scale", while the qualitative data collected simultaneously to support the quantitative data were collected with the "Electrical Circuit Elements Academic Achievement Test-Open-Ended Questions", "Innovative Thinking Tendency Question Form" and "Engineering Career Question Form" before and after the application. Quantitative data were analyzed with the Wilcoxon Signed Ranks Test using the SPSS21 program. Qualitative data were collected with the open-ended questions in the Academic Achievement Test but were evaluated quantitatively. While the qualitative data collected with the Innovative Thinking Tendency Question Form were analyzed descriptively, the data collected with the Engineering Career Question Form were analyzed with content analysis. As a result of the research, it was concluded that reverse engineering implementations have a positive effect on academic success and innovative thinking tendency, and although the effect on engineering career interest is not significant, it has a positive effect in terms of career awareness. Based on the results obtained, it is recommended that the integration of reverse engineering implementations into science education be widespread.

Keywords: Reverse Engineering, STEM Education, Innovative Thinking Skills, STEM Career Interest, Electrical Circuit Elements.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi-gerekçesi, varsayımları ve sınırlılıkları yer almaktadır.

1.1. Problem Durumu

İçinde bulunduğumuz çağda gerçekleşen bilim ve teknolojiadaki gelişmelerle birlikte ekonomik ve sosyal değişimler giderek hızlanmaktadır (Harari, 2018). Bu durumun yansıması olarak tüm dünya ülkeleri bu hıza yetişmek, uyum sağlayabilmek hatta bu alanlarda lider olabilmek için çaba içerisinde (TÜSİAD, 2017,2024). Bu çabada başarıyı sağlayabilmek için fen ve matematik ile ilgili alanlarda iyi eğitilmiş uzmanların önemi büyüktür (Brenner, 2009; Scott, 2009). Dolayısı ile bu alanlarda uzmanların yetişmesi için fen ve matematik eğitiminin önemi daha da büyüktür (Matthews, 2007; Liu vd., 2009) denilebilir. Sadece bu alanlarda uzman yetiştirmek değil, bu değişim ve gelişime uyum ve katkı sağlayabilecek, karşılaştığı veya karşılaşacağı muhtemel karmaşık problemlere çözüm üretecek özelliklere sahip insanların yetişmesi çok önemlidir (Brophy ve ark., 2008; Kan, 2009; NRC, 2012; Hacıoğlu, 2017). Nitekim bilim ve teknolojiadaki gelişmelere katkı sağlamak için bireylerin bu alanlarda kariyer ilgilerine sahip olmalarına ve bu ilgi ile gelecekte kendilerine uygun, çağa beklenen düzeyde katkı sağlayacak bireyler yetiştirilmesine hizmet etmesini sağlayacaktır. Bu amacın yanında tüm bireylerin bilgi, medya ve teknoloji, sağlık gibi farklı alanlarda bilgi ve okuryazarlığa; aynı zamanda bu bilgilerini işe koştukları yaratıcılık, yenilikçi düşünme, eleştirel düşünme, karar verme, problem çözme, bilgi- iletişim, iş birliği, medya ve teknoloji, esneklik, uyum, hesap verilebilirlik gibi 21. yy becerilerine sahip olmaları beklenmektedir. (Partnership for 21st Century Skills [P21], 2009). Bu nedenledir ki hem yetişen neslin bilimsel ve teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilecek temel konularda bilgi ve becerilerle

donatılması hem de bu gelişim ve değişime katkı sağlayabilecek yenilikçi/inovatif ve yaratıcı düşünme becerileri gibi öğrenme, yaşam ve kariyer becerilerinin geliştirilmesi için uygun ortamlar hazırlanmalıdır (P21, 2009). Bunun sağlanmasının en önemli ve etkili yolu ise eğitim, özellikle de fen ve matematik eğitimidir. Bu nedenledir ki bilim ve teknolojiye katkı sağlamaya yönelik eğitim girişimlerinin yansıması olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinin entegrasyonuna dayalı STEM eğitimi benimsenmiş ve uygulanmıştır (Bybee, 2013; NRC ve NAE, 2009; NRC, 2012).

STEM eğitimi fen (science), teknoloji (teknoloji), mühendislik (engineering) ve matematik (math) disiplinlerinin baş harflerinden oluşturulmuş ve bu disiplinlerin entegre edilerek öğretilmesine dayanan disiplinler arası bir öğretim anlayışıdır (Chang ve ark., 2021). STEM eğitimi için literatürde disiplinlerin entegrasyonuna yönelik farklı tanımlar yapılmış (Bybee, 2010; Sanders, 2009; Myers & Berkowicz 2015; NSF Ulusal Bilim Vakfı, 2013) olsa da bu tanımların odağında gerçek yaşam problemlerine çözüm üretme bağlamında fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayanan bir öğretim yaklaşımı olduğu görülmektedir (Brown, 2012; Hacıoğlu, 2017). STEM eğitim yaklaşımının amacı, gerçek yaşamda karşılaştığımız karmaşık problemlere fen bilimlerinde edindiğimiz bilimsel bilgi ve kavramlarla matematik, teknoloji, mühendislik uygulamalarını kullanarak çözüm üretebilmektir (Morrison, 2006; Bybee, 2010). Fen bilimleri eğitiminde mühendislik ve teknolojinin uygulama alanı bulmasının ancak iyi planlanmış bir STEM eğitimi ile mümkün olacağı dikkat çekmektedir (Sanders, 2009). STEM eğitimi uygulamalarında dikkat çeken ve dikkat edilmesi gereken en önemli nokta fen ve matematik eğitimine mühendislik ve teknoloji disiplininin entegre edilmesidir (NRC,2012). Mühendislik ve teknolojinin fen ve matematiğe entegre edilmesinde en kolay yolun disiplinin özelliğini gösteren çalışma sürecinin entegre edilmesidir (NAE, 2010). Bu nedenledir ki fen eğitimine mühendislerin problem çözme yaklaşımı olarak nitelendirilen mühendislik tasarım sürecinin entegre edildiği tasarım temelli fen öğretim uygulamaları gerekli ve önemlidir (Wendell, 2008). Bu şekilde hem öğrenenlerin bilgi ve becerilerine hem de kariyer tercihlerine katkı sağlayacaktır (Hacıoğlu ve Gülhan, 2021). Nitekim fen derslerinde mühendislik tasarım süreci işletilmesiyle öğrencilerin mühendislerin çalışma prensiplerini fark ederek deneyimlemeleri ve fen derslerinde edindikleri

kavramsal bilgileri tasarım problemlerinin çözümünde uygulayarak kullanmaları sağlanır (Bybee, 2010). STEM eğitim yaklaşımıyla öğrencilere STEM kariyerlerini tanıtmak, bu alanlardaki kariyer tercihlerine yön vermek (Reeve, 2015a; Barakos vd., 2012; Freeman vd., 2015; Gough, 2015; Honey vd., 2014; Katehi vd., 2009; NRC, 2011; PCAST, 2010; Scott, 2009; Thomasian, 2011; Gough, 2015; Honey vd., 2014; NRC, 2011; PCAST, 2010); öğrencilerin 21.yy becerilerini (eleştirel düşünme, analitik düşünme, işbirlikçi olma, yaratıcı düşünme, problem çözme, girişimci olma, yenilikçi düşünme vb...) geliştirmek (Şahin ve ark., 2014; Akgündüz, 2018cam, s. 41;) ve fen öğrenmeyi kolaylaştırmak (Bull ve ark., 2016; Brown ve ark., 2011; Cantrell ve ark., 2006; Claymier, 2014; Gallant, 2011; Gerlach, 2010; Havice, 2009; Honey ve ark., 2014; Katehi ve ark., 2009; NRC, 2010; Rogers ve Portsmore, 2004; Sanders, 2009) hedeflenmektedir. STEM eğitim yaklaşımıyla gerek disiplinler arası beceriler gerekse yaşam ve kariyer becerileri olarak da ifade edilebilecek olan bilimsel, yaratıcı, yenilikçi, inovatif, eleştirel düşünebilme ve becerilerine sahip (Hacıoğlu, 2022; 2023), STEM alanlarına ilgi duyan ve bu alanlarda kariyer yapan bireylerin yetiştirilmesiyle ülkelerin bilimsel ve teknolojik alanlardaki başarısının da artacağı düşünülmektedir (TÜSİAD, 204, 2024; Kennedy vd., 2016).

Hem STEM disiplinlerinde kariyer ilgisi hem de ilgili alanlarda bilgi ve beceri kazandırması şeklindeki olumlu sonuçları nedeniyle Amerika başta olmak üzere gerek Avrupa gerekse de diğer kıtalarda birçok ülkede hâlen STEM eğitimi uygulanmaya devam etmektedir (MEB, 2018, 2024; NAE ve NRC, 2009; NRC, 2012; NGSS [Next Generation Science Standards – Amerika Birleşik Devletleri Yeni Nesil Fen Standartları], 2013). Ülkemizde fen eğitimi ile ilgili fen okuryazarlığı hedefi ile bilginin yanında bilimsel süreç becerisinin de değer kazanması ve öğrencilere kazandırılması hedefi ilk olarak 2005 yılı fen bilimleri öğretim programında hedeflenmiştir, ancak sonraki yıllarda uygulanan öğretim programlarında (MEB, 2005; 2013) bu hedef genişletilmiş bilimsel bilgi ile birlikte bilimsel süreç becerisinin yanında 21. yy becerilerinin karşılığı olan yaşam becerileri, daha sonra da (MEB, 2018; MEB, 2024) mühendislik ve girişimcilik becerilerinin gelişimi hedeflenmiştir.

Ülkemizde ilk olarak 2018 yılı Fen Bilimleri Öğretim Programı (MEB, 2018)’nda ‘mühendislik’ kavramından bahsedilerek mühendislik, insanın istek ve ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik objeleri, süreci ve sistemi tasarlamak için sistematik ve gelişime açık uygulamaları içermesi olarak tanımlanırken; teknoloji kavramı insan ihtiyaçlarını ve arzularını yerine getirmek için doğal dünyanın değiştirilmesi olarak tanımlanmıştır. Mühendislik kavramı, “Bilgi” boyutunda “Fen ve Mühendislik Uygulamaları”, “Beceri” boyutunda “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” ve “FMTTÇ” bağlamında ise “Fen, Mühendislik ve Teknoloji İlişkisi” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca yine 2018 programında (MEB, 2018) “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” kapsamında öğrencilerin fen bilimlerini teknoloji, matematik ve mühendislik entegrasyonu ile problemlere disiplinler arası bakış açısıyla yaklaşmaları, sahip oldukları bilgi ve becerileri kullanarak buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaşmaları, edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturmaları ve oluşturdukları ürünlere nasıl katma değer kazandırabilecekleri konusunda strateji geliştirmeleri hedeflenmektedir (MEB, 2018). Bu becerinin geliştirilmesi kapsamında yer alan “Yenilikçi (İnovatif) Düşünme” disiplinler arası entegrasyonların STEM eğitimi temelinde gerçekleştiğine ve fen bilimleri öğretim programında mühendislik disiplinine ve yenilikçi düşünme becerisine belirgin şekilde vurgu yapıldığını göstermektedir. 2024-2025 yılında 5. sınıflarda uygulanmaya başlayan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024)’nda ise ‘Disiplinler Arası İlişkiler’ gelişim alanında disiplinler arası öğretim, ‘Beceri ve Değer Odaklı Fen Öğretimi’ gelişim alanında öğrencilerin ulusal ve uluslararası düzeyde kişisel, sosyal, akademik ve iş yaşamlarında ihtiyaç duyacakları (Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi dikkate alınarak) 21. yüzyıl becerilerini kapsayan fen öğretimi anlayışı ve fen bilimleri ile ilgili kariyer bilinci geliştirilmesi hedeflenmiştir (MEB, 2024). Bu doğrultuda alan becerileri kapsamında fen disiplininin uygulama sürecini yansıtan bilimsel süreç ve sorgulama becerilerine, diğer becerilerin kazandırılması veya geliştirilmesi için mühendislik tasarım döngüsünün işletilmesine, kariyer algılarının geliştirilmesine ve yenilikçi düşünme becerisinin gelişmesine vurgu yapılmıştır (MEB, 2024, s.4). Bununla birlikte süreç içinde eğilimler kapsamında yer alan kendine inanma (öz yeterlilik), kendine güvenme (öz güven), özgün düşünme, yaratıcılık, azim ve kararlılık ile kavramsal beceriler kapsamındaki problem çözme becerisi yenilikçi düşünme becerisinin alt

boyutlarına dikkat çekmektedir. Ülkemizde hali hazırda uygulanmaya devam eden Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018)’nin özel amaçları arasında “Fen bilimleri ile ilgili kariyer bilinci ve girişimcilik becerilerini geliştirmek” yer alırken, uygulanmaya başlayan yeni öğretim programının (MEB, 2024) özel amaçlarında ise “Disiplinler arası eğitim yaklaşımı ve tasarım odaklı uygulamalar ile fen bilimleri ve mühendislik alanlarına yönelik girişimci ve kariyer bilincine sahip olmaları, araştırma yapmaları, sorgulamaları, disiplinler arası bakış açısıyla yenilikçi çözümler geliştirmeleri” olarak güncelleme yapılmıştır. Bu şekilde bilim ve teknolojiye gerçekleşen hızlı değişim ve gelişimlere ve toplumun ekonomik kalkınmasına ayak uydurulabileceğine işaret edilmiştir (MEB, 2024, s.4). Bu amaçlardan anlaşılmaktadır ki ülkemizde de mühendislik tasarım temelli uygulamalarla öğrencilere bilgi, beceri ve yaşam boyu öğrenme alışkanlıkları kazandırılması, fen bilimleri alanında kariyer bilincine sahip bireylerin yetiştirilmesi beklenmektedir ve bu beklentiye yönelik öğrenme çıktıları ve öğrenme bileşenleri belirlenmiştir. Bu beklentinin gerçekleştirilmesi için fen bilimleri öğretiminde STEM eğitim uygulamaları önemli bir role sahiptir (Bybee, 2010). STEM eğitiminin fen ve matematik eğitimine mühendislik ve /veya teknoloji entegre etmek olduğu dikkate alındığında bu hedefi gerçekleştirmek için fen eğitimine mühendislik disiplininin entegre edilmesinin beklenen hedefleri gerçekleştirmede etkili olacağının göstergesi olabilir (Hacıoğlu, 2022).

Fen bilimleri öğretim programına mühendislik disiplinini entegre etmenin en etkili yollarından biri fen bilimleri öğretiminde kullanılan bilimsel araştırma sorgulama sürecine yönelik etkinlik ve uygulamaların mühendislik tasarım süreci ile birlikte işletilmesidir (Hacıoğlu, 2019). STEM eğitiminde mühendislik entegrasyonu sağlanması sırasında yaşanan en büyük zorluklardan birinin öğrencilerden daha önce üzerinde hiç düşünmedikleri bir ürünle ilgili yenilikçi bir fikir üretmelerini ve tasarım yapmalarını beklemek olduğu ifade edilmektedir (Lowrie vd., 2017). Bu durumda mühendisler tasarım sürecini ileri işletmek yerine var olan mühendislik tasarımlarını ön model olarak inceleyerek dönüştürmeyi ve yenilik katmayı tercih etmektedirler (Amabile, 1988; Dempere, 2009; Nazli vd., 2017). Mühendisliğin doğasında yer alan bu süreç tersine mühendislik olarak ifade edilmektedir ve bir ürünün, sistemin ya da

süreçlerin işleyişini anlamak için bir tasarım sürecinin son ürününden başlayarak ürünü sistematik bir şekilde parçalara ayırarak sistem tasarımının temel bileşenlerini yeniden düzenleme (Dempere, 2009) olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonunda da tersine mühendisliğin uygulanması yaratıcı ve yenilikçi tasarım oluşturma sürecini iyileştirme veya kolaylaştırmak için kullanılabilir (Stohlmann vd., 2012). Öğrenciler tersine mühendislik uygulamaları yoluyla fen bilimlerinde edindikleri kavramsal bilgileri yenilikçi tasarımlar geliştirerek günlük yaşam problemlerinin çözümünde kullanır ve bu süreçte mühendislik tasarım süreçlerini daha iyi anlarlar (West ve ark.,2015, s. 66). Nitekim gerek mühendislik eğitiminde (Otto ve Wood, 1998; Wood ve ark., 2001; Sheppard, 1992; Younis ve Tutunji, 2012; Lewis ve ark., 2006; Thayer, 2017) gerek fen eğitiminde (Apedoe ve ark., 2008; Kennedy ve ark., 2016; Bull ve ark., 2016; Leonard ve Derry, 2011; McGowan ve ark., 2017; Ladachart ve ark., 2021) mühendislik entegrasyonu için mühendislik tasarım sürecinin ileri işletildiği gibi tersine işletildiği uygulamalar ve araştırmalar da mevcuttur ve öğrenenlerin akademik başarı (NRC, 2012; Taşçı, 2019; Dilaver Türe, 2023) ve kariyer bilinci (NAE ve NRC, 2009; Alıcı, 2018; Taşçı, 2019; Karakaya ve ark.,2019) gelişmesine katkı sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte tersine mühendislik tasarım süreci var olan ön modelde değişim ve yenilik yapmayı içerdiğinden (Dilaver Türe, 2023), eski ve yeni fikirler arasında bağlantılar kurarak daha önce mevcut olmayan veya bilinmeyen orijinal çözümleri ya da çıktıları üreten amaçlı ve karmaşık zihinsel bir etkileşim (Jawad ve ark., 2021; akt, Akçam, 2023)şeklinde tanımlanan yenilikçi/inovatif düşünme becerisinin gelişimine de katkı sağlayacaktır. Bu araştırmaların çoğu uluslararası olmakla birlikte ülkemizde mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonunda tasarım temelli uygulamalar çok fazla olmakla birlikte, tersine mühendislik tasarım sürecinin entegre edildiği sınırlı sayıda araştırmaya rastlanılmıştır (Taşçı, 2019; Dilaver Türe, 2023) ve alan yazında hâlâ etkili uygulamaların yeterli olmadığı dikkat çekmektedir. Ayrıca beşinci sınıf düzeyinde elektrik konusun öğretiminde STEM uygulamalarının gerçekleştirildiği araştırmalara (örneğin Ülger Çetin, 2023) rastlansa da tersine mühendisliğin entegre edildiği araştırmalara rastlanmamıştır. Bu nedenle beşinci sınıf düzeyinde “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin fen öğrenmelerine, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve

kariyer ilgilerine etkisinin incelenmesi bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda araştırmanın problemi ve amacı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1.2. Araştırmanın Problemi

Bu araştırmada Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?” sorusuna cevap aranmıştır. Bu problem doğrultusunda araştırmanın alt problemleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi var mıdır?
2. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimi üzerine etkisi var mıdır?
3. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?

1.3. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; tersine mühendislik uygulamalarının ortaokul beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisini incelemektir.

Bu araştırmanın alt amaçları;

1. Fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin Fen Bilimleri dersindeki akademik başarılarına etkisini incelemektir.

2. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimi üzerine etkisini incelemektir.
3. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisini incelemektir.

1.4. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Yaşadığımız çağa uyum sağlayacak 21. yy. becerilerine sahip nitelikli bireyler yetiştirilmesinin STEM eğitiminin kalitesini yükseltmek ve STEM disiplinlerinde farkındalığı arttırmakla gerçekleşeceği belirtilmiştir (TÜSİAD, 2017). Bu doğrultuda öncelikle uluslararası sonrasında da ulusal bağlamda fen eğitime mühendislik tasarım süreçlerinin entegre edildiği tasarım temelli öğrenmeye dayalı STEM eğitimi uygulamaları önem kazanmıştır. Mühendislik tasarım sürecinin işletildiği STEM eğitimi uygulamaları öğrenenlerin fen öğrenmelerini kolaylaştırdığı, beklenen 21. yy yaşam ve kariyer becerilerinin kazandırılmasında önemli rol oynadığı ve öğrenenlerin kariyer ilgi, algı ve farkındalıklarına katkı sağladığı ortadadır (Freeman ve ark., 2015; Gough, 2015; Honey vd., 2014; Katehi vd., 2009; NRC, 2011; PCAST, 2010; Scott, 2009; Thomasian, 2011; Gough, 2015; Honey vd., 2014; Knezek ve ark., 2015). Bu nedenledir ki uygulamalar ivmelenerek artış göstermektedir. Ülkemiz fen eğitim uygulamalarında da mühendislik entegrasyonuna sıklıkla yer verildiği araştırmalarda dikkat çekici düzeydedir. Ayrıca ülkemizde uygulanan Fen Bilimleri Öğretim Programlarının (MEB, 2018; 2024) temel amaçları arasında fen bilimleri ile ilgili tüm alanlarla birlikte fen ve mühendislik uygulamaları hakkında temel bilgiler kazandırmak yer almakta ve bunu gerçekleştirmek için gerek uygulamalar gerekse de süreçlerin işletilmesi önerilmektedir. Ancak maalesef ki gerek uluslararası gerekse de ulusal araştırmalar göstermektedir ki fen eğitime mühendislik entegrasyonunda önemli bir unsur olan mühendislik tasarım sürecinin işletilmesi beklendiği gibi değildir (Roehrig vd., 2021; Çiğdem Kepir, 2024). Bu durum öğrenenlerin ve öğretmenlerin yaratıcı süreç olan mühendislik tasarım sürecinin doğasını işletmekte güçlük çekmelerinden kaynaklı olabilir (Lowrie vd., 2017). Nitekim tasarım temelli

fen eğitimi araştırmaları fen öğrenirken öğrencilerden bir ürün tasarımları istendiğinde daha önce böyle bir uygulama yapmadıkları için çekimser davrandıkları, başarılı bir tasarım yapamamaktan korktukları, süreçte nasıl bir yol izlemesi gerektiğini bilmedikleri gerekçesi ile bu süreçte zorluklar yaşadıklarını ortaya koymaktadır (Ladachart ve ark., 2021). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi uygulamalarındaki bu gibi zorlukların altından yine mühendislerin çalışma süreçlerinden biri olan tersine mühendislik tasarım sürecinin uygulanması alan yazında önerilmiştir (NRC, 2012; Wood vd., 2001; Thayer, 2017; Taşçı, 2019; Dilaver Türe, 2023). Fen eğitimine tersine mühendislik uygulamalarını entegre ederek hem yaratıcı sürecin yenilikçi sürece uyarlanması sağlanabilir hem de STEM -özellikle de fen eğitiminin bilgi, beceri ve kariyer bilinci kazandırma amacını karşılanabilir. Nitekim alan yazında fen eğitimine tersine mühendislik uygulamalarının entegre edilmesi önerilmiş ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Kennedy, Lee, & Fontecchio, 2016; Bull, Standish & TylerWood, 2016; Leonard ve Derry, 2011; McGowan vd., 2017; Ladachart vd., 2021). Ancak ulusal alanda bu araştırmalar sınırlı olduğu dikkat çekmektedir (Taşçı, 2019; Dilaver Türe, 2023). Bu uygulamalarında ileri mühendislik tasarım sürecinin işletildiği fen öğrenme uygulamalarında olduğu gibi tersine mühendislik uygulamaları sayesinde bir mühendis gibi çalışıp var olan bir üründe değişiklik(yenilik) yapma suretiyle yeni bir ürün tasarlayarak fen öğrenmelerinin gerçekleştirilmesinde etkili olacağı, fen başarılarının, yenilikçi düşünme becerilerinin, mühendislik kariyer ilgilerinin gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda bu araştırmada tersine mühendislik uygulamalarının fen eğitimine entegrasyonunun öğrenenlerin akademik başarı, yenilikçi düşünme eğilimi ve kariyer ilgilerine etkisinin araştırılmasının alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

2021-2022 eğitim-öğretim yılının bahar dönemindeki fen bilimleri derslerinde araştırmacının haftalık ders programında dersi önde başlayan sınıfta pilot çalışması ve aynı dönemde diğer sınıfta gerçek uygulaması gerçekleştirilen bu araştırmada fen bilimleri dersleri tersine mühendislik tasarım temelli fen eğitimi kapsamında

gerçekleştirilmiştir. Uygulama sırasında kontrol edilemeyen değişkenler açısından öngörülme yen sınırlılıklar aşağıda verilmiştir;

1. Öğrencilere ölçme araçları uygulanmadan önce gönüllülüğün esas olduğu ve katılmak istemeyenler için fen bilimleri dersinin sınav ve ders içi katılım puanlarına yönelik olumsuz bir durum oluşturmayaacağı içtenlikle belirtilmiştir. Katılım sağlayacakların ölçme araçlarına cevap verirken samimi olmalarının araştırma için önemli olduğu vurgulanmıştır. Buna rağmen samimi ve net olmayan cevaplar ve katılmak istemediği halde bunu belirtmeyen öğrencilerin varlığı kontrol edilemediğinden bu durum araştırmanın sınırlılığı olarak düşünülmektedir.
2. Fen öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarına yönelik öğretim süreci araştırmanın yapıldığı okulun ve araştırmacının imkânlarıyla sınırlıdır. Ancak araştırmacılar tarafından öğrenme ortamı olması gerektiği gibi sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırma öğrencilerin öğrenim gördüğü sınıfta gerçekleştirilmiştir, ancak sınıf oturma düzeni grup halinde oturacakları şekilde düzenlenmiştir, Örneğin öğrencilerin araştırma sorgulama sırasında yapacakları deneyler için sınıfta ilgili düzenleme yapılmış, eksik malzemeler temin edilmiş, mevcut şartlarda güvenli deney yapmaları için gerekli uyarılar tekrarlanmıştır. Mühendislik uygulamaları da aynı sınıfta gerçekleştirilmiştir. Bunun için malzeme dolabı oluşturulmuştur. Ayrıca tersine mühendislik için kullanılacak gece lambası özelliği piyasada yer almadığından araştırmacı tarafından tasarlanmış olarak öğrencilere sunulmuştur. Öğrencilerin son tasarımlarında yeni bir gece lambası tasarımı yapmak istediklerinde ulaşılabilen materyal ve malzemeler temin edilmeye çalışılmıştır. Okulun fiziki durumu ya da zaman ve ulaşım sınırlılığından temin edilemeyen durumlar bu araştırmanın sınırlılığı olarak değerlendirilebilir.
3. Araştırma sürecinde fen bilimleri derslerinde grup çalışması gerçekleştirilmiş ve öğrenciler tersine mühendislik uygulamaları sırasında çözüm önerilerini gruplarıyla oluşturmuşlardır. Çalışma grupları, işbirlikli çalışma grupları çerçevesinde oluşturulmuştur. Öğrencilerin grup içinde aktif olmaları, her birinin fikir belirtmesi ve malzemeleri kullanarak tasarım yapma aşamasına

katılmaları öğretmen tarafından yapılan yüreklendirmeler ve motivasyon çabaları ile sınırlıdır.

4. Bu araştırmada veri toplama araçları öğrencilere kendi sınıflarında ve derslerinde uygulanmıştır. Bu nedenle çevre koşulları (sınıfın sıcaklığı, ışığı, düzeni) gibi durumlar sınıfın var olan şartları dışına çıkılamamıştır. Bu şartlar uygun şartlar olarak değerlendirilmiştir, ancak bu şartlar dışındaki durumlar araştırmanın sınırlılığı olarak değerlendirilebilir.
5. Araştırmanın katılımcıları, araştırmacı öğretmenin görev yaptığı Giresun ili merkezinde yer alan bir devlet ortaokulunun 2021-2022 eğitim öğretim yılı ikinci döneminde öğrenim gören ve araştırmaya gönüllü katılan ve verilerinin kullanımına veli izni olan 21 beşinci sınıf öğrencisiyle sınırlıdır.
6. Araştırmanın uygulama süreci öğretim programının ön gördüğü süre olan 16 ders saati (dört hafta, haftada dört ders saati olmak üzere) ile sınırlıdır. İlk kez mühendislik tasarım uygulaması yapan öğrenciler için bu süre bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir.

1.6. Araştırmanın Varsayımları (Sayıtları)

Bu araştırmada öngörülen varsayımlar için araştırmacı, öğrencilere ölçme araçları uygulanmadan önce gönüllülüğün esas olduğuna ve katılmak istemeyenler için fen bilimleri dersinin sınav ve ders içi katılım puanlarına yönelik olumsuz bir durum oluşturmayacağına ve katılım sağlayacakların ölçme araçlarına cevap verirken samimi olmalarının araştırma için önemli olduğuna yönelik açıklamaları samimiyetle yapmıştır.

1. Öğrencilerin araştırmada kullanılan veri toplama araçlarına gerçek düşüncelerini yansıtan samimi cevap verdikleri varsayılmıştır.
2. Görüşleri alınan uzmanların, içten ve objektif oldukları, araştırmada ölçme araçlarıyla toplanan verilerin kodlanmasında, analizinde ve değerlendirilmesinde kontrol altına alınamayan ve sınırlılıklarda belirtilen değişkenlerden ötürü oluşabilecek herhangi bir yanlılık olmadığı varsayılmıştır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Fen Eğitiminde STEM Eğitimi Yaklaşımı ve Önemi

Bilgi toplumu olarak adlandırılan günümüzde bireylerden farklı veri tabanlarında oluşturulmuş bilgi yığınlarını analiz edip değerlendirerek içinden doğru ve güvenilir bilgiyi seçmeleri, bu bilgiyi günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemlerin çözümünde kullanmaları ve hayatlarını kolaylaştıracak tasarım yapmaları (ürün oluşturmaları) beklenmektedir. Bunların gerçekleştirilmesi bireylerin temel becerilere ek olarak üst düzey beceri ve yeterliliklere sahip olması ile ilişkilidir (Anagün ve ark., 2016, s.161). 21. yüzyıl becerileri olarak adlandırılan bu becerilerin temelinde, hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin içinde öğrencilerin bilgiye sahip olmasından çok bu bilgileri nasıl kullanabildiklerinin ön plana çıkması yatmaktadır (Silva, 2009, s. 630). Bilim insanların veya toplumun ihtiyaçlarının karşılanması için öğrencilerin bilim öğrenmelerinin yanı sıra gerçek yaşamdaki problemlere disiplinler arası bir bakış açısıyla yaklaşarak fen öğrenmeleri ve bilim okuryazarları olmaları gerekmektedir (Caughran, 2010). Bilim ve teknolojiadaki gelişmelerle şekillenen 21.yy da bireylerin ve toplumların ihtiyaçlarının karşılanması geçmişteki eğitim sistemleri ve öğretmen rolleri ile mümkün değildir. Çağımızda yaşanan problemler çok boyutlu (sosyal, ekonomik, politik, biyolojik) olduğundan öğrencilerin birden fazla disiplini iş birliği içinde birlikte kullanabilecek, yenilikçi, üretken ve bir bilim insanı gibi düşünebilecek şekilde yetiştirilmesini gerektirmektedir. Bu doğrultuda devletler eğitim politikalarında değişikliğe giderek özellikle fen bilimleri alanında disiplinler arası öğretim programlarının oluşturulmasını sağlamıştır (Hacıoğlu, 2017). Bilimsel ve teknolojik gelişmelerdeki hızlı artışla birlikte disiplinlerin entegrasyonunu içeren disiplinler arası eğitim STEM eğitimine doğru değişikliğe uğramıştır.

STEM eğitimi; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonunu temel aldığı için öğrenenler için amaca uygun bütüncül yaklaşım ile öğrenmenin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Smith ve Karr-Kidwell, 2000). STEM eğitiminin “iki veya daha fazla STEM alanını gerçek dünya sorunlarını çözmek amacıyla bir araya getirmek veya bir proje tasarlamak üzerine odaklanmış bir yaklaşım” olarak tanımlandığı da görülmektedir (Kennedy ve Odell, 2014, s.246). STEM eğitimi ile günlük hayatta karşılaştığımız kompleks problemlerin anlaşılabilirlikten gelinebileceği belirtilmektedir (Moore, vd., 2014; Johnson, 2012; Morrison, 2006; Bybee, 2010; Pleasants, 2020). STEM odaklı etkinlikler sayesinde öğrenenler teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin uygulamaları ile bilimsel bilgileri harmanlayarak gerçek yaşam problemlerini çözebilir (Morrison, 2006; Bybee, 2010). Disiplinler arasındaki sınırların kaldırılması ile bu amaca hizmet edilebilir (Chiu, Price & Ovrachim, 2015; Dugger, 2010; Ercan, 2014; Meng, Idris & Eu, 2014). Ülkelerin teknolojik ve ekonomik olarak büyüyerek ilerlemeleri ve iş yaşamlarında başarılı ve üretken bir vatandaş olabilmeleri 21.yy becerilerine sahip bireylerin varlığıyla mümkündür (Trilling ve Fadel, 2009; Beswick ve Fraser, 2019). 21.yy becerilerinin geliştirilmesi ve öğrenenlere bu becerilerin kazandırılması için STEM eğitim yaklaşımı kullanılmaktadır (Lacey & Wright, 2009; Güven, 2020). STEM eğitimi ile yeni nesillerin inovasyon ve diğer 21.yy. becerileriyle donatılmaları ve disiplinlerin arasındaki doğal etkileşimlerin öğretimdeki işlevselliğini çoğaltan süreç veya sonuç ortaya çıkarmanın mümkün olduğu ifade edilmektedir (Çorlu,2012). Öğrencilerin STEM disiplinleri yoluyla bilimle uğraşmalarını sağlamanın yaşadıkları dünyayı araştırarak, modelleyerek açıklamalarını, farklı yaklaşımlarla deneyim kazanarak bilimsel bilginin geliştirilme sürecini anlamalarını, edindikleri bilgileri derinleştirerek daha anlamlı hale getirmelerini sağladığı bilinmektedir (Quinn ve ark., 2012; Dilaver Türe, 2023). Bununla birlikte STEM entegrasyonu sayesinde öğrencilerin problem çözme ve keşfetme yeteneklerinin geliştiği, özgüvenlerinin arttığı, mantıklı düşünme, yenilikçi ve teknoloji okuryazarı olma becerilerinin geliştiği (Morrison, 2006), öğrenme motivasyonlarına, davranış ve ilgilerine ve okul başarılarına yönelik olumlu katkıda bulunduğu (Furner ve Kumar, 2007; Stinson,ve ark., 2009) belirtilmiştir.

STEM eğitiminin odağında fen, matematik, mühendislik ve teknolojinin entegrasyonuna dayalı öğretim, takım çalışması (iş birliği), yaratıcı, eleştirel, analitik ve yenilikçi düşünme, problem çözme, araştırma yapma ve tasarım yapma becerisini içeren etkinlikler yer almaktadır (Baran ve ark., 2015). Disiplinler yapıdaki öğretim programları STEM disiplinlerinin entegrasyonuna izin vermediğinden (Bybee, 2010) STEM disiplinlerinden birinin veya ikisinin entegrasyonunun gerçekleştirilebileceği dikkat çekmektedir (Sanders, 2009). Nitekim K – 12 düzeyinde öğretim programları kapsamındaki fen ve matematik disiplinleri içine diğer STEM disiplinlerinin entegrasyonunun sağlanmasının en iyi yol olduğu belirtilmektedir (Bybee, 2000). Fen ve matematik ile yakından ilişkili olan mühendisliğin (NAE ve NRC, 2009; NRC, 2012), fen ve matematik içerik bilgisi ve teknoloji okuryazarlığını geliştirmek için birleştirici özellikte olduğu bilinmektedir (Felix, 2010, s.1). Mühendislik disiplininin fen eğitime entegrasyonunun sağlanması için çeşitli araştırmacılar için farklı yaklaşımlar önerilmiştir (Leonard, 2004; Mehalik vd., 2008; Wendell, 2008; Marulcu, 2010; Felix, 2016). Bu yaklaşımlardan biri de mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımıdır (ITEA, 1996,2000/2002/2007). Bu yaklaşımda fen öğretimi, gerçek bir yaşam ihtiyacına yönelik bir mühendislik problemini çözmek için mühendislik tasarım sürecinin işe koşulmasıyla gerçekleştirilmektedir (Ercan, 2014). Mühendislerin problem çözme yaklaşımı olarak belirtilen mühendislik tasarım süreci, *K-12 Eğitiminde Mühendislikte* “mühendislerin, mühendislik problemlerini çözmek, genellikle belirli bir amaca hizmet etmek, bir araç ya da süreç ortaya koymanın en iyi yolunu belirlemek için kullandıkları yaklaşım” olarak tanımlanmaktadır (NAE & NRC,2009, s. 38). Mühendislik tasarımının fen eğitime entegrasyonu ile öğrencilerin feni günlük yaşamla ilişkilendirmeleri, bilime yönelik anlayış geliştirmeleri (Leonard, 2004), fen kavramlarını öğrenme sürecinde motive olmalarını (Moore, vd., 2014), fen içeriğini öğrenmelerine katkı sağlayacağını (Cantrell, vd., 2006; Marulcu, 2010; Schnittka ve Bell, 2011; NRC, 2012) ve öğrencilerde mühendislik tasarımını anlama ve uğraşma yeteneğini, mühendislik çalışmaları ve mühendislik farkındalığını arttırdığı, kariyer olarak mühendisliğe ilgiyi arttırdığı (NAE ve NRC, 2009, s. 49-50) yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Uluslararası fen ve matematik eğitimi başarılarına bakıldığında ülkemizin uluslararası ortalamaların gerisinde kaldığı görülmektedir. Bu başarısızlığın en önemli nedenlerinden biri olarak öğrenme ve öğretme ortamında hala kullanılan klasik bazı yöntem ve tekniklerin olması gösterilebilir. Günümüzde verilecek fen eğitiminde, öğrencilerin fen bilimlerini öğrenmeleri ve öğrendiklerinin kalıcı hale gelmesi için öğrenme ortamında ancak bir bilim insanı gibi çalışması gerektiği düşünülmektedir (Çavaş vd., 2013).

Öğrenme için mühendisliğin fen eğitimine nasıl entegre edileceği ile ilgili eksikliklerin ortaya çıktığı (English & King, 2015; Hudson, English & Dawes, 2014; Miaoulis 2014) bilinse de ülkemizde 2018 yılında Fen Bilimleri Öğretim Programında yerini alan ‘Mühendislik ve Tasarım Becerileri’ kapsamında yapılacak etkinliklere vurgu yapılmıştır (MEB, 2018). 2024-2025 eğitim öğretim yılında uygulanmaya başlayan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024)’nda ise bilim, teknoloji, mühendislik ve tasarım temelli olarak becerilerin birbirleriyle bütünleştirilmesine “Disiplinler Arası İlişkiler” gelişim alanında yer verilmiş, öğrencilerin tasarım odaklı uygulamalar ile fen bilimleri ve mühendislik alanlarına yönelik girişimci ve kariyer bilincine sahip olmaları, disiplinler arası bakış açısıyla yenilikçi çözümler geliştirmeleri hedeflenmiştir (MEB, 2024). Bu değişiklikler de STEM eğitiminin Türkiye’de öneminin arttığına ve disiplinlerarası ve disiplinler üstü fen öğretimi için STEM uygulamalarının gerekliliğine işaret etmektedir.

2.2. Fen Eğitimine Mühendislik Entegrasyonu

Tüm dünya ülkeleri için teknolojik inovasyon gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir (NAE ve NRC, 2002; ITEA,2007). Fen ve mühendislikteki gelişmeler yoluyla ortaya konulan inovasyonun genellikle gelecekte ekonomik kalkınmanın temel dayanağı ve yeni iş imkanlarının yaratıcısı olduğu ve ülkedeki mühendis ve fen bilimleri uzmanlarından oluşan (%4’lük bölüm) iş gücünün diğer (%96’lık bölüm) işgüçleri için iş fırsatları oluşturduğu bildirilmiştir (NRC, 2011, s.3). Bu durum, toplumlar için fen, teknoloji ve mühendislik ile ilgili meslek alanlarında yetişmiş

nitelikli insanlara olan ihtiyaca işaret etmektedir. Mühendisliğin bireylerin kariyerine ve toplumların gelişmesine yönelik katkıları düşünüldüğünde eğitimde daha fazla yer alması gerektiği açıktır (Bybee, 2010; Gülhan, 2016). Bybee (2000) K-12 düzeyinde öğretim programlarındaki fen ve/veya matematik derslerinin içine diğer STEM disiplinleri olan mühendislik ve/veya teknolojinin uygun bağlamlar kurularak entegre edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. K-12 Mühendislik Eğitimi Komitesi (Committee on K-12 Engineering Education)'nde 2006 yılında K-12 mühendislik eğitimi için belirlenen genel prensiplerin mühendislik tasarımını vurgulamasının; matematik, fen, teknoloji bilgi ve becerilerini içererek bileşiminin yapılması, mühendislikle ilgili zihin alışkanlıklarını teşvik edilmesini gerektirdiğini göstermektedir (Katehi vd., 2009, s. 4). Bu doğrultuda, ABD'de 2013 yılında 26 eyaletin iş birliği ile yayınlanan NGSS (Next Generation Science Standarts) ve NRC (2012) tarafından yayınlanan "K-12 için Fen Eğitimi Çerçevesi: Uygulamalar, Kesişen Kavramlar ve Temel Konular" adlı raporda bu düşünceden yola çıkılarak mühendislik tasarım problemleri çerçevesinde STEM disiplinlerinin entegrasyonunun sağlanması hedeflenmiştir (Roth, 2001; Wendell, 2008; Daugherty, 2012; Pratt, 2012; Strong, 2013).

STEM odaklı uygulamalarla ilgili literatüre bakıldığında, ülkemizdeki öğretim programları disiplinler yapıda olduğundan STEM eğitim yaklaşımının uygulanmasında disiplinlerden birinin içine diğer disiplin ya da disiplinlerin entegrasyonunun sağlanmasının uygun olacağı belirtilmektedir (Hacıoğlu, 2017; Bozkurt Altan ve Hacıoğlu, 2018). Literatürde fen eğitimine mühendislik disiplininin entegrasyonunu sağlamak üzere gerçekleştirilecek STEM eğitimi için tasarım temelli öğrenme (Aranda vd., 2020; Bozkurt, 2014; Ercan, 2014; Hacıoğlu, 2017; Kızılkuş Bulut, 2019; Hacıoğlu & Dönmez Usta, 2020; Canbazoğlu Bilici ve Özer, 2021; Bryan ve Guzey, 2020; Guzey & Jung, 2021; Yıldırım ve Altun, 2015; Subaşı, 2022; Gülcü, 2023; Zeid vd., 2014), probleme dayalı öğrenme (Asunda ve Mativo, 2016; Carter, 2013; Havice, 2009; Havice, 2015; Honey vd., 2014; Kennedy ve Odell, 2014; Lantz, 2009; Alıcı, 2018; Baran, 2019; Ergun ve Külekci, 2019; LaForce ve ark., 2017; Parno ve ark., 2019), proje tabanlı öğrenme (Carter, 2013; Hanover Research, 2013; Havice, 2009; Havice, 2015; Kennedy ve Odell, 2014; Sabo vd., 2014; Lou vd., 2011; Mutakinati vd., 2018; Parno vd., 2020a; Parno vd., 2020b; Tseng vd., 2013; Yuliati vd., 2018),

araştırma-sorgulama tabanlı öğrenme (Harkema, Jadrich ve Bruxvoort, 2009; Sabo vd., 2014) pedagojilerinin disiplinler arası anlayışla işletilmesi önerilmektedir.

Fen öğretiminin temel amacının etkili fen öğretimi gerçekleştirirken bununla birlikte bilginin uygulanmasına imkân sağlayan mühendislik tasarım sürecinin işletilmesinin de fen kavramlarının öğrenilmesi için iyi bir bağlam sağladığı (Bybee, 2010; Doppelt vd., 2008; Fortus, Dersheimer, Krajcik, Marx Mamlok-Naaman, 2004; Fortus vd, 2005; McCormick, 2004) bilinmektedir. Öğrencilerin fen eğitiminde mühendislik entegrasyonu için pedagojik olarak teknolojik/mühendislik tasarım temelli fen öğrenme (T/MTTÖ) yaklaşımı önerilmektedir (Ercan, 2014; Bozkurt Altan, 2017; Hacıoğlu, 2017). Mühendislik Tasarım Temelli Öğrenmenin fen bilimleri disiplinindeki uygulamalarının Tasarım Temelli Fen Eğitimi olarak adlandırıldığı görülmektedir (Kolodner, 2002; Mehalik vd., 2008; Wendell, 2008; Bozkurt, 2014; Felix, 2016). Bu yaklaşımda fen kavramları ve süreçleri, mühendislik problemleri temel alınarak bilimsel araştırma- sorgulama ve mühendislik tasarım süreci aracılığıyla öğretilmektedir (Daugherty, 2012). Teknolojik/mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımının fen eğitiminde kullanılmasının (Zeid vd., 2014) öğrencilere öğrendiklerinin gerekliliğini anlamalarına imkân tanıyacağı ifade edilmektedir (Hacıoğlu, 2017). Bu uygulamaları anlayabilmek için mühendislik mesleğini, mühendislik tasarım sürecini ve mühendislik tasarım sürecinin bilimsel araştırma sorgulama süreciyle nasıl entegre işletilebileceğini anlamak gereklidir.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine [NASEM] (2020) ve NRC (2009) tarafından ifade edilen mühendislik disiplini; döngüsel, amaç odaklı, sistematik yapıda, takım çalışmasına dayanan, yaratıcılık içeren, problemleri çözülebilir bir sorun olarak gören, başarısız olma durumunu da doğal kabul eden, sosyal ve etik kuralları gözetken ve insan ürünü olması gibi bazı temel niteliklere sahiptir.

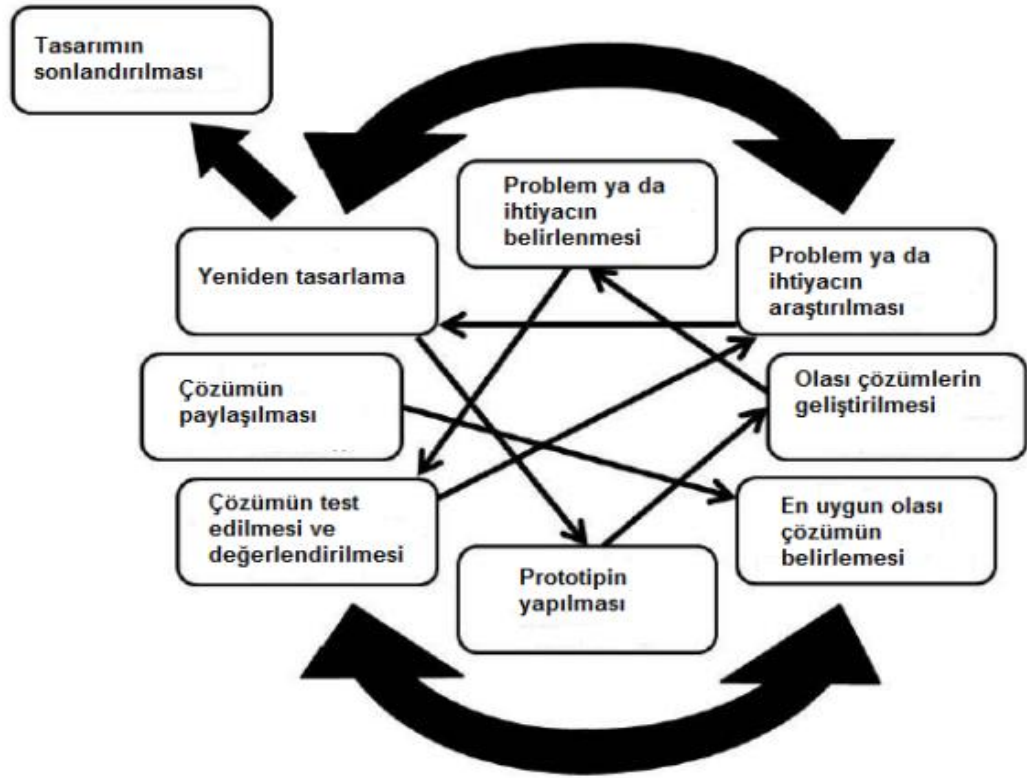
Türk Dil Kurumu Sözlüğü'nde (Türk Dil Kurumu [TDK], 2024) mühendis, insanlığın ihtiyaçlarını karşılamak için iyi bir estetik tasarım ile temel bilimler çerçevesinde en az maliyette en yüksek verimlilik ve güvenlikle teknoloji veya sistem geliştiren kimse

olarak tanımlanmaktadır. Mühendislik kavramı için farklı araştırmacılar tarafından farklı tanımlar da yapılmıştır. Petroski (1996) ye göre mühendislik; ‘tarih boyunca uygulanan, insanın problem çözmesi olarak düşünülen, son yüzyıllarda matematiksel analize ve bilimsel anlayışa oldukça bağlı olan meslekler ve akademik disiplinler halinde resmileştirilmiştir. Wulf (1998) mühendisliği, ‘Toplumun ihtiyaç ve isteklerine uygun çözümler sunmak amacıyla matematik ve fen bilgisini kullanarak yaratıcılıkla gerçekleştirilen karmaşık bir girişim’ olarak tanımlarken; Licker (2003) mühendisliği, ‘Mühendislik, maddeleri ve doğadaki enerji kaynaklarını yapılarda, makinelerde ve ürünlerde insanlar için yararlı hale getiren bilim’ olarak tanımlamıştır. National Academy of Engineering (NAE), 2004 “Mühendisliğin sınırlamalara göre gerçekleştirilen tasarımlar olduğunu ve mühendislerin cihazları, bileşenleri, sistemleri ve alt sistemleri sınırlamalara göre tasarladıklarını” belirtirken; National Research Council (NRC, 2009) mühendisliği “Problemlerin çözümü için bir süreç ve bir bilgi bütünü olarak insan yapımı ürünlerin oluşturularak tasarlanması” olarak açıklamaktadır. Şen (2011) bu tanımlardan yola çıkarak mühendisliği, “Bilimsel ilke, araştırma ve çalışmalar sonucunda toplumun problemlerine çözüm bulmak ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla doğadaki kaynakların teknoloji ile verimli biçimde kullanılarak makinelere, yapılara, ürünlere, sistemlere dönüştürülmesi” şeklinde tanımlamıştır.

Mühendislik tasarımı ise, mühendislerin var olan problemlerin veya ihtiyaçların tanımlanmasıyla başlayan ve sonunda çözüm olarak bir ürün, sistem veya tasarımın belirlenen kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde yaratıcılıkla oluşturulması sürecini ifade etmektedir (NRC, 2012). Mühendislik tasarımında, doğrudan veya dolaylı olarak yaşam kalitemizin iyileşmesini sağlayan tasarımların oluşturulma süreçlerinde doğa ve fen yasaları bağlamında zaman, bütçe, kullanılabilir malzemeler, ergonomi, çevre ile ilgili kanunlar, üretilebilirlik, tamir edilebilirlik, teknik, ekonomik, politik, sosyal ve etik konularla ilgili bazı sınırlamalar göz önünde bulundurulur (NAE,2004; NRC, 2009). International Technology Education Association [ITEA] (2000) Mühendislik tasarımının sahip olduğu karakteristik özellikleri; amaç odaklı olma, belirli gereksinimlere dayanma, sistematik ve döngüsel olma, doğasında yaratıcılık barındırma ve tasarım probleminin çözümüne yönelik çoklu çözüm yolları içermek

olarak belirtmiştir. Buradan mühendislerin insan ihtiyaçlarını karşılayacak tasarım geliştirmek için mühendislik tasarım sürecini işletmeleri gerektirdiği çıkarılmaktadır. Bu nedenle bu sürecin ayrıntılı tanıtılması ve anlaşılması fen öğretim uygulamaları açısından önemlidir.

Hynes ve diğerleri (2011) mühendislik tasarım sürecini, problemin(ihtiyacın) tanımlanması, problemin(ihtiyacın) araştırılması, olası çözümlerin geliştirilmesi, en uygun çözümün seçilmesi, prototipin yapılması, prototipin test edilmesi, çözümün sunulması, gerekirse prototipin yeniden tasarlanması ve tasarımın sonlandırılması olmak üzere dokuz adımda açıklamıştır. Bu adımların fen öğretim sürecine entegrasyonu da disiplinler arası öğretim için önemli ve değerlidir.



Şekil 2.1. MDOE (2010) Mühendislik Tasarım Süreci Yaklaşımı (Hynes ve ark., 2011; aktaran, Ercan, 2014)

Şekil 2.1 incelendiğinde mühendislik tasarım sürecinde kullanılan akış çizgileri sürecin dinamik ve döngüsel yapısını gösterdiğinden uygulama adımları arasında

geçişler yaşanabilmesi mümkündür. Hynes ve ark. (2011) mühendislerin prototipin yapımından sonra prototipin test edilmesi sırasında daha önce düşünemedikleri sınırlılıkları fark ederek problem(ihtiyacın) araştırılması adımına geri dönölmesi gerekebileceğini örnekle belirtmiştir. MDOE (2010) tarafından belirtilen mühendislik tasarım süreci yaklaşımının ortaokuldan (5.sınıf) lise son sınıf düzeyine (12.sınıf) kadar kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Mühendislik tasarım sürecine yönelik çeşitli yaklaşımlar incelendiğinde uygulama adımları farklılık gösterse bile bütün yaklaşımların benzer bir çerçevede ele alındığı görölmektedir. Bu bağlamda mühendislik tasarım sürecinin, problem veya ihtiyacın tanımlanması ile başladığı (Hynes vd., 2011), mühendislik probleminin nasıl çözüleceğine yönelik beyin fırtınasına dayalı tartışmalar (Haik & Shahin, 2011) kullanılarak bilimsel araştırma sorgulama süreçleriyle farklı fikirler üretilmesiyle devam ettiği, üretilen fikirler içerisinde en iyi çözüm önerisi seçilerek (ITEA, 2000) seçilen çözüm önerisine uygun prototipler ve/veya tasarımlar oluşturulduğu ve test edildiği (NASA, 2014), test edilmesi sırasında sorun olursa prototipin/tasarımın revize edildiği (Cunningham & Hester, 2007), test etme aşamasında oluşturulan prototiplerin/tasarımların kriter ve sınırlılıklar çerçevesinde problemin çözümüne ne derece hizmet ettiğinin değerlendirildiği (Hynes et al., 2011), değerlendirme aşamasında en iyi çözümün sağlanması için kriter ve sınırlılıklar arasında denge kurularak optimizasyon sağlandığı ve sürecin tasarımın sunulması ile tamamlandığı (NRC, 2009) döngüsel bir süreç olduğu (Simon, 1975) ortak özellikler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mühendisliğin fen eğitime entegrasyonu ve tasarım temelli fen eğitime yönelik yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Harkema vd (2009) fen ve mühendisliğin günlük yaşamda bir arada olduğuna ve bu disiplinlerin laboratuvar uygulamalarıyla birleştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir. Laboratuvar etkinliklerinde mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımı kullanılmasıyla kalıcı öğrenmenin sağlanacağı, fen dersine ilginin artacağı ve bilimsel deneylerin doğasının öğrenilebileceği belirtilmiştir.

Pleasants & Olson (2019) yaptıkları araştırmada fen yoluyla tasarım ya da tasarım yoluyla fen yaklaşımlarını, öğrencilerin mühendislik uygulamaları yapabilmeleri ve mühendisliğin doğasını öğrenebilmeleri sürecinde kullanmışlardır.

Lewis vd (2006) fen eğitiminde tasarım temelli öğrenmeye yönelik çeşitli modelleri, bilim yoluyla tasarım ve tasarım yoluyla bilim yaklaşımları olarak sınıflandırmıştır. Tasarım yoluyla bilim yaklaşımında 'bilimin tasarımı teşvik eden bir araç haline nasıl geldiği' (s. 269) vurgulanmaktadır. Öğrencilerin öncelikle bilimsel araştırmaya katılarak bilgi edinmeleri ve tasarım temelli etkinlikler ile bilimsel bilgiyi yapılandırmaları sağlanmıştır. Bu şekilde mühendislik tasarım süreci 'bilim kavramlarını öğretmek için bir araç' olarak işletilmiştir.

Apedoe vd (2008) tasarım temelli öğrenmeyi bilimsel araştırma ve mühendislik tasarımının birleşimi olarak düşünmektedir. Bu yüzden yaptıkları araştırmada, öğrencilerin tasarım temelli bir etkinlik yoluyla bilimsel bilgiyi yapılandırma fırsatına sahip olmalarını sağlamak için bilimsel araştırmayı mühendislik tasarım sürecine kasıtlı olarak entegre etmişlerdir.

2.2.1. Fen eğitimine ileri mühendislik entegrasyonu

Mühendislik disiplini; ileriye mühendislik ve tersine mühendislik olarak iki bölümde incelenmektedir. Bu incelemeyi daha detaylı açıklamak gerekirse, ileriye mühendislik, bir sistemin soyut ve mantıksal bir tasarımdan maddesel bir tasarıma dönüşmesini içeren bir süreçtir. Bu sürecin yeni şeyler oluşturmak için bilginin kullanılması, yeni bir şeyi bilerek nasıl çalıştığının öğrenilmesi ve yeni şeylerin başkalarının kullanımına hazır hale getirilmesiyle gelişebilir olduğu ifade edilmektedir (Türkücü & Börklü, 2018).

Mühendislik tasarım süreciyle ilgili literatür incelendiğinde, mühendislik tasarım sürecinin araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ele alındığı görülmektedir (Eide, Jenison, Mashaw & Northrup, 2001; Fortus vd., 2004; Gattie & Wicklein, 2007; Dym

vd., 2009; Hynes vd., 2011; Householder & Hailey, 2012; Karahan, Guzey & Moore, 2014; Felix, 2016; Wendell vd. 2010).

Boston bilim müzesi (EİE, 2022) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım süreci, sor, hayal et, planla, yarat ve geliştir olmak üzere beş aşamadan oluşmaktayken; National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2014) tarafından hazırlanan mühendislik tasarım süreci; soru sorma, hayal etme, planlama, oluşturma, test etme ve geliştirme olmak üzere altı aşamadan oluşmaktadır. Ortaokul ve imam hatip ortaokulu beşinci sınıf fen bilimleri ders kitabındaki mühendislik tasarım döngüsünün; problemi belirlemek, çözümler üretmek, planlamak, tasarlamak, test etmek ve geliştirmek basamaklarından oluştuğu görülmektedir (Akter vd., 2021, s.12).

Mühendislik tasarım sürecinin K-12 düzeyinde kullanımıyla ilgili alan yazında yer alan araştırmalarda farklı yaklaşımların benimsense de (Felix, 2016; Leonard, 2004; Marulcu, 2010; Mehalik vd., 2008; Wendell, 2008; Wendell vd., 2010; Mentzer, 2011; Brunsell, 2012) çoğunlukla mühendislik tasarım süreci denilen ileri mühendislik tasarım sürecinin işletildiği dikkat çekmektedir.

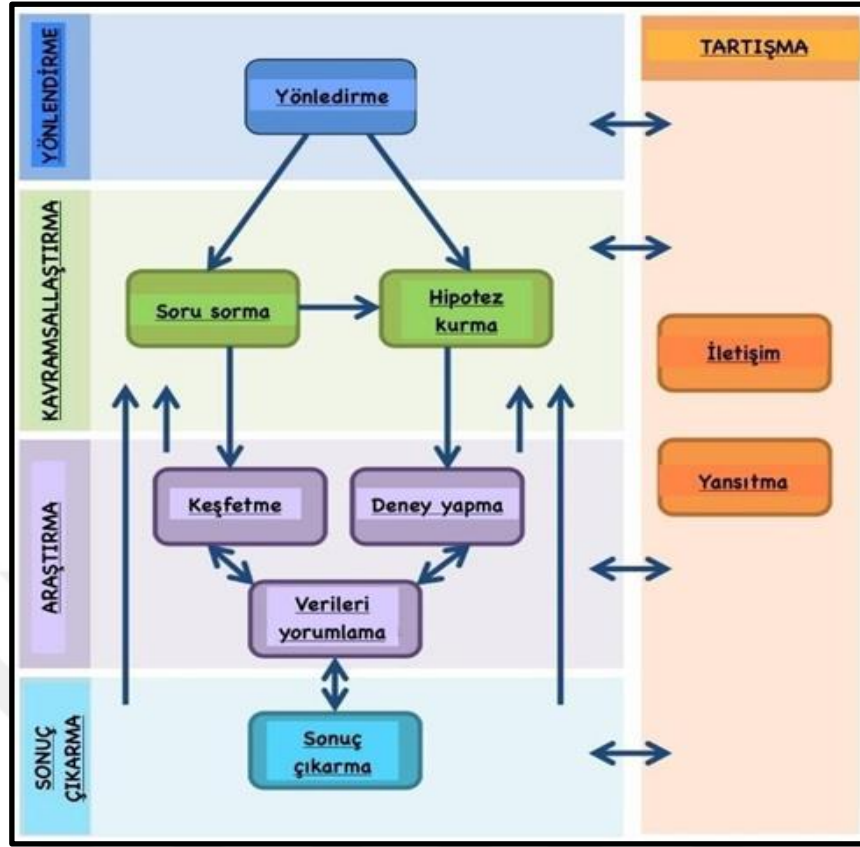
Mühendislik tasarım sürecine yönelik öğretim yaklaşımları incelendiğinde işlem basamakları ve bu basamakların isimlendirilmeleri birbirinden farklıdır. Ancak uygulama adımlarına bakıldığında tüm yaklaşımların benzer bir yapıda olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 2.2, Ercan, 2014'ten alınmıştır).

Yazar	Uygulama Adımları	İşlemler													
		Sorular sorma	Kısıtlamalar	Kriterler	Araştırma	Beşin fırtınası	Tahmin etme	Deneyisel veri	Prototip yapma	Optimizasyon	Bileşen / sistem	Değerlendirme	Karar matrisleri	Modelleme	Analiz
Mentzer (2011)	Problemin tanımlanması	+	+	+							+				
	Çözümler				+	+								+	
	Analiz/Modelleme						+								+
	Deneme							+	+			+	+		
	Karar verme									+					
Brunsell (2012)	Takım çalışması														
	Problemin tanımlanması		+	+	+										
	Olası çözümlerin geliştirilmesi					+									
	Çözümlerin analiz edilmesi							+	+			+	+		
	Çözümlerin en uygun hale getirilmesi													+	+
NRC (2012)	İletişim														
	Probleminin tanımlanması ve sınırlandırılması		+	+											
	Olası çözümlerin geliştirilmesi				+	+			+		+			+	+
	Tasarım çözümünün en uygun hale getirilmesi									+		+	+	+	+
	Problem tespit edilmesi		+	+											
Wendell et al. (2010)	Olası çözümlerin araştırılması				+	+								+	
	En uygun çözümün belirlenmesi											+			
	Prototipin yapılması							+							
	Prototipin test edilmesi														
	Problem ya da ihtiyacın belirlenmesi		+	+											
MDOE (2010)	Problem ya da ihtiyacın araştırılması				+										
	Olası çözümlerin geliştirilmesi					+									
	En uygun olası çözümün belirlenmesi								+					+	
	Prototipin yapılması							+							
	Çözümün test edilmesi ve değerlendirilmesi										+				
	Çözümün paylaşılması														
	Çözümün paylaşılması														
	Yeniden tasarlama														

Şekil 2.2. Çeşitli tasarım süreci yaklaşımları ve yürütülen işlemler (Ercan, 2014)

Wendell (2008, s.34) Mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonuna ilişkin geliştirilen farklı yaklaşımların tamamının ilgili alan yazında “Tasarım Temelli Fen Eğitimi” (TTFE) olarak adlandırıldığına dikkat çekmektedir ((Kolodner, 2002; Wendell, 2008; Mehalik, Doppelt ve Schunn, 2008; Bozkurt, 2014; Bozkurt Altan vd., 2016). Tasarım temelli fen eğitimi, öğrencilerin fen öğrenmelerini, günlük yaşamda karşılaştıkları problemlere yönelik STEM disiplinlerini içeren bilgi ve becerilerini kullanıp bir mühendis gibi yaratıcı çözümler üretmelerini ve bu çözümlerini modelleyerek test etmelerini sağlar (Bybee, 2010; Wendell & Rogers, 2013). Bu bağlamda, bu araştırmada tersine mühendislik tasarım temelli fen eğitimi uygulamalarına yer verilmiştir.

Mühendislik tasarım süreci ile fen eğitiminde kullanılan bilimsel araştırma sorgulama sürecinin (Şekil 2.3) doğası birbirine benzemektedir (Hacıoğlu, 2017; Adanır, 2021). Bu doğrultuda mühendislik tasarım süreci içerisinde bilimsel araştırma sorgulama süreci kolaylıkla yürütülebilir (Reeve, 2015b; Rockland ve ark., 2010).



Şekil 2.3. Araştırmaya dayalı öğrenme çerçevesi (Genel aşamalar, alt aşamalar ve ilişkileri) (Pedaste, 2015, akt, Adanır, 2021).

Mühendislik tasarımında problem tanımlanarak araştırılır, beyin fırtınasıyla olası çözümler geliştirilirken; bilimsel araştırma sorgulama sürecinde soru formüle edilerek araştırılır, hipotez kurulur ve değişkenler tanımlanır. Mühendislik tasarımında olası çözümler içinden en iyi çözüm seçilir, tasarım(prototip) yapılarak test edilir, ürün pazarlanır, yeni sorunlar oluşursa yeniden tasarım yapılır. Bilimsel araştırma sorgulama sürecinde en iyi hipotez seçilir, planlama yapılarak deney gerçekleştirilir, veriler analiz edilerek sonuçlar değerlendirilir ve sunulur, yeni hipotezler geliştirilerek yeni deneyler tasarlanır (Rockland ve ark., 2010; Trilling ve Fadel, 2009; Zeid vd., 2014). Bu doğrultuda tasarımla birlikte gerçekleştirilen araştırma- sorgulama sayesinde fen kavramlarının (içerik bilgisinin) derinlemesine öğrenilmesinin, yenilikçi (inovatif) düşünmenin, bilişsel, sosyal, iletişim becerilerinin gelişmesinin ve STEM kariyer algılarında değişiklik oluşmasının sağlanacağına vurgu yapılmaktadır (Crismond, 2001; Kolodner, vd., 2003; Fralick vd., 2009; Felix, 2016; Ohio, 2007, akt., Yavuz, 2019).

Ulusal Mühendislik Akademisi [NAE] ve Ulusal Araştırma Kurulu (NRC) tarafından 2009 yılında yayınlanan "K-12 Eğitiminde Mühendislik: Durumun Anlaşılması ve Beklentilerin Karşılanması" adlı raporda mühendislik eğitiminin ilkokul ve ortaokul öğrencilerinin fen ve matematik öğretimindeki başarılarını artırma, mühendislik ve mühendislerin işleri ile ilgili farkındalıklarını artırma, mühendislik tasarımına yönelik anlayış ve becerilerini artırma, mühendisliği kariyer olarak seçmelerini destekleme, teknoloji okuryazarlığını geliştirme hususunda katkı sağlayacağı belirtilmiştir (NAE ve NRC, 2009, s.49).

Bu doğrultuda STEM eğitim yaklaşımında mühendislik eğitiminin rolü büyüktür. K – 12 mühendislik eğitimi için fen, matematik ve teknoloji disiplinleri içine uygun etkinliklerle mühendislik disiplininin entegrasyonunun sağlanması en geçerli yöntem olarak görülmektedir (NAE ve NRC, 2009). Fen öğretiminde kullanılan mühendislik tasarım sürecinde genellikle ileri mühendislik uygulamalarının gerçekleştirildiği görülmektedir (Hynes ve ark., 2011; MDOE 2010; Mentzer 2011; NRC 2012; Brunsell 2012). Bununla beraber mühendislik tasarım sürecinde tersine mühendislik uygulamalarının gerçekleştirilmesiyle STEM eğitiminde mühendislik entegrasyonunun amaçlarını karşılamaya fayda sağlayacağı ifade edilmektedir (Taşçı, 2019; D. Türe, 2023). Mühendislik tasarım temelli fen öğretimi yoluyla öğrencilerin fen öğrenmelerinin kolaylaştığı (Bybee, 2010; Doppelt vd., 2008; Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx Mamlok-Naaman, 2004; Fortus vd, 2005; McCormick, 2004), STEM algısını etkilediği (Nite ve ark., 2014; Gülhan, 2016), yenilikçilik eğilimlerini etkilediği (Tsang, 2019) dikkat çekmektedir. Bu araştırmada uygulanan tersine mühendislik etkinliklerinin öğrencilerin fen öğrenmeye, STEM kariyer algılarını geliştirmeye ve yenilikçi düşünme becerilerini geliştirmeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2.2.2. Fen eğitimine tersine mühendislik entegrasyonu

Tersine mühendisliğin, bir sistemin veya cihazın bileşenlerini, bunların karşılıklı ilişkilerini ve işlevselliğini tanımlamak, anlamak, belgelemek ve söz konusu sistem veya cihazın başka bir biçimde veya daha üst düzey soyutlama düzeyinde temsillerini

oluşturmak amacıyla test etme ve analiz etme süreci olarak tanımlandığı görülmektedir (Wood vd., 2001; Younis & Tutunji,2012). Bu tanımlara bakıldığında tersine mühendisliğin, bir değişim veya kopyalama süreci olmadığı, konu sistemini değiştirmedeği veya konu sistemine dayalı yeni bir sistem oluşturmayı içermediği ancak bir inceleme süreci olduğu ifade edilmektedir (Chikofsky ve Cross,1990). Tersine mühendislik teknolojisinin, mevcut bir ürünün kopyalanması değil, mevcut bir fiziksel modelden bir tasarım fikri elde ederek eksiksiz bir dijital ürün modeli oluşturmak ve ürün tasarımını optimize etmek olduğu belirtilmektedir (Zhang, 2003, s.472). Mevcut bir yapı veya sistemin işlevsel özelliklerini ortaya çıkarmak için tasarımcının hangi sorunu/sorunları çözmeye çalıştığının sorgulanması da tersine mühendislik olarak adlandırılmaktadır (Sheppard, 1992).

Mühendislik tarihi bize karmaşık mühendislik tasarım görevlerini çözmek için günlük bilginin nasıl kullanılabileceğine dair örnekler sunar. 20. yüzyıldan önce, ilk bilimsel araştırmalar genellikle insan yapımı yapıların altında yatan matematik ve fen ilkelerini çözmeye odaklandığından, bilimi gündelik nesnelerden ve deneyimlerden öğrenmenin bu sürecine de “tersine mühendislik” adı verilmektedir (Stokes 2011).

Çok uzun zaman önce birçok insanın radyo ve televizyon gibi modern cihazlara hayran kalarak, onları parçalara ayırıp içinde neler olup bittiğini görecektir şekilde uygulamalar yapmış olması, bize modern elektroniğin ilk günlerinde, tersine mühendisliğin aslında çok sayıda insan tarafından uygulanan oldukça popüler bir hobi olduğunu göstermektedir (Eilam,2005). Tersine mühendisliğin, mekanik bileşenler veya montajlarla sınırlı olmayıp, elektronik bileşenler ve bilgisayar programlarıyla(yazılım) birlikte biyolojik, kimyasal ve organik maddelerde de yapılabildiği belirtilmiştir (Thayer, 2017).

Eilam (2005) e göre, Endüstrinin birçok kolunda uygulanan tersine mühendislikte, ürün mikroskop altında incelenir veya parçalara ayrılır ve her parçanın ne işe yaradığı bulunur. Tersine mühendislik ile klasik bilimsel araştırma birbirine çok benzemesine rağmen, tersine mühendislikte araştırılan eserin insan yapımı olması yönüyle ikisi birbirinden ayrılır. Genel anlamda, tersine mühendisliğin genellikle ilgili ve yazılım

geliştirmeye ilgili olmak üzere iki kategoride uygulamaları olduğu belirtilmiştir (Eilam, 2005).

Tersine mühendislik; rakiplerin ürünlerinin performans ve maliyetler açısından parçalara ayrılması ve değerlendirilmesi sayesinde endüstriyel kıyaslamayı sağlarken (Younis ve Tutunji,2012) aynı zamanda yeni malzemeleri veya üretim teknolojisini basit bir şekilde uygulayıp maliyetleri azaltarak bir ürüne değer katabilir (Boyette, t.y.). Tersine mühendisliğin, küreselleşen üretim faaliyetleri ve pazar gereksinimlerindeki değişikliklerden kaynaklanan ihtiyaçların karşılanması amacıyla gerçekleştirilen üretim yöntemlerinde günümüzdeki rekabet baskısı, ürünlerin hızlı tasarımı ve optimizasyonu dikkate alınarak ürün geliştirme döngüsünü önemli ölçüde azalttığı ve ürün kalitesini garanti altına aldığı belirtilmektedir (Otto & Wood,1998; Zhang, 2003, s.472; Rasovic & Obad, 2016, s. 0328).

Tersine mühendislik uygulamaları ile bir sistem veya ürünle ilgili problem ve isteklere çözüm bulunabilir (Boyette, t.y.; Thayer, 2017; Eilam,2005; Demir vd.,2019). Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

1. Var olan bir parçanın uzun zamandır üretilmemesi ve tekrar üretilmek istenmesi,
2. Bazı iyi olmayan özelliklerinin yeniden tasarlanmasına ihtiyaç duyulması,
3. Ürünün performansının geliştirilmek ve tasarımının iyileştirilmek istenmesi,
4. Ürün/sistemle ilgili bilgilerin paylaşmaya istekli olmayan birilerine ait olması, kaybolmuş veya yok edilmiş olması durumunda eksik bilgileri, fikirleri ve tasarım felsefesinin edinmek istenmesi,
5. Demode olmuş parçaların veya eskimiş üretim yöntemlerinin bugünkü ve daha az maliyetli teknolojilerle güncellenmek istenmesi,
6. Rekabet analizinin araştırılmak istenmesi veya olası patent ihlali açısından rakip ürünlerin araştırılmak istenmesi,
7. Belgeleme yapılamamış durumlarda ürünlerin servisi veya onarımının yapılmak istenmesi,
8. Olası bir suçun önlenmesi veya suçlu grubun ürettiği bir ürüne karşı savunma oluşturulmak istenmesi,

9. Adli çalışmalarda, kazalarda veya doğal afetlerin sonuçlarına neden olan olayların belirlenmek istenmesi,
10. Arkeolojide teknolojinin gelişiminin izlenmek istenmesi,
11. Şirketler tarafından bir sistem veya ürünle ilgili başarısızlık analizinin yapılmak istenmesi

Tersine mühendislik uygulamalarının amaçlarından birinin de genç mühendislere sadece bakmayı değil, görmeyi de öğretmek olduğu ifade edilmiştir (Boyette, t.y.). Bu amaçla mühendislik eğitiminde verilen çeşitli tasarım-süreç ve tasarım-yöntemleri dersleri genellikle somut deneyimler kazanma fırsatları içermediğinden tasarım yöntemlerinin öğretilmesine yönelik yeni bir yaklaşım olan “tersine mühendislik” projelerinin kullanıldığı görülmektedir (Wood, Jensen, Bezdek & Otto, 2001). Bunun için öğrencilere ilk başta mevcut ürünleri tanımlayabilmek için fiziksel özelliklerin (güç, ağırlık, şekil, yüzey kalitesi, yağlama, korozyon direnci, güvenilirlik, maliyet, aşınma, şekillendirme vb. gibi) yazılı olduğu bir liste verilir ve buradan hareketle öğrencilerin tek bir parçanın tek bir özelliğine odaklanarak bunun neden bu şekilde yapıldığını sorgulaması sağlanır (Boyette, t.y.). Yeniden tasarım metodolojisinin felsefi temellerini oluşturan analiz ve uygulamalı deneylerde tersine mühendisliğin temel ilkeleri kullanılarak ürünlerin üretimine ilişkin şartlara uygun modeller geliştirilip optimize edilerek yeni ürün formu (işlevsel bir model) oluşturulur (Otto & Wood, 1998). Bu projelerin kullanımıyla öğrenciler edindikleri yöntemlerle mevcut ürünleri parçalara ayırarak bileşenleri üzerinde deneyler yapıp bunları yeni başarılı yatırımlara dönüştürerek uygulamalı deneyimler elde ederler (Wood, Jensen, Bezdek & Otto, 2001).

Thayer (2017), Çinli mühendislerin, Rus savaş uçağının (Rus Sukhoi Su-27 “Flanker”) onaylı kopyasını yerli üretim teknolojisiyle (Shenyang J-11) üretmek için tersine mühendislik yöntemi kullandıklarını belirtmiştir. Bir ürünü kopyalamanın yanı sıra tersine mühendislik yapılmasının yararlı olacağı durumlardan da bahsetmiştir. Tersine mühendisliğin tanımı ve adımları çeşitli ürün tipleri için aynı olsa da bunu başarmak için kullanılan süreçlerin farklılık gösterdiğini ifade etmiştir. Thayer (2017) e göre, tersine mühendislik döngüsü; (1) tasarımın amacını belirleme, (2) nasıl çalıştığını

gözlemlene, (3) sökme / deforme etme, (4) analiz yapma, (5) raporlaştırma / yeniden tasarlama aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Tersine Mühendislik Aşamaları (Thayer, 2017)

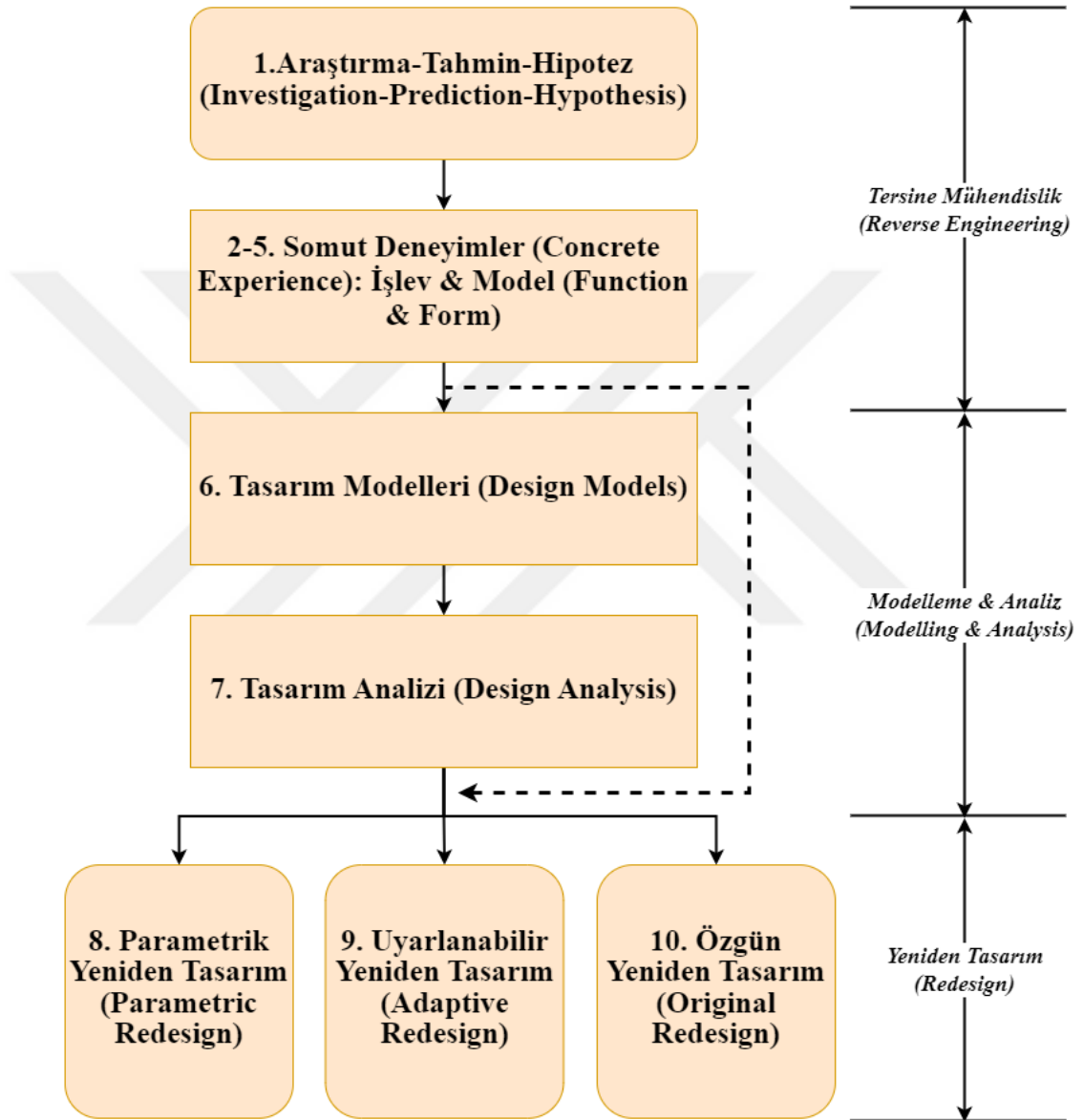
Bu araştırmanın çalışma grubu kapsamında tersine mühendislik tasarım sürecine ilişkin Thayer (2017) nin 5 aşamalı döngüsü kullanılarak Şekil 2.3'deki gibi uyarlanmıştır.

Mühendislik tasarım projelerine ve zorluklara yönelik çözümlere "tersine mühendislik" uygulamak için topluluklarının günlük bilgilerini, deneyimlerini ve gözlemlerini nasıl kullandıklarını anlamak için iki yıl boyunca beşinci sınıf öğrencileriyle çalışan araştırmacılar (McGowan vd, 2017) tersine mühendislik öğretim modelinin ana hatlarını çizerek modelin diğer mühendislik derslerine nasıl uygulanabileceğini göstermişlerdir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Tersine Mühendislik Tasarım Döngüsü (McGowan, Ventura ve Bell, 2017)

Otto ve Wood (1998) Amerikadaki Texas Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde yaptıkları araştırmada, Sheppard ve Tsai (1992), Brereton ve Leifer (1993) ve Gabriele (1994)'nin araştırmaları gibi ilgili literatürle karşılaştırılarak yeni bir yeniden tasarım metodolojisi sunmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Tersine mühendislik ve yeniden tasarım metodolojisi (Otto and Wood, 1998, s. 228)

Ticaret dünyasındaki bir ürünü, onun pazardaki rekabetini değerlendirmek ve her bir ürünün pazara sunulduğu zamanın bir fonksiyonu olarak her bir ürünün performans değeri çizilerek oluşturan bir S-eğrisi (Foster, 1986; Betz, 1993) ile kritik bir ölçüm

belirlenerek yenilikçi bir ürünün, yeni bir konsept olarak pazar alanına girmesi sağlanabilir. Yeniden tasarım metodolojisinin amaçları doğrultusunda, müşteri ihtiyaçları toplanır ve müşterilerle röportaj yapılarak müşteri ihtiyaç listesi oluşturulur. Bir ürünün yeniden tasarım süreci, tersine mühendislik ile başlar. Bu süreç adımının amacı, bir ürünün mevcut örneğini tam olarak anlamak, temsil etmek ve ortaya çıkan temsil ve anlayışa dayalı olarak endüstrideki rekabet içinde ürünü sürekli olarak geliştirmektir. Bu sayede tersine mühendislik metodolojisiyle müşteri ihtiyaçları formüle edilerek ürün parçalara ayrılır ve işlevsel bir model oluşturulur. Üç ana aşamadan oluşan on adımlık süreçteki her aşama, çağdaş tasarım tekniklerini yazarlar tarafından geliştirilen yeni uygulamalar ve uzantılarla birleştirilerek yeni ürün yapılandırmaları aramak için net görevler sağlar. Bu görevler, elektrikli wok örneğinde de gösterildiği gibi, her tür tüketici ürününün önemli ölçüde gelişmesi için benzersiz bir çözüm sağlar.

2.3. Fen Öğrenme ve Mühendislik Tasarım Süreci

STEM eğitiminin öğrencilerin fen öğrenmelerine, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve STEM kariyer algılarının gelişmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu katkının sağlanabilmesi için fen ve matematik eğitimine mühendislik ve teknolojinin entegre edilmesi önemlidir.

Brophy ve Bransford (2001) Bransford ve meslektaşları tarafından geliştirilen ve yedi aşamadan (oluşturma tasarımlar, sonuçları değerlendirmek, nedenler üretmek, fikirleri test etme, sonuçları analiz etme, sonuçları genelleştirme ve büyük fikirlere bağlanmak) oluşan tasarım-bilim döngüsü veya öğrenme döngüsü ile öğrenme tasarımı, bilim süreçleri ve bilim içeriğinin öğrenilmesinin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamışlardır.

Wood ve ark. (2001) yeniden tasarım sürecini başlatan tersine mühendisliği, Amerika'daki Texas Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde esas olarak lisans düzeyinde tasarım eğitimi için kullanmışlardır. Bu tersine mühendislik konseptine dayanarak Teksas Üniversitesi, MIT ve Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri Akademisi'nde yeni kurslar geliştirilerek test etmişlerdir. Öğrencilere heyecan verici bir

şekilde tasarımı öğretmek ve tasarım yöntemlerini geliştirmek için problem çözmeye yönelik yapılandırılmış bir yaklaşımla hazırlanmış uygulamalı projelerden yararlanmışlardır. Proje kapsamında öğrencilerin gözlem ve düşünme şansı olmayan tek bir tasarım deneyimi yaşamaları yerine bir tasarım sürecini (Otto ve Wood, 1998) aşamalı olarak deneyimlemeleri ve sonuçlarını karşılaştırmak için her adımı (önceki mevcut bir ürünle) gözlemlmeleri ve yansımaları istenmiştir. Bu projelerin kullanımıyla öğrenciler edindikleri yöntemlerle mevcut ürünleri parçalara ayırarak bileşenleri üzerinde deneyler yapıp bunları yeni başarılı yatırımlara dönüştürerek uygulamalı deneyimler elde etmişlerdir. Bu sayede tersine mühendisliğin genç öğrencilerin bilim ve mühendislik öğrenimini kolaylaştırma potansiyeline sahip olduğunu fark etmeye başladıklarını belirtmişlerdir.

Apedoe vd. (2008) yaptıkları araştırmada, bilimsel araştırma ile mühendislik tasarım sürecini birlikte işleterek lise öğrencilerinin ısıtma/ soğutma sistemi tasarımlarını sağlamışlardır. Bu araştırma ile tasarım temelli öğrenmenin, kimyadaki zor temel kavramların öğretilmesi ve öğrenilmesinin kolaylaştırdığını ifade etmiştir.

Kennedy, Lee, & Fontecchio (2016) yaptıkları araştırmada, sanatı STEM'e entegre ederek yenilenebilir enerji, mimari tasarım, 3D CAD tasarımı ve baskı ile matematik, bilim ve mühendislik ilkeleri konularını birleştiren dört bölümlü origami tabanlı bir müfredat geliştirmiştir. Hazırladıkları modüller, öğrencilerin kalıpların dışında bir mühendis gibi düşünmelerini sağlamak için tanıdık mühendislik eğitimi taktiklerinden oluşturulmuştur. Modülün ikinci bölümünde tersine mühendisliğin ne olduğu ve neden önemli olduğu konusunda kısa bir sınıf tartışması yapılmış ve sonrasında tersine mühendisliğin “mevcut bir bileşenin, alt montajın veya ürünün çizimlerin, dokümantasyonun veya bilgisayar modelinin yardımı olmadan çoğaltılması işlemi” olarak tanımlanmıştır. Bir başlangıç noktası olarak bir şeyin nasıl çalıştığını anlamak tasarımı geliştirmek için mühendislikte önemli bir prosedür olduğundan öncelikle küçük gruplar halinde öğrencilere origaminin yaklaşık 6 x 6 inçlik dört işlevsel parçasından biri verilmiştir. Öğrenciler verilen bir çalışma sayfasıyla tersine mühendislik süreciyle “tahmin, gözlem, parçalarına ayırma, analiz etme, test etme ve belgelendirme” ilerlemişlerdir. Öğrencilerin bu sürecin önemini anlamalarına

yardımcı olmak için onlardan origami parçasını en az bir şekilde geliştirmeleri istenmiştir. Son modülde ise öğrenciler, ilk üçünden edinilen bilgileri bir araya getirerek enerji tasarruflu ve en az bir yenilenebilir enerji kaynağı kullanan origami yapıları tasarlamış ve 3D baskı yapmışlardır. Öğrenciler beyin fırtınası yapıp prototip oluşturarak ve çalışan modellerle tasarım sürecini gerçekleştirmişlerdir. Projeyi sonuçlandırmak için her grubun, bulgularının ve eklenen tasarımın açıklamasını yapmaları ve sonuçlarını sınıfta sunmaları istenmiştir. Öğrencilerin origami parçalarına ters mühendislik uygulayarak tasarım sürecini kullanıp bir origami sandalye inşa etmesi ve etkileşimli oyunlar aracılığıyla fen öğrenmeleri sağlanmıştır. Etkinliklerin etkililiğini ölçmek amacıyla öğrenciler, öğretmenler ve katılımcı lisansüstü öğrencilerle anketler yapılmıştır. Bu devam eden bir araştırmadır ve anketlerin ve çalışmaların sonuçları halen işlenmektedir. Origami ile bilim ve mühendislik için K-12 Yeni Nesil Bilim Standartlarının sekiz uygulamasının buluşması sağlanmıştır NSTA yayınları (Bybee 2011);

1. (Fen bilgisine yönelik) sorular sorma ve (mühendisliğe yönelik) problemleri tanımlama
2. Model geliştirme ve kullanma,
3. Araştırmaları planlama ve yürütme
4. Veriyi inceleme ve analiz etme
5. Matematiği kullanma ve sayısal düşünme
6. (Fen bilgisi için) açıklamalar oluşturma ve (mühendislik için) çözümler tasarlama
7. Kanıtlara dayalı tartışmalara katılma
8. Bilgiyi edinme, değerlendirme ve aktarma

McGowan vd (2017), öğrencilerin kullandığı belli ürünlerin günlük yaşamdaki işlevselliğini kullanarak veya gözlemleyerek kazandıkları önceki deneyimlerin, bu ürünlerin işlevselliğinin ardındaki çalışma ilkelerini veya bilimsel kavramları anlamlandırmalarına temel oluşturabildiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, özellikle ülke genelindeki fen bilimleri öğretmenlerine yalnızca bir (ileri mühendislik) tasarıma dayalı yaklaşımın önerildiği Tayland gibi ülkelerde (Bilim ve Teknoloji Öğretimini Teşvik Enstitüsü, 2015) tersine mühendisliğin; tasarım temelli öğrenmeye alternatif

bir yaklaşım olması ve öğrencilerin fen öğrenmesini kolaylaştırması potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir.

Ladachart vd., 2021 yaptıkları araştırmada, dokuzuncu sınıf öğrencilerinin termal genleşme konusunun anlaşılması konusunda yeteneklerini geliştirmek için tersine mühendislikten yararlanmışlardır. Tayland'ın kuzeyindeki bir ilde bulunan bir ortaokulda gerçekleştirilen bu çalışmada, beş fen bilgisi öğretmeni, temel amacı öğrencilere mühendislik tasarım süreçlerini tanıtmak olan dokuzuncu sınıf STEM seçmeli dersinden sorumlu olan bir ekip olarak çalışmaya katılmıştır. Bu ekip, öğrencilerin bilimsel kavramlara ilişkin anlayışlarını geliştirmek için Bilim ve Teknoloji Öğretimini Teşvik Enstitüsü (2015) tarafından önerilen tasarım temelli öğrenme modeline ek olarak, yeni bir pedagojik yaklaşım olarak tersine mühendisliği kullanmakla ilgilenmişlerdir. STEM'i seçmeli ders olarak seçen iki sınıfın öğrencileri için termal genleşme konusunda bir ders geliştirilmesi yönünde ortak bir karar alınmıştır. Çünkü, öğrencilerin bu konuyu kavramsal düzeyde ne ölçüde öğrendiklerinin incelenmesi, öğrendiklerinin bimetalik termostatlı elektrikli ekipmanlar gibi günlük aletlerde nasıl uygulanacağını görmeleri ve tersine mühendisliğin öğrencilerin bu konuyu öğrenmeleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tasarıma dayalı öğrenme için uyguladıkları tersine mühendislik modeli; görüntüleme öncesi (önizleme-prescreening), gözlemlene, sökme/deforme etme, analiz etme, birleştirme/bağlama, tasarlama olmak üzere altı aşamadan oluşmaktadır. Bu çalışmada, tersine mühendislikte verilen parçalanmış bir ürün, öğrencilerin öğrenmesi için fiziksel yapı iskelesi görevi görerek öğrencilerin bilimsel kavramla ilgili çalışma prensibine ilişkin anlamları gözlemleyebilmelerini, etkileşim kurabilmelerini, tartışabilmelerini ve yeniden inşa edebilmelerini sağlamıştır. Aynı zamanda öğrencilerin, titreşen ve birbirlerinden ayrılan metal parçacıkları gibi davranarak rol yapma etkinliğine katılmaları parçacık düzeyinde termal genleşmenin bilimsel kavramıyla bağlantı kurmalarını kolaylaştırmıştır. Bu sonuçlar, tersine mühendislik faaliyetlerini bilimsel kavramlarla ilişkilendirmenin önemini vurgulamaktadır (McGowan ve diğerleri, 2017). Öğrencilerin ileri mühendisliğe geçmeden önce tasarım ve bilimsel kavramları öğrenmeleri için tersine mühendisliğin bir başlangıç adımı olabileceğini ve tersine mühendislik yoluyla tasarlamamanın ne anlama geldiğine

aşına olduklarında, ileri mühendislikle daha anlamlı bir şekilde meşgul olabilecekleri belirtilmiştir.

STEM eğitimi literatüründe yer alan mühendislik pedagojisi incelendiğinde hem uluslararası hem ulusal düzeyde tersine mühendislik uygulamalarının ileri mühendislik uygulamalarına göre daha az olduğu da dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda fen eğitimine tersine mühendisliğin entegre edildiği öğretim uygulamalarının geliştirilmesi ve STEM eğitimcileri ve araştırmacılarına sunulması önem kazanmaktadır.

2.4. Yenilikçi Düşünme Becerisi ve Mühendislik Tasarım Süreci

Yenilikçilik literatürde inovasyon kavramı olarak da karşımıza çıkmaktadır (Pehlivanoğlu, 2011; Gül, 2018). İnovasyon; yeni bir ürün / hizmet ortaya çıkarma şekli ya da teknolojik yönden gelişme olarak tanımlanmakla birlikte yeni bir fikrin ortaya çıkması olarak da düşünülmelidir (Gül, 2018). Geçmişten günümüze geldiğinde ekonominin toprak, sermaye ya da sanayiye bağlı olmaktan öte entelektüel sermayeye bağlı olduğu ve ancak devlet mekanizmalarının, vatandaşlarının düşünce ve hayal güçlerini geliştirmeye yönelik yatırım yapmalarıyla mümkün olur (Kılıçer, 2011). Bu yatırım, öğretme ve öğrenme sürecinin toplumun ve bilgi çağının gerektirdikleri ile ilişkilendirilerek eğitim ortamlarının bugünün ve geleceğin becerilerini kazandırmayı sağlayacak biçimlerde tasarlanmasıyla gerçekleştirilebilir. İnovasyonun önemi bu noktada daha anlaşılır hale gelir. Çünkü inovasyonun, bir icat ya da buluş yapmak olmadığı; ticarete, değerlerde, teknolojide ve bilimde daha önce olmuş değişimleri sistematik bir gözle belirleyerek yapılmış veya yapılmakta olanı farklılaştırıp bundan katma değer sağlamak olduğu belirtilmektedir (Pehlivanoğlu, 2011).

Yeterlik ve beceriler çerçevesinde üzerinde en fazla inceleme yapılan ve kabul gören beceriler çerçevesinin başında yer alan Partnership for 21st Century Skills (P21) öğrencilerin anaokulundan lisenin bitimine kadar sahip olması gereken temel yeterliklere vurgu yapmakla birlikte temel içerik bilgisi ve 21. Yüzyıl temalarını içeren

öğrenme ve yenilik, iş yaşamına hazır olma becerilerini ve karmaşıkleşan hayata ilişkin öğrenmenin ve yenilikçiliğı geliştirmenin gerekliliğini belirtmektedir.

Uluslararası Eğitim Teknolojileri Derneğı (International Society for Technology in Education National Educational Technology Standards [ISTE]) tarafından belirlenen yenileşim (creativity) ve yenilenme becerisi; öğrencilerin eğitimde teknolojiyi etkili kullanarak yenilikler yapmalarına ve bilgiyi yapılandırmalarına yöneliktir (International Society for Technology in Education, 2016).

Uluslararası düzeydeki bu gelişmelerle birlikte ülkemizde de “yenilikçilik” ve “yenilikçi düşünme” kavramının önemi giderek artmaktadır. Örneğın; Millî Eğitim Bakanlığı’na bağı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü’nün STEM eğitimi raporunda belirtilen amaçlardan birinin 21. yüzyıl becerilerine sahip yenilikçi düşünebilen ve ürün geliştirebilen bireyler yetiştirilmesi olduğı görölmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Bununla birlikte 2018 Yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı’nda (FBDÖP) alana özgü becerilerden “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” ismi altında “Yenilikçi Düşünme” becerisi eklenmiştir (MEB, 2018). Bu değışikliklerle birlikte FBDÖP’de öğrencilere yaratıcı ve yenilikçi düşünme becerisi kazandırılmasının amaçlandığı birçok ünitenin kazanımlarında görölmektedir.

Beer (2011) 21.yüzyıl becerilerine ilişkin yaptığı araştırmada farklı kavramsal çerçevelerde birçok özelliğın ortak olduğunu belirtmekle birlikte bunlardan birinin yenileşim (creativity) ve yeni fikirler üretme olduğunu ifade etmektedir Aynı zamanda yenileşim (creativity) ve yeni fikirler üretmeyi “Bilginin kullanılması, yeni ürünler tasarlama, sorunlara çözüm bulmak için etkili düşünme, yeni yollar bulma” olarak tanımlamaktadır (Atalay, 2015).

Rogers’a göre (1995) yenilikçilik kavramı bir bireyin yeni fikirleri sistemdeki diğeri bireylerden daha hızlı benimsemesi, aktif bilgi arayışında olması ve yeniliğe uyum sağlaması olarak tanımlanırken, Hurt ve ark. (1977) bireylerin yeni fikir veya yeni şeylere karşı büyük bir değışim isteğı olarak açıklamıştır.

Lemke (2002) Yenilikçi düşünmeyi; bireylerin karmaşık problemleri çözebilmesi ve yönetebilmesi, yeni bir şeyler üretebilmesi, karmaşık sorunları problem çözme basamaklarını kullanarak çözebilmesi, belirlediği hedeflere göre çalışmalarını yoğunlaştırması, uygun çözümler için risk alabilmesi olarak ifade etmiştir.

Barak ve ark. (2013) eğitsel anlamda yenilikçi düşünmeyi; yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş fikirlerin uygulanmasına yol açan bilişsel bir süreç olarak tanımlamaktadır. Yaptıkları araştırmada lisans öğrencilerinin kendilerini yenilikçi düşünürler olarak nasıl algıladıklarını ve ideal öğrenme ortamını göstermeleri istendiğinde yenilikçi fikirleri nasıl ifade ettiklerini incelemişlerdir (Barak vd., 2013).

İlgili literatür incelendiğinde, ulusal (Karaca, 2009 ; Kurtuluş, 2012; Özmuşul, 2012; Kavacık, 2012; Özdemir vd., 2014; Bayrakçı ve Eraslan, 2014; Yılmaz Öztürk ve Summak, 2014; Eraslan, 2014; Kavacık ve ark., 2015; Akkaya, 2016; Keleşoğlu ve Kalaycı, 2017; Keleşoğlu, 2017; Selçuk, 2018; Fidan, 2019; Sezgin, 2018; Yaman, 2018; Bal-İncebacak vd., 2018; Erer ve Şahin, 2020; Akdeniz, 2020; Deveci&Kavak, 2020; Gedik ve Demirezen, 2023) ve uluslararası alanda (Carless, 2004; Ogilvie, 2008; Tytler, 2009; Brundrett ve ark., 2010; Cachia ve ark., 2010; Wong-Kam, 2012; Cankar ve ark., 2013; Fowlin ve ark., 2013; Macnaghten ve ark., 2014; Ness, 2015; Greany, 2018) öğretimin birçok kademesinde yenilikçilik ve yenilikçi düşünmeye yönelik çalışmalar yapıldığı görülmektedir.

Millî Eğitim Bakanlığı ilk ve ortaöğretim kurumlarında yenilikçilik ile ilgili yürütülen araştırmaların sınırlı sayıda olduğu (Holstein, 1972; Özmuşul, 2012; Yılmaz Öztürk ve Summak, 2014; Adıgüzel vd., 2014; Kavacık vd., 2015; Rizk ve ark., 2017; Gül, 2018; Deveci ve Kavak, 2020) ve içerik analizi, öğretmen eğitimi, okul müdürü ve yöneticilerinin inovasyon yeterlilikleri, inovasyon göstergeleri, inovasyonun öğretmen ve öğrenci davranışlarına olan etkisi gibi konularda yürütüldüğü görülmektedir.

Fen eğitiminde yenilikçiliğin geliştirilmesine yönelik araştırmaların da sınırlı olduğu (Tytler, 2009; Kavacık, 2012; Krainer, 2003; Livingstone ve ark., 2009; European Commission, 2002) ve yapılan araştırmalarda genellikle öğretmenlere sınıf içi

uygulamalarında etkili eğitim öğretim için rehber olmak, öğrencilerin nasıl ve hangi koşullarda daha iyi öğrenebileceğini tespit etmek ve teknolojinin okul eğitimine entegrasyon çeşitlerinin gösterilmesinin amaçlandığı (Istance ve Kools, 2013) görüldüğünden bu araştırma ortaokul beşinci sınıf öğrencilerinin tersine mühendislik uygulamalarıyla yürütülen etkinliklerle yenilikçi düşünme eğilimlerini geliştirmek için tasarlanıp uygulanmıştır.

Younis ve Tutunji (2012) Ürdün'deki Philadelphia Üniversitesi'nde bir tersine mühendislik kursu oluşturma ve müfredata entegre etme konusunda çalışmışlardır. Çünkü, Ürdün'deki mühendislik ürünlerinin neredeyse tamamının ABD, Avrupa ve Çin gibi ülkelerden satın alınması, Ürdünlü mühendislerin rollerini sınırlandırdığından ürün tasarımlarını anlamalarına yardımcı olacak ve onlara benzer ürünleri yeniden tasarlama konusunda bilgi birikimi sağlayacak tersine mühendislik derslerini mühendislik fakültesi müfredatına ekleme kararı almalarına neden olmuştur. İki yıllık bilgi arayışı sonucunda oluşturulan zengin içerikli tersine mühendislik ders materyalleri; sistemler, mekanik, elektronik, yazılım alanlarına dahil edilmiştir ve tüm mühendislik öğrencilerinin bu dersi alması sağlanmıştır. Younis ve Tutunji (2012) tersine mühendislik faaliyetlerini; ön tarama ürünleri, ürünlerin işlevselliğini ve özelliklerini gözlemlemek, ürünlerin bileşenlerini ve yapılarını parçalara ayırmak, bu bileşenlerin nasıl çalıştığını ve birlikte çalıştığını analiz etmek, yeni bir ürün oluşturmak ve test etmek, yeni oluşturulan ürünün değiştirilmesi olarak altı adımda organize etmişlerdir. Lisans tasarım derslerinde proje tabanlı öğrenme ve probleme dayalı eğitim ile öğrencilere mühendislik ürünlerini ve sistemlerini geliştirmeye yardımcı olabilecek tasarım, test etme ve uygulama gibi temel pratik becerilerin kazandırılması hedeflendiğinden tersine mühendislik metodolojilerini uygulayarak öğrencilerin sınıf öğrenimi ile bu güncel ürünlerin geliştirildiği gerçek dünya arasında bağlantı kurmaları sağlanmıştır. Aynı zamanda endüstrideki rekabet içinde ürünlerin sürekli geliştirilerek öğrencilerin, her ürünün kilidini dikkatli bir şekilde açarak çıkır açan kişilerin çabalarını, başarı mücadelelerini, şirketin üretim ve pazarlama çabalarını keşfedebilmeleri sağlanmıştır. Bununla birlikte yenilik (inovasyon) sürecini daha iyi öğrenebilmeleri ve deneyimleyebilmeleri gerçekleştirilmiştir.

2.5. Kariyer İlgisi ve Mühendislik Tasarım Süreci

21.yüzyılda dünyanın değışme ve gelişme hızına uyum sağlayabilmek için ülkelerin/toplumların problem çözebilen, yenilik üretebilen, işbirlikli çalışabilen, eleştirel ve analitik düşünebilen, girişimci bireylere ihtiyacı vardır (Çavaş & Çavaş, 2018). Toplumların hedeflediği bu bireylerin yetiştirilmesinde kuşkusuz fen eğitimi büyük rol oynamaktadır. Fen eğitiminde kullanılan, fen (science), teknoloji (technology), mühendislik (engineering) ve matematik (mathematics) disiplinlerinin entegrasyonuna dayanan STEM yaklaşımı ile öğrencilerin fen, matematik, teknoloji ve mühendislik gibi alanlara karşı olumlu tutumlara sahip olmalarını desteklemek ve gelecekte bu alanlarla ilgili bir meslek seçmelerini sağlamak, fen ve matematik alanlarındaki bilgi ve becerilerini arttırmak, teknolojik ve mühendislik tasarım süreçlerini fark etmelerini sağlamak hedeflenmektedir (Akgündüz ve ark., 2015; Akgündüz, 2016; NAE ve NRC, 2009).

Ortaokul öğrencilerinin STEM disiplinleri ve kariyerlerine ilişkin algılarına yönelik geliştirilen anket vb ölçüm araçları ve gerçekleştirilen projeler, öğrencilerin STEM kariyerine olan ilgilerinde değışiklik yaratmayı sağlar (Knezek ve ark., 2015).

STEM kariyerine ilgi araştırmaları, öğrencilerin STEM kariyerine ve STEM seçim davranışına ilişkin algılarını gözlemler ve tanımlar. STEM kariyerine ilginin belirlenmesinde; önceki akademik başarının, lisede matematik ve fen derslerini tercih etmenin ve tamamlamanın, başarı motivasyonunun ve STEM kariyer yollarının seçiminde etkili olduğu belirtilmiştir (Mills, 2013).

Lewis ve ark. (2006) yaptıkları araştırmada, tersine mühendisliğin aslında tasarımın tam tersi olduğunu ve bir nesnenin işlevini anlamak için mevcut biçimini incelemek anlamına geldiğini ve zorlu araştırma alanları, stratejik ürün geliştirme yaşam döngüsü sorunları, üniversite düzeyinde yenilikçi pedagojik girişimler, devlet kurumlarıyla entegrasyon ile işaretlenmiş bir alan olduğunu belirtmektedir. En temel düzeyde tersine mühendislik sürecinin; ürünü parçalara ayırma, ilgili ürün verilerini toplama, ürünü dijitalleştirme olarak üç adımdan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bu adımların

gösterilmesine yardımcı olmak için açıklayıcı bir örnek olarak Kodak tek kullanımlık fotoğraf makinesini kullanmışlardır. (Tek kullanımlık bir fotoğraf makinesindeki malzemenin ağırlık olarak %77- 90'ı geri dönüştürülür, yeniden kullanılır veya yeniden üretilir ve tek kullanımlık bir fotoğraf makinesinin toplandıktan sonra geri dönüştürülmesi için gereken süre, bu sürenin yaklaşık yarısı kadardır.) Kodak'ın tek kullanımlık fotoğraf makinelerinin farklı modellerinin parçalara ayrılması ve analiz edilmesi, yüksek kaliteli fotoğraflar sağlamasının yanı sıra sökme ve parçaların yeniden kullanımını kolaylaştırmak üzere geliştirilmesi bu ürünlerin evrimi hakkında ilginç bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte on yılı aşkın bir süre önce başlatılan yeniden tasarım çalışmaları sayesinde, bu kameraların yeniden kullanılabilme ve geri dönüştürülebilme düzeyi geliştirilmeye devam etmektedir. Lewis vd (2006) tersine mühendislik ilkelerinin, yeni nesil öğrencilerin mühendis olarak hayatta kalmaları ve başarıları için kritik önem taşıyan fonksiyonel modelleme, rekabetçi ürün tasarımı, bilgi teknolojisi, küreselleşme ve bir kuruluş içinde ürün platformu oluşturma gibi bilgi alanlarında eğitilmelerini kolaylaştıracağına dikkat çekmişlerdir. Aynı zamanda bu ilkelerin, teknolojilerin ve araçların öğretilmesinin, çok çeşitli mühendislik öğrencilerinin, tüketici odaklı, uygun maliyetli ve çevre dostu ürünlerin verimli bir şekilde nasıl geliştirilebileceği konusunda daha etkili bir anlayışla STEM kariyerlerine yönelik işgücüne katılmaya hazırlanmasına yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Apedoe ve ark. (2008) bilimsel araştırmayı mühendislik tasarım sürecine kasıtlı olarak entegre etme amacıyla, mühendislik tasarımını bilimsel araştırmayla birleştiren tasarım tabanlı öğrenme üniteleri geliştirmişlerdir. Bu üniteler, lise öğrencilerinin birçoğunu mühendis olmak istemeye teşvik etmek ve aynı zamanda lisans düzeyindeki mühendisler olarak başarılı olmalarını sağlayacak temel bilgiyle liseden mezun olacak şekilde fen derslerini dönüştürmek üzere tasarlanmıştır. Öğrencilerden Isıtma/Soğutma Sistemi ünitesinde kimyasal enerjiye dayalı ve kendi yaşamlarındaki kişisel bir ihtiyacı karşılayan bir ısıtma veya soğutma sistemi tasarlamaları istenmiştir. Öğrenciler, ekipler halinde çalışarak sistemlerinin bir prototipini oluşturmak için ‘‘Tasarımın Planlanması, Alt Sistemler ve Tasarımın Sunulması’’ bölümlerini içeren mühendislik tasarımcılarının kullandığı süreci işletmişlerdir. Apedoe vd. (2008)

yaptıkları araştırmada, tasarım temelli öğrenmenin mühendislikteki farkındalığın ve ilginin artırılmasında da etkili olabileceğinin kanıtını sunmaktadır.

Zeid ve ark. (2014) yaptıkları araştırmada lise seviyesindeki STEM derslerinde uygulanan mühendislik temelli öğrenme metodolojisinin öğrencilerin STEM kariyerlerine ilişkin içgörü kazanmalarına yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir.

Rouse ve Rouse (2019) üçüncü sınıf öğrencilerinin mühendislik kavramlarını öğrenmeleri için tersine mühendisliği kendi öğretim birimlerine entegre etmiştir. Yaptıkları araştırmada, öğrencilerin gerçek mühendislerin uygulamalarını taklit ederek kendi beş sayfalık açılır kitaplarını tasarlayıp yazmalarını sağlamışlardır. Bu süreçte öğrencilere tersine mühendislik görevi olarak birtakım zorluklar sunulurken verilen örnek kitapları inceleyip sorunları çözmeleri istenmiştir. Ünite süresince tüm öğrencilerin; ticari pop-up kitapları ve ticari kitaplardan şeffaf kitaplara tersine mühendislik uygulanmış pop-up'ların özelliklerini incelemeleri, farklı açılan katlamalar içeren tasarım zorluklarını ve tasarlanmış prototip açılır pencereleri çözmeleri, eskiz defterine taslak çizimleri, tahminlerde bulunmaları ve sonuçları kaydetmeleri, beş sayfalık bir kitabın metnini yazmaları ve metinlerine eşlik edecek beş açılır pencere tasarımları ve oluşturmaları sağlanmıştır. Bu çalışma, öğrencilerin mühendislik kavramlarını çeşitli yollarla (ezberci hatırlama, yazılı temsil ve sözlü temsil) öğrenmelerini desteklemek ve belgelemek için birleşik temel mühendislik ve yazma müdahalesinin etkinliğini niceliksel olarak belgeleyen ilk çalışmadır. Okuryazarlığın, özellikle de yazmanın, ilköğretim müfredatında öğrencilerin mühendislik disiplinini öğrenmelerini sağladığı dikkat çekmektedir. Ortaokul düzeyinde de benzer uygulamaların yapılması ile öğrencilerin STEM kariyer algılarının geliştirilmesi sağlanabilir.

Mühendislerin toplum içinde oluşan yanlış ve olumsuz imajları, doğru mühendislik algısıyla değiştirilip düzeltilerek meslekler öğrencilere tanıtılır ve öğrenciler için mühendislik kariyeri ilgi çekici hale gelerek bir meslek olarak mühendisliği seçme ihtimalleri artabilir (Marulcu & Sungur, 2012; Chan ve Fishbein, 2009). Fen eğitiminde yapılan önemli araştırmalar, mühendisin rolüne ilişkin daha doğru

anlayışlar oluşturmak için öğrencilerin dâhil edildiği tartışmalar sırasında kavramlara doğrudan değinilerek öğrencilerin önyargılı fikirlerini değiştirmenin mümkün olduğunu göstermiştir (McDuffie, 2001; Posner, 1982; Knight ve Cunningham, 2004).

Kız öğrencilerin mühendisliği bir kariyer olarak görme olasılıklarının daha düşük olmasının sebeplerine bakıldığında, öğrencilerin mühendisler ve mühendislik hakkındaki kalıplaşmış düşünceleri, kavram yanılgıları ve önyargılı fikirleri olduğu belirtilmektedir (Knight ve Cunningham, 2004). Mühendis denildiğinde aklına “araba tamircisi veya inşaat işçisi” gelen öğrencilerin (özellikle kız öğrenciler) meslek seçimlerinde mühendisliği bir kariyer olarak görme olasılıklarının çok düşük olduğu belirtilmekle birlikte öğrencilerin STEM eğitime önem verilerek (Akgündüz, 2016) mesleklerle ilgili doğru algılara sahip olarak kariyer tercihlerinde bilinçlendirilmeleri sağlanabilir (Gülhan, 2016).

STEM eğitiminin tarihine baktığımızda STEM alanlarında uzmanlar yetiştirmek amacının ön plana çıktığı görülmektedir (Katehi vd., 2009; Brown ve ark., 2011; Kim ve ark., 2015; Lefever-Davis ve Pearman, 2015). Bu hedef doğrultusunda fen eğitime mühendislik ve/veya teknoloji entegre edilerek yapılan uygulamalar ve araştırmalar göstermektedir ki, K-12 düzeyindeki mühendislik eğitimi ile öğrencilerin bilim ve mühendislik uygulamalarına katılarak fen bilgisi ve mühendislik ürünlerinin nasıl geliştiğini anlamaları, yaşantımıza kolaylık sağlayan mühendislik ürünlerini fark etmeleri ve mühendislik mesleği ile ilgili kariyer farkındalıklarını geliştirmelerini sağladığı belirtilmiştir (Bybee, 2011; Sullivan, 2006; Park ve Lee, 2014; Arıcı, 2023). Bu bilgiler doğrultusunda, bu araştırma ortaokul beşinci sınıf öğrencilerinin tersine mühendislik uygulamalarıyla yürütülen etkinliklerle STEM disiplinlerine yönelik kariyer farkındalıklarını geliştirmek ve kariyer seçimlerini bilinçli bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlamak için tasarlanıp uygulanmıştır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, araştırmanın modeli, çalışma grubu, araştırmanın uygulama süreci, veri toplama araçları ve veri analiz süreci ile ilgili ayrıntılı açıklamalara yer verilmiştir.

3.2. Araştırmanın Modeli

Beşinci sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kazanımlarına yönelik hazırlanan tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına, yenilikçi (inovatif) düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışmada nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin birlikte kullanıldığı “karma yöntemler araştırması” modeli/deseni ile yürütülmüştür. Karma yöntemler araştırması; araştırmacıların çalışmaları sırasında nitel ve nicel yöntem ve yaklaşımları birlikte kullandığı, analiz ettiği ve yorumladığı yöntemdir (Creswell, 2013).

Araştırmanın amacı doğrultusunda fen bilimleri öğretim programı kazanımlarına uygun tersine mühendislik uygulamaları ile ilgili etkinlikler tasarlanmış ve uygulanmıştır. Araştırmanın başında ve sonunda ön test ve son test olarak akademik başarıları, yenilikçi (inovatif) düşünme eğilimleri ve mühendislik kariyer ilgilerini belirleyecek nitel ve nicel veri toplama araçları birbirine ağırlık verilmeden eş zamanlı olarak toplanmıştır, ancak araştırma probleminin çözümüne yönelik olarak bir arada değerlendirilmiştir. Bu nedenle iç içe geçmiş eş zamanlı karma yöntem tasarımı süreci işletilmiştir. Nitekim Creswell’in (2003) karma yöntemler araştırmasında ortaya koyduğu altı tasarımdan biri olan eş zamanlı iç içe geçmiş tasarımda, nicel ve nitel

veriler herhangi birine ağırlık verilmeden eşzamanlı olarak toplanarak analiz edilir ve veri analizi kısmında veriler birleştirilir. Bu çalışmada işletilen eş zamanlı iç içe geçmiş tasarım uygulanmasına dair modelleme Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Eş zamanlı\paralel karma yöntemler araştırma şeması

3.3. Çalışma Grubu

Bu araştırma Giresun ili merkezindeki bir devlet ortaokulunun 2021-2022 eğitim öğretim yılında öğrenim gören 21 beşinci sınıf öğrencisiyle yürütülmüştür. Araştırma grubu, örnekleme yöntemlerinden uygun(kazara) örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Uygun (kazara) örneklemede; zaman, para ve iş gücü açısından var olan sınırlılıklar nedeniyle örneklem hızlı, kolay ulaşılabilir ve pratik uygulama yapılabilir birimlerden seçilir (Büyüköztürk ve ark., 2012; Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu çalışmada da araştırmacılardan birinin araştırmanın yürütüldüğü il merkezinde görev yapıyor olması, görev yaptığı okulda eğitim ve öğretim gören öğrencilerin bilişsel olarak uygun hazır bulunuşlukta olması, öğretmen ve öğrencilerin karşılıklı olarak birbirini tanıyor ve özelliklerini biliyor olması bu yöntemin seçilmesinde etkili olmuştur. Araştırmanın yürütüleceği sınıfların seçiminde, yine araştırmacının kendisinin fen bilimleri dersi öğretmeni olduğu, araştırmaya katılımı veli tarafından onaylanmış gönüllü olan iki tane beşinci sınıftan haftalık ders programında dersi önce başlayan sınıf pilot grup seçilmiştir. Araştırma grubu için geriye tek bir sınıf kaldığından, diğer sınıf seçilmiştir. Araştırmanın uygulamaları 12 erkek öğrenci ve 9 kız öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir.

3.4. Uygulama Süreci

Araştırmanın uygulama süreci ve etkinliğin uygulama süreci aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.4.1. Araştırmanın uygulama süreci

Araştırmada tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisi inceleneceği için, ön test ve son test uygulanacağından, öğrencilerin hem ön test ve son test gerçekleştirilirken hem de araştırmanın uygulama süreci boyunca devamsızlık yapmamalarına özen gösterilmiştir. Etkinlik, gerekli etik ve idari izinler alınarak 2021-2022 eğitim öğretim yılında Giresun’da MEB’e bağlı bir devlet ortaokulundaki 22 gönüllü öğrenciyle birinci araştırmacı tarafından ikinci araştırmacı rehberliğinde uygulanmıştır. Etkinlik 22 öğrenciye uygulanmıştır fakat öğrencilerden biri BEP (Bireyselleştirilmiş Eğitim Programı) hazırlanan bir öğrenci olduğundan verilere dahil edilmemiştir. Bu şekilde öğrencinin sınıf içinde arkadaşlarıyla iş birliği içinde çalışarak derse uyumu sağlanmıştır. Beşinci sınıf ‘Elektrik Devre Elemanları’ ünitesindeki kazanımların uygulanmasına yönelik önerilen süre 16 ders saatidir. Bu çerçevede araştırma kapsamında tasarlanan etkinlik 2022 yılı Nisan- Mayıs aylarında fen bilimleri dersi kapsamında 4 hafta boyunca haftada 4 ders saati olmak üzere sınıf içinde uygulanmıştır. Ön test ve son testler fen bilimleri dersi dışındaki başka derslerde ilgili dersin öğretmenlerinden izin alınarak araştırmacı tarafından altı haftalık süreç içerisinde uygulanmıştır. Ön test ve son testlerin uygulanması için üçer ders saati süre kullanılmıştır. Milli Eğitim Müdürlüğü’nden kurumda uygulama yapabilmek için yazılı izin belgesi alınmıştır (EK- 1 ve EK-2).

Etkinlik uygulaması öncesi öğrencilere tersine mühendislik süreci ve uygulama süreciyle ilgili bilgiler verilmiştir. Süreçte bilimsel araştırma sorgulama süreci (Pedaste ve ark., 2015) ile tersine mühendislik sürecinin (Thayer, 2017) birlikte işletilmesi için etkinlik çalışma kitapçığı oluşturulmuş ve öğrencilere dağıtılmıştır. Etkinliğin uygulanabilirliğinin denenmesi için ders programında önde olan sınıfla pilot çalışma yürütülmüştür. Pilot çalışma sonucunda belirlenen eksiklikler deney grubuna/çalışma grubuna uygulama yapmadan önce giderilmiştir.

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında fen öğretimine mühendislik entegrasyonunun sağlandığı tersine mühendislik uygulamalarını içeren

bir etkinlik (bakınız. Ek 10) tasarlanmıştır ve uygulanmıştır. Etkinlik tasarımında öğretim programında önerilen süre ve içerik dikkate alınmıştır. Bu kapsamda etkinlik beşinci sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) yer alan “Elektrik Devre Elemanları” ünitesine ait 3 kazanım öğretimine yönelik hazırlanmıştır:

F.5.7.1. Devre Elemanlarının Sembollerle Gösterimi ve Devre Şemaları

F.5.7.1.1. Bir elektrik devresindeki elemanları sembolleriyle gösterir.

F.5.7.1.2. Çizdiği elektrik devresinin şemasını kurar.

F.5.7.2. Basit Bir Elektrik Devresinde Lamba Parlaklığını Etkileyen Değişkenler

F.5.7.2.1. Bir elektrik devresindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğunu tahmin ederek tahminlerini test eder.

“Yaşamımızdaki Elektrik” ünitesinin öğretimine yönelik kazanımlar 16 ders saati süresi içinde uygulanması planlanarak 2024-2025 yılında 5. sınıflarda uygulanmaya başlayan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024)'nda aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

1. Bölüm: Devre Elemanlarının Sembollerle Gösterimi ve Devre Şemaları

FB.5.6.1.1. Bir elektrik devresindeki elemanları sembollerinin olup olmamasına göre sınıflandırabilme

a) Bir elektrik devresindeki elemanların sembollerini belirler.

b) Bir elektrik devresindeki elemanları sembollerinin olup olmamasına göre ayırır.

c) Bir elektrik devresindeki elemanları sembollerinin olup olmamasına göre gruplandırır.

ç) Bir elektrik devresindeki elemanların sembollerini niteliklerine göre etiketler.

FB.5.6.1.2. Şemasını çizdiği elektrik devresine uygun deney yapabilme *a) Çizdiği elektrik devresine uygun deney düzeneği tasarlar.*

b) Deneyle ilgili topladığı verilerin analizini yapar.

2. Bölüm: Basit Bir Elektrik Devresinde Ampul Parlaklığını Etkileyen Değişkenler

FB.5.6.2.1. Bir elektrik devresindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğuna ilişkin hipotez oluşturabilme

- a) *Elektrik devrelerindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenleri tanımlar.*
- b) *Pil ve ampul sayısını değiştirerek ampul parlaklığındaki değişimi neden-sonuç ilişkisi bağlamında belirler.*
- c) *Ampul parlaklığındaki bağımlı, bağımsız ve kontrol edilen değişkenleri belirler.*
- ç) *Bağımsız değişken olarak pil sayısı ve ampul sayısını kontrol eder.* d) *Farklı elektrik devreleri üzerinden ampul parlaklığının pil sayısı ve ampul sayısına bağlı olarak değiştiğine yönelik önermelerde bulunur.*

Etkinliğin tasarımında ve uygulanmasında bilimsel araştırma sorgulama süreci (bakınız Şekil 2.3; Pedaste vd., 2015) ile tersine mühendislik sürecinin (bakınız Şekil 2.4; Thayer, 2017) birlikte işletilmesine dikkat edilmiştir. Tersine mühendislik mevcut bir ürünü incelemek, ürünün nasıl yapıldığını ve nasıl çalıştığını öğrenmek için detaylı bilgi edinmek ve ilgili ürünün özelliklerini belirlemek gereken bir süreçtir (Thayer, 2017). Tersine mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonu diğer mühendislik entegrasyon pedagojilerinde olduğu gibi mühendislik tasarım sürecinin bilimsel araştırma sürecine entegre edilerek işletilmesini gerektirmektedir. Bu yüzden etkinlikte iki süreç entegre bir şekilde işletilmiştir. Etkinlik, fen bilimleri dersi öğretim programında yer alan “Elektrik Devre Elemanları” ünitesine ait kazanımlar çerçevesinde öğrencilerin STEM disiplin bilgi ve becerilerine ihtiyaç duyacakları, tersine mühendislik aşamalarını yürütebilecekleri, bilimsel araştırma ve sorgulamaya yönelten, disiplinlerin uzmanları gibi davranmalarını gerektirecek gerçek bir yaşam problemi ile başlatılmıştır ve sürdürülmüştür. Bu nedenle süreç tersine mühendislik aşamalarına göre sunulmuştur. Öğrencilerin tersine mühendislik sürecini işe koşmaları için etkinlik gerçek bir yaşam problemi ile başlatılmıştır. Öğrencilere verilen gerçek yaşam probleminin çözümü, var olan bir gece lambasını incelemeleri ve ampul parlaklığını ayarlanabilir şekilde yeniden tasarlamaları görevini gerektirmektedir. Öğrencilere sunulan sorular ve yönergeler problemi anlayarak tasarımın amacını

belirleyebilmelerine yöneliktir. Öğrencilere sorulan nasıl çalışıyor sorusu var olan ürünü analiz edebilmeleri içindir. Öğrenciler de mevcut gece lambasını ve gelişmiş gece lambalarını söküp deforme ederek incelemişlerdir. Söktükleri parçaların görevlerini anlamaları ve geliştirebilmeleri için araştırma ya da deney yaparak elde ettikleri verilerini yorumlamışlar ve sonuç çıkararak tasarımlarını geliştirmişlerdir. Öğrencilere elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda probleme yönelik tasarımda ne gibi değişiklikler yapmak istedikleri sorularak kendi tasarımlarını oluşturmaları, oluşturdıkları tasarımlarını test etmeleri ve gerekiyorsa yeniden tasarlamaları sağlanmıştır. Aşağıda uygulanan etkinliğin her bir yönergesinde neler yapıldığına ve öğrencilerden gelen cevaplara dair detaylar verilmiştir. Etkinlikteki ilgili yönergelerde tersine mühendislik tasarım süreci ile bilimsel araştırma sorgulama sürecinin bir arada işletildiği aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. Etkinlik tasarımında tersine mühendislik tasarım süreci ile bilimsel araştırma sorgulama sürecinin bir arada kullanımı

Etkinlikteki yönergeler	Bilimsel araştırma-sorgulama süreci	Tersine mühendislik tasarım süreci
1. Atahan'ın problemi için nasıl bir çözüm, nasıl bir tasarım gerekir?	Yönlendirme	Tasarım amacını belirleme
2. Atahan'ın gece lambasının nasıl çalıştığını öğrenebilmek için sökelim. Gece lambasının içindeki devre elemanlarını tanıyalım.	Kavramsallaştırma, Araştırma, Sonuç Çıkarma	Nasıl çalıştığını gözlemleme, Sökme / Deforme etme
3. Öğrendiğimiz devre elemanlarını kullanarak Atahan'ın gece lambasının devre şemasını çizelim.	Kavramsallaştırma, Araştırma, Sonuç Çıkarma	Nasıl çalıştığını gözlemleme, Sökme / Deforme etme
4. Atahan'ın gece lambasından daha parlak veya daha sönük yanan lambaları inceleyelim. Devre şemalarını çizelim.	Kavramsallaştırma, Araştırma, Sonuç Çıkarma	Nasıl çalıştığını gözlemleme, Sökme / Deforme etme
5. Bu devre şemalarının Atahan'ın gece lambasından farkı nedir? Atahan'ın gece lambasının parlaklığını değiştirebilmesi için hangi değişiklikleri yapması gerekir?	Kavramsallaştırma, Araştırma, Sonuç Çıkarma, Soru Sorma, Araştırmayı Planlama ve Yürütme	Nasıl çalıştığını gözlemleme, Sökme / Deforme etme, Analiz yapma
6. Ampul sayısının değişmesi ampul parlaklığını nasıl değiştirir? Deney yapalım.	Soru sorma, hipotez kurma, Keşfetme, deney yapma, Veri toplama, verileri yorumlama, Veriye dayalı açıklama yapma	Analiz yapma

Tablo 3.1. (devamı)

Etkinlikteki yönergeler	Bilimsel araştırma-sorgulama süreci	Tersine mühendislik tasarım süreci
7. Pil sayısının değişmesi ampul parlaklığını nasıl değiştirir? Deney yapalım.	Soru sorma, hipotez kurma, Keşfetme, deney yapma, Sonuç çıkarma Veri toplama, verileri yorumlama, Veriye dayalı açıklama yapma	Analiz yapma
8. Atahan'a çözüm olması için gece lambasında nasıl bir değişiklik yapacaksınız?	Verileri yorumlama, Veriye dayalı açıklama yapma, İletişim, Yansıtma	Analiz yapma
9. Çözüm önerilerinizin devre şemalarını çiziniz.	Verileri yorumlama, Sonuç çıkarma	Analiz yapma
10. Grup olarak çizdiğiniz devre şemalarından birini Atahan için seçiniz. Seçtiğiniz devre şemasını çiziniz.	Verileri yorumlama, Sonuç çıkarma	Analiz yapma
11. Çizdiğiniz devre şemasına uygun gece lambasını tasarlayınız.	Sonuç çıkarma, İletişim, Yansıtma	Rapor / Yeniden tasarlama
12. Tasarladığınız gece lambası Atahan'ın sorununu çözüyor mu? Test ediniz.	Sonuç çıkarma, İletişim, Yansıtma	Rapor / Yeniden tasarlama
13. Tasarladığınız gece lambasını arkadaşlarınıza sununuz.	Sonuç çıkarma, İletişim, Yansıtma	Rapor / Yeniden tasarlama

Araştırmanın uygulama süreci Tablo 3.2’de modellenmiştir.

Tablo 3.2. Araştırmanın uygulama süreci

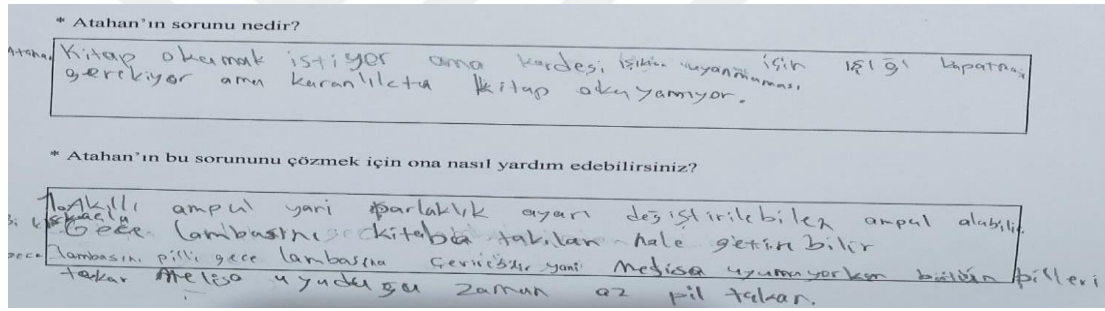
Tarih	Yapılan Uygulamalar
09.05.2022 (Birinci hafta)	-Ön testlerin uygulanması (Veriler, birinci hafta içinde fen bilimleri dersi dışındaki çeşitli derslerde/günlerde toplanmıştır.) -Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ve tersine mühendislik sürecinin açıklanması -Tersine mühendislik uygulamalarının gerçekleştirilmesine yönelik ön bilgilendirme (etkinliğin tanıtımı) -Etkinlik çalışma kitapçığının dağıtılması -Etkinliğin uygulanması (1.aşama: Tasarım amacını belirleme)
16.05.2022 (İkinci hafta)	-Etkinliğin uygulanması (2.aşama: Nasıl çalıştığını gözlemleme) -Etkinliğin uygulanması (3.aşama: Sökme/ Deforme etme)
23.05.2022 (Üçüncü hafta)	-Etkinliğin uygulanması (4.aşama: Analiz etme)
30.05.2022 (Dördüncü hafta)	-Etkinliğin uygulanması (5.aşama: Raporlaştırma/ Yeniden tasarlama) -Son testlerin uygulanması (Veriler, dördüncü hafta içinde fen bilimleri dersi dışındaki çeşitli derslerde/günlerde toplanmıştır.)

3.4.2. Etkinliğin uygulama süreci

Etkinliğin uygulama süreci aşağıdaki ilgili alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.4.2.1. Tasarım amacının belirlenmesi

Öğrencilere gerçek bir yaşam problemi verilerek ders başlatılmıştır. Gerçek yaşam probleminden yola çıkarak öğrencilere sorulan sorularla (Şekil 3.7), onlarda merak uyandırıp konuyla ilgili sorunu tespit etmeleri ve bu sorunu çözmek için neler yapabileceklerine dair fikir yürütmeleri için yönergeler oluşturulmuştur. Öğrencilerin problemin çözümüne yönelik verdikleri cevapları etkinlik çalışma kitapçığındaki ilgili bölüme yazmaları sağlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Gerçek Yaşam Problemine Yönelik İlk Cevaplar

Araştırmaya konu olan problemin çözümü için öğrencilere bir mühendis gibi çalışmaları gerektiği söylenmiştir. Mühendislik kariyerine yönelik soru formu ön test olarak öğrencilere dağıtılarak uygulanmıştır. Öğretmen tarafından mühendislerin problemlere çözüm bulmak için nasıl çalıştıkları açıklanmıştır ve mühendislerin çalışma yöntemleriyle ilgili video izletilmiştir. Aynı zamanda bizim bu etkinliğimiz boyunca uygulamasını yapacağımız mühendislik tasarım süreçlerinden, Thayer'in tersine mühendislik süreci açıklanmıştır. Mühendislerin problemler karşısında nasıl bir yol izledikleri, tersine mühendislik süreci ve uygulama süreciyle ilgili açıklamalar yapıldıktan sonra öğrencilere problemin çözümüne yönelik olarak nasıl bir tasarım gerektiği sorusu yöneltilmiştir. Bu soruyla öğrencilerde merak uyandırılması, problem

bildirimi yoluyla bir öğrenme zorluğunun fark ettirilmesi ve yeni bir tasarım konusunda gereken bilgi ve becerilere ihtiyaç hissettirilmesi amaçlanmıştır.

Öğrenciler bu soruya cevap olarak düşük akımlı kablo kullanımı, transistör kullanımı, akımın düşürülmesi ve tuş eklenerek ışığın parlaklığının değiştirilmesine yönelik farklı fikirler (Şekil 3.2) sunmuştur.

3.4.2.2. Nasıl çalıştığını gözlemleme (1 ders saati)

Öğretmen tarafından piyasadaki farklı aydınlatma araçları araştırılmıştır. Fakat üniteyle ilgili 5.sınıf fen bilimleri öğretim programındaki kazanımlara uygun bir aydınlatma aracı bulunamamıştır. Bu yüzden etkinlik için araştırmaya konu olan gece lambasını, öğretmen önceden evde kendisi (grup sayısı kadar) tasarlamıştır. Tersine mühendisliğin nasıl çalıştığını gözlemlemek aşamasında, sınıftaki öğrenciler heterojen bir şekilde gruplara ayrıldığından her bir gruba aynı gece lambasından dağıtılmıştır. Öğrencilerin öğretmen rehberliğinde dağıtılan bu gece lambasını incelemeleri ve nasıl çalıştığını gözlemlmeleri istenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Öğrencilerin ürünün nasıl çalıştığını gözlemleme aşaması

3.4.2.3. Sökme / deforme etme (3 ders saati)

Öğretmen nasıl çalıştığının gözlemleme aşamasına geçmeden önceki derste öğrencilere evlerinde olan taşınabilir farklı aydınlatma aracı olup olmadığını

sormuştur. Farklı taşınabilir aydınlatma aracı olan öğrencilerden, ailelerinden izin alınarak bir sonraki derste okula getirmeleri istenmiştir. Bu uygulamayla öğrencilerin araştırmaya konu olan gece lambası dışında evlerinden getirdikleri taşınabilir farklı aydınlatma araçlarını ğretmen rehberliğinde söküp deforme ederek incelemeleri sağlanmıştır (şekil 3.4)



şekil 3.4. Öğrencilerin rnleri sökme/ deforme etme aşaması

Aydınlatma araçlarındaki devre elemanlarını, devre elemanlarının sembollerini, işlevlerini sorgulayan yönergeye öğrencilerden bazılarının cevap verememesi durumunda ğretmen, tahtaya devre elemanlarının ismini, sembollerini ve görevlerini yazarak açıklamıştır.

Öğrencilerin dersin kazanımları kapsamındaki devre elemanları ve işlevlerini tanımalarına yönelik sorulan sorulara verdikleri cevaplara bir örnek aşağıda verilmiştir (şekil 3.5.).

Devre Elemanı Resmi	Devre Elemanı İsmi	Devre Elemanı Sembolü	Devre Elemanının Görevi
	Pil		Devreye enerji sağlar. 1.5V ve 3V pil kullanılır.
	Ampul		Elektirik enerjiyi ışığa ve ısıya dönüştürür.
	Açık Anahtar		Devreyi açıp kapama işlevi görür.
	Kapalı Anahtar		Devreyi açıp kapama işlevi görür.
	Proje Kablo		Devre elemanlarını birleştirir.

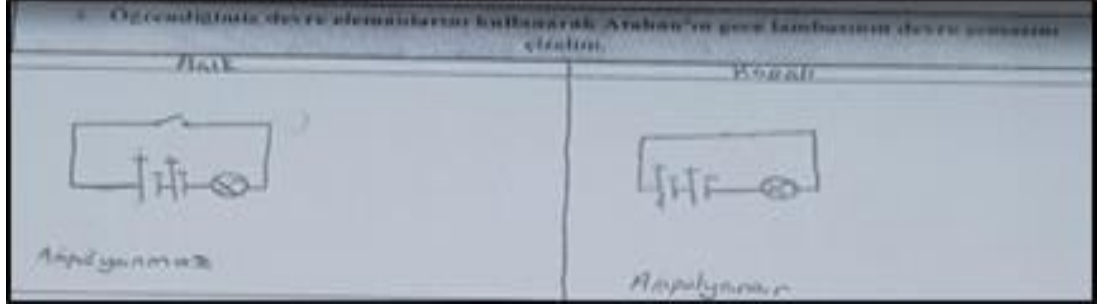
Şekil 3.5. Devre elemanlarının ismi, sembolü, görevinin yazılacağı bölüm (Devre Elemanlarını Tanıyalım)

3.4.2.4. Analiz etme (4 ders saati)

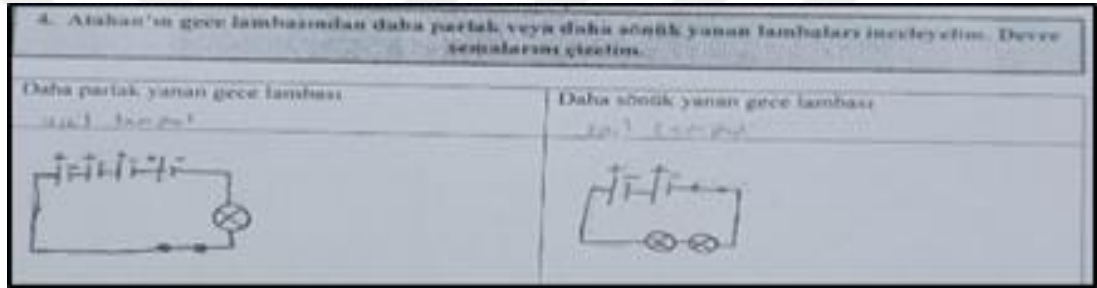
Tersine mühendisliğin analiz etme aşamasında verilen yönergelerde, öğrencilerden araştırmaya konu olan gece lambasının (2pil- 1 ampul), bir önceki yönergede öğrendiği devre elemanlarının sembollerini kullanarak devre şemasını çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin devre şeması çizmekte zorlanmaları durumunda öğretmen tahtaya araştırma problemine konu olan gece lambasının devre şemasını çizerek öğrencilerin bilimsel bilgiyi kullanmalarına rehberlik etmiştir.

Her bir gruba mevcut gece lambasının devre şeması çiziminden sonra iki yeni gece lambası (2 pil – 2 ampul, 4pil – 2 ampul) dağıtılmıştır. Bunları sökerek incelemeleri ve lambaların parlaklıklarını gözlemlemeleri sağlanmıştır. Tüm grupların dağıtılan üç tane gece lambasının parlaklıklarını az parlaktan çok parlak yanana doğru sıralamaları istenmiştir. Araştırma problemine konu olan gece lambasına göre daha sönük yanan ve daha parlak yanan lambaları tespit etmeleri ve bu lambaların devre şemalarını etkinlik kitapçığındaki ilgili yere çizmeleri istenmiştir.

Öğrencilerin çizdiği Atahan'ın gece lambasının devre şemasına (Şekil 3.6) ve diğer gece lambalarının devre şemalarına bir örnek aşağıda verilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Öğrencilerin mevcut gece lambasının devre şeması çizimi



Şekil 3.7. Öğrencilerin daha parlak yanan gece lambası ve daha sönük yanan gece lambasının devre şeması çizimleri

Bir sonraki yönergede öğrencilere yeni çizilen devre şemalarının araştırma problemine konu olan devre şemasından farkının ne olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin; daha parlak ve daha sönük yanmaları, ampul sayısının ve pil sayısının farklı olması şeklinde cevaplar vermesi beklenmektedir. Öğrencilere, araştırma problemine konu olan gece lambasının parlaklığının değiştirilebilmesi için hangi değişiklik yapılması gerekir sorusu sorulduğunda, gelen cevaplar ampul sayısı veya pil sayısının değiştirilmesi gerektiği doğrultusunda yönlendirilmiştir.

Öğrencilerin Atahan'ın gece lambasında ne gibi değişiklikler yapılarak parlaklığının ayarlanabilir hale gelebileceğine yönelik sorulan soruya verdikleri cevaplara bir örnek aşağıda verilmiştir (Şekil 3.8).

5. Bu devre şemalarının Atahan'ın gece lambasından farkı nedir? Atahan'ın gece lambasının parlaklığını değiştirebilmesi için hangi değişiklikleri yapması gerekir?	
1- Atahan'ın lambasında 2 pil 1 ampul vardı ancak daha parlak yanan devrede 4 pil 1 ampul, daha sönük yanan devrede 2 pil 2 ampul vardı. Yani 3 devresinde yanması farklıdır.	2- Pil sayısını azaltıp ampul sayısını artırmak

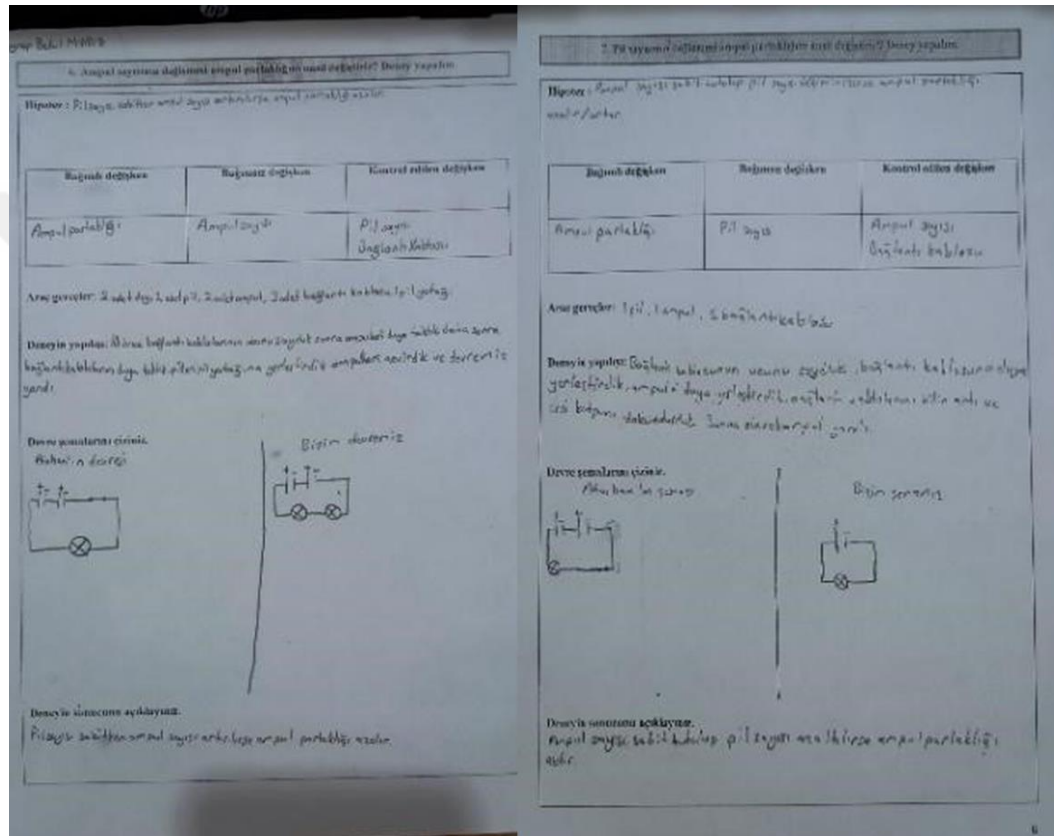
Şekil 3.8. Yeni devrelerin mevcut gece lambasından farkı ve mevcut gece lambasının parlaklığının değiştirilmesi için neler yapılması gerektiğine dair öğrenci görüşleri

Basit bir elektrik devresinde ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerle ilgili bilimsel süreç becerilerini kazandırmak amacıyla hazırlanan yönergede öğrencilerin bir elektrik devresindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğunu tahmin etmesi ve tahminlerini test etmesini sağlamak amacıyla iki farklı deney yapmaları sağlanmıştır. Öğrencilerden birinci deney öncesinde, ampul sayısının değişmesinin ampul parlaklığını nasıl etkilediğine yönelik sorulan soruya cevap vermeleri istenmiştir. Verilen cevaplar doğrultusunda her öğrencinin yapacağı deneye yönelik kendi hipotezini yazması istenmiştir. Bu arada hipotezin ne olduğu ve hipotez cümlelerinin nasıl yazılması gerektiğine dair bilimsel bilgi öğretmen tarafından verilmiştir. Öğretmen bilimsel süreç becerilerinden deneysel süreçleri açıklayarak öğrencilerin yazdıkları hipotezleri test edecek bir deney tasarımlarına, deneyin bağımlı, bağımsız, kontrol edilen değişkenlerini belirleyebilmelerine ve deneyi yürütmelerine rehberlik etmiştir.

Öğretmen her bir gruba 1 tane pil yatağı, 2 tane duy, bağlantı kablosu, 1 tane anahtar, 2 tane pil ve 2 tane ampul dağıtmıştır. Öğrencilerden verilen araç gereçlerle kendi hipotezlerine uygun (ampul sayısının ve pil sayısının değiştirilmesine yönelik iki farklı deney düzeneği) devreler kurmaları istenmiş, kurduğu devrelerin şemasını çizmeleri, devrelerdeki ampul parlaklıklarını kıyaslamaları ve başlangıçta yazdıkları hipotezin doğruluğunu test etmeleri istenmiştir. Deneyden elde ettikleri veriler doğrultusunda deneyin sonucunu yazmaları, hipotezlerinin yanlış çıkması durumunda süreci baştan başlatarak yeniden hipotez kurup yeni hipotezlerine uygun deney yapmaları ve sonuç çıkarmaları sağlanmıştır. (Deney malzemeleriyle devrenin kurulması sırasında

öğrenciler devre elemanlarının bağlanması konusunda zorlandıklarında öğretmen yardımcı olmuştur.)

Öğrencilerin mevcut gece lambasının istenilen şekilde geliştirilebilmesi için hipotezlerini test etmek amacıyla ampul sayısının ve pil sayısının değiştirilmesine yönelik yaptıkları iki deneye ait örnek deney raporu aşağıda verilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Ampul sayısı ve pil sayısının değiştirilerek ampul parlaklığının etkisinin incelendiği deneylerle ilgili bölüm

3.4.2.5. Raporlaştırma / yeniden Tasarlama (6 ders saati)

Öğrencilerin deneylerden elde ettikleri verilerden yola çıkarak probleme çözüm bulmaları için başlangıçta verilen kriter ve sınırlamalar esnetilip Atahan'ın devre elemanlarının benzerleri dışında farklı elektrik devre elemanları kullanabilmeleri yönünde izin verilmiştir. Öğrencilerin konuyla ilgili kazanım dışında kalan diğer devre elemanlarını araştırıp problemin çözümü için kullanmalarının önünü açarak ilgi ve

motivasyonları arttırılmış tasarımlarını birtakım değişikliklerle oluşturmalarına destek olunmuştur.

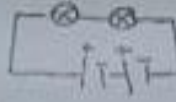
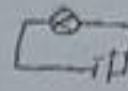
Öğrencilerin araştırma problemine konu olan Atahan'ın gece lambasında nasıl bir değişiklik yapacaklarına yönelik sorulan soruya cevap vermeleri için her gruptaki öğrencilerin 1 ders saati boyunca birbiriyle çıkarımlarını paylaşarak fikir alışverişi yapmaları sağlanmıştır. Aynı zamanda öğretmen her grubun yanına giderek fikirlerini sormuş ve gelen cevapları problemin çözümüne yönelik olacak şekilde yönlendirmelerine rehberlik etmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Öğrencilerin süreci raporlaştırma ve yeniden tasarlama aşaması

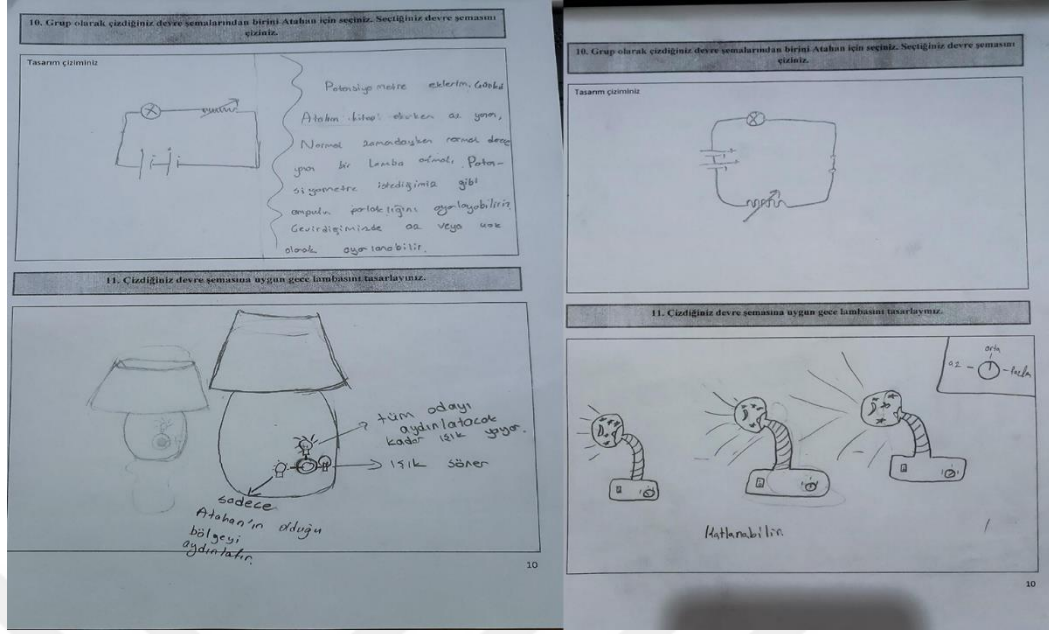
Elektrik devre elemanları ünitesindeki basit bir elektrik devresinde lamba parlaklığını etkileyen değişkenlerden yola çıkarak lamba parlaklığının değiştirilmesine yönelik yapacakları tasarım için bireysel olarak farklı çözüm önerileri üretmeleri ve ürettikleri çözüm önerilerinin devre şemalarını çizerek bilimsel gerekçeleriyle açıklamaları için bir ders saati süre verilmiştir. Bu şekilde problemin çözümü için her bireyin katkıda bulunması sağlanmıştır.

Öğrencilerin bireysel olarak çizdikleri yeni devre şemalarına bir örnek aşağıda verilmiştir (Şekil 3.12).

8. Atakan'ın çözüm önerisi için gece lambasında nasıl bir değişiklik yapabiliriz?	
Pil ve lamba kullanılarak devreye giren bir birimden elektrik en uygun şekilde ayarlanabilir.	
9. Çözüm önerilerinizin devre şemalarını çiziniz.	
Çözüm önerisi 1 Pil üzerindeki ampul sayısı ile ilgili olarak. Saniye olarak ampul parlaklığı ayarlanabilir.	
Çözüm önerisi 2 Pil üzerindeki bir devreye ampul bir yapıyla. Ampul parlaklığı ayarlanabilir.	
Çözüm önerisi 3 Atakan'ın kendi devresine bir potansiyometre eklenerek ve enerji ayarlanabilir oldu.	

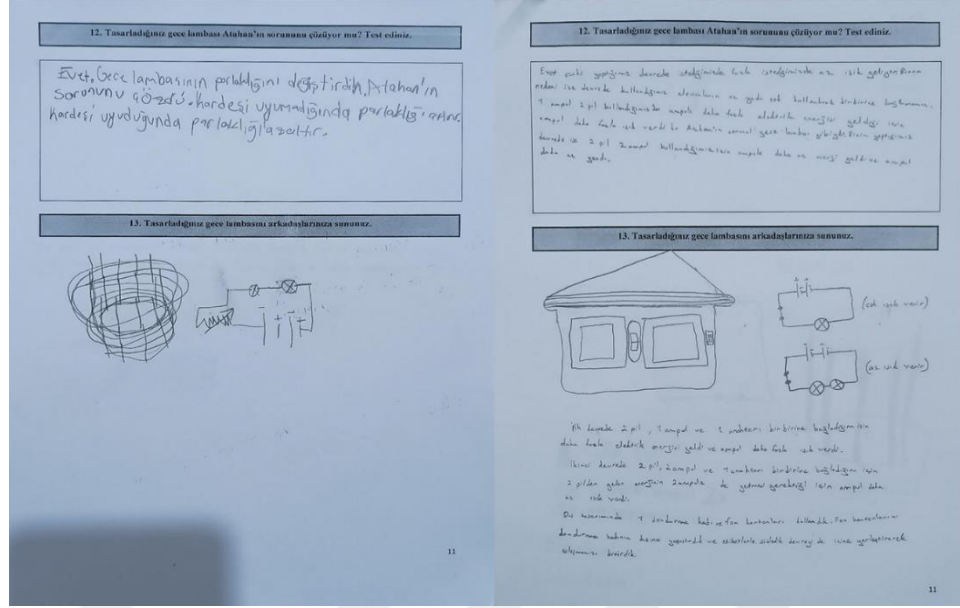
Şekil 3.11. Araştırma probleminin çözümüne yönelik üretilen çözüm önerileri

Bu yönergede öğrencilerin bir ders saati süre içinde bireysel olarak ürettikleri birden çok çözüm önerilerinden, olumlu ve olumsuz tarafları üzerinde detaylı düşünerek problemin çözümü için en uygun olanı seçmeleri istenmiştir. Bu sırada grup içindeki her bireyin fikrini bilimsel gerekçeleriyle açıklayarak yapacakları tasarım için en uygun fikri hep beraber kararlaştırmaları ve karar verdikleri önerinin devre şemasını çizmeleri sağlanmıştır. Aynı zamanda öğretmen her grubun yanına gidip fikirlerini sorarak ve gelen cevapları problemin çözümüne yönelik olacak şekilde yapacakları tasarım doğrultusunda yönlendirmelerine rehberlik etmiştir. Aşağıda bu aşamalara verilen cevapların bir örneği verilmiştir (Şekil 3.12).

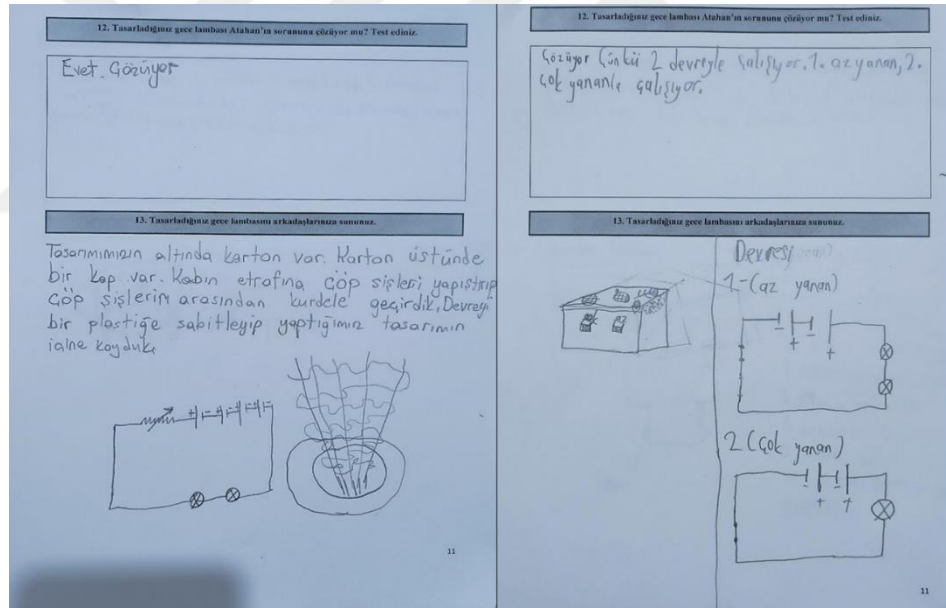


Şekil 3.12. Öğrencilerin problemin çözümüne yönelik oluşturdukları devrenin şeması ve lambanın tasarım çizimlerinden bazı örnekler

Öğretmen, her bir gruba eşit sayıda ampul, pil, pil yatağı ve yeterli miktarda bağlantı kablosu dağıtmıştır. Aynı zamanda tasarımlarını oluştururken bu malzemelerle sınırlı kalmak zorunda olmadıklarını, farklı malzemeler kullanabilecekleri hatırlatılmıştır. (Bir önceki derste) Farklı malzemeler kullanmayı düşünen ve karar alan gruplara istedikleri malzemeyi evden getirmeleri söylenmiştir. Öğrencilere tasarım çizimini yaptıkları lambayı tasarlayabilmeleri ve tasarladıkları lambanın araştırmaya konu olan problemi çözüp çözemediğini test edebilmeleri için iki ders saati süre verilmiştir. Öğrenciler lamba tasarımlarını tamamlandıktan sonra lambalar test edilmiştir. (Şekil 3.13-14).



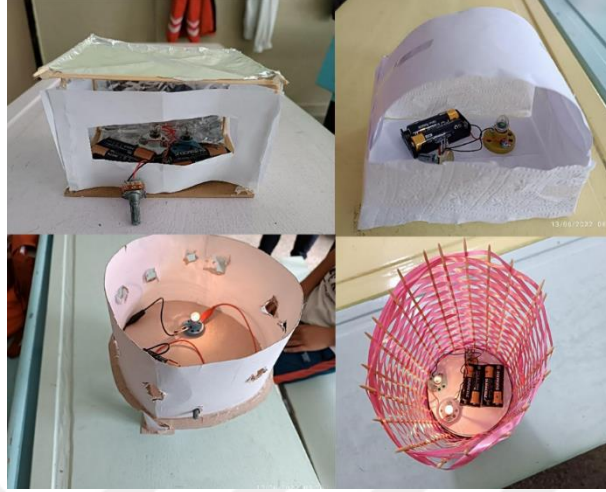
Şekil 3.13. Öğrencilerin lamba tasarım çizimlerinden örnekler



Şekil 3.14. Öğrencilerin lamba tasarım çizimlerinden örnekler

Etkinliğin son kısmında öğrencilerin tasarladıkları gece lambalarını grup olarak diğer arkadaşlarına sunmaları ve sunum yaparken diğer grupların ortaya koydukları lambalar için de kendi içlerinde hızlı bir değerlendirme yaparak yorumda bulunmaları için bir ders saati süre verilmiştir. Genel olarak öğrencilerin çoğu sürenin ve malzeme çeşitliliğin az olmasından dolayı daha farklı tasarımlar yapabilecekken ellerinden

gelenin en iyisini yapmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin yaptıkları tasarımlara örnekler aşağıda verilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Öğrencilerin lamba tasarımlarından örnekler

3.5. Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada kullanılan nicel ve nitel veri toplama araçları ve verilerin analiz yöntemi Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları ve Veri Analiz Yöntemleri

Araştırma Sorusu	Nicel Toplama Araçları	Veri Testi	Nicel Veri Analiz Yöntemi	Nitel Toplama Araçları	Veri Testi	Nitel Veri Analiz Yöntemi
1. “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin Fen Bilimleri dersindeki akademik başarısı üzerine etkisi var mıdır?	Başarı (Çoktan Seçmeli Test) (Güven, 2020)	Testi	Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi	Başarı (Açık uçlu test) (Güven, 2020)	Testi	Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi
“Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimi üzerine etkisi var mıdır?	Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği (Deveci ve Kavak, 2020)	Ölçeği ve	Wilcoxon İşaretli Sıralar testi	Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu	Soru	Betimsel analiz
“Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?	STEM Mühendislik Kariyer İlgi Ölçeği (Gülhan (2016)	İlgi	Wilcoxon İşaretli Sıralar testi	Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu	Soru	İçerik analizi

1. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin Fen Bilimleri dersindeki akademik başarısı üzerine etkisi var mıdır?
2. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimi üzerine etkisi var mıdır?
3. Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?

Veri toplama araçlarına ilişkin ayrıntılı bilgiler nicel ve nitel veri toplama araçları başlıkları altında ayrıntılı açıklanmıştır.

3.5.1. Nicel veri toplama araçları

Araştırmada nicel veri toplama aracı olarak Başarı Testi (Çoktan Seçmeli Test), Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği ve STEM Mühendislik Kariyer İlgi Ölçeği kullanılmıştır ve ayrı başlıklar altında ayrıntılı tanıtılmıştır.

3.5.1.1. Başarı testi

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisini belirleyebilmek için Güven (2020) tarafından geliştirilen, geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış olan “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kazanımlarına uygun 26 sorudan oluşan nicel ‘Başarı Testi’ ve 4 sorudan oluşan nitel ‘Açık Uçlu Test’ soruları kullanılmıştır. Güven (2020) başarı testini hazırlarken "Elektrik Devre Elemanları" ünitesinde yer alan kazanımlar için çoktan seçmeli 56 ve açık uçlu 8 sorudan oluşan soru havuzu oluşturmuştur. Maddelerin yazılması ve düzeltilmesi için fen bilimleri öğretmenleri ve fen eğitimi uzmanlarından alınan görüşler doğrultusunda gerekli düzeltmeler tamamlandıktan sonra pilot uygulama için başarı testinin çoktan seçmeli bölümünde yer alan yirmi sekiz sorudan oluşan eşdeğer iki kısma ayırmış ve farklı

günlerde 50 dakikalık zamanlar verilerek çoktan seçmeli maddelerden oluşan iki testin pilot uygulamasını 255 öğrenciyle gerçekleştirmiştir. Başarı testinin çoktan seçmeli her bir sorusunun madde analizi gerçekleştirdikten sonra 26 tane çoktan seçmeli test sorusunun uygulamada kullanılmasına karar vermiştir. Başarı testindeki çoktan seçmeli soruların kazanımlara göre dağılımı Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4. Çoktan Seçmeli Maddelerin "Elektrik Devre Elemanları" Ünitesi Kazanımlarına Göre Dağılımı (Güven, 2020)

Kazanım	Madde Numarası
F.5.7.1.1. Bir elektrik devresindeki elemanları sembolleriyle gösterir.	2, 4
F.5.7.1.2. Çizdiği elektrik devresinin şemasını kurar.	3, 6, 7, 9, 26
F.5.7.2.1. Bir elektrik devresindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğunu tahmin ederek tahminlerini test eder.	1, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25

Başarı testinin (çoktan seçmeli test) KR-20 değeri 0,876, KR-21 değeri 0,860, alfa güvenirlik katsayısı 0,80 dir. Araştırmacı testin orta güçlükte, çok iyi ayırt edici ve oldukça güvenilir olduğunu tespit etmiştir (Güven,2020).

Başarı testi 4 adet açık uçlu soru da içermektedir. Bunun için Güven (2020) başarı testi için 8 tane açık uçlu soru havuzu oluşturmuştur. Bu soruların kapsam geçerliği için 2 fen bilimleri öğretmeninin, kapsam ve yapı geçerliği için ise 3 fen eğitimi uzmanının görüşlerine başvurmuştur. Alınan görüşler doğrultusunda düzeltmeleri yaparak pilot uygulamasını 37 öğrenciyle pilot uygulama gerçekleştirmiştir. Başarı testinde yer alan açık uçlu her bir sorunun madde analizini gerçekleştirerek 4 tane açık uçlu soru teste eklenmiştir. Başarı testindeki açık uçlu soruların kazanımlara göre dağılımı Tablo 3.4 de sunulmuştur.

Tablo 3.5. Açık Uçlu Maddelerin "Elektrik Devre Elemanları" Ünitesi Kazanımlarına Göre Dağılımı (Güven, 2020)

Kazanım	Madde Numarası
F.5.7.1.1. Bir elektrik devresindeki elemanları sembolleriyle gösterir.	1
F.5.7.1.2. Çizdiği elektrik devresinin şemasını kurar.	4
F.5.7.2.1. Bir elektrik devresindeki ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğunu tahmin ederek tahminlerini test eder.	2, 3

Soruların puanlamasında bütüncül puanlama anahtarı kullanarak puanlama yapmıştır. Bu doğrultuda açık uçlu soruların her biri için ayrı ayrı özel bütüncül puanlama anahtarı hazırlamıştır. Bu anahtara göre açık uçlu soruların her biri için doğru cevaba 1 puan, yanlış cevaba ya da boş bırakılan sorulara ise 0 puan vermiştir. Bu şekilde her bir sorunun güçlüğü, madde ayıricılığı, KR-20 ve KR-21 iç tutarlılık güvenilirlik katsayısını hesaplamıştır. Güven (2020) tarafından yapılan geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarına göre açık uçlu testin KR-20 iç tutarlılık güvenilirlik katsayısı 0,541, KR-21 iç tutarlılık güvenilirlik katsayısı 0,503 bulunmuştur. Alpar (2018, s. 562), toplam 10-15 maddelik testlerden elde edilen 0,50 gibi düşük bir KR-20 katsayısının, genel olarak testin güvenilir olduğu ile ilgili bilgi verebileceğini belirtmektedir. Öğrencilerin bu açık uçlu testten aldıkları puanlar akademik başarı testinden aldıkları puanlara ilave edilmiştir. Elde edilen toplam puanlar nicel veri analizine tabi tutulmuştur. Güven (2020) tarafından testin güvenilirlik katsayısı hesaplama formülü kullanılarak başarı testindeki sorular (çoktan seçmeli test) için alfa güvenilirlik katsayısı 0,80, KR-20 değeri 0,876, KR-21 değeri 0,860 bulunmuştur. Bu duruma bakarak testin orta güçlükte, çok iyi ayırt edici ve oldukça güvenilir olduğu söylenebilir (Zorluoğlu ve ark., 2016; Güven,2020). Başarı testi (çoktan seçmeli ve açık uçlu sorular) sürecin başında ön test ve sürecin sonunda son test olarak, testin uygulayıcısı olan ders öğretmeni tarafından belirlenen 40 dakikalık süre içinde uygulanmıştır. Başarı testinin çoktan seçmeli soruları nicel veri, açık uçlu soruları nitel veri vermektedir. Ancak nitel veriler puanlanarak nicel verilere eklenmiştir. Yani nicel olarak değerlendirildiği nicel analiz edilmiştir. Bu nedenle- tekrara düşmemek için- açık uçlu test, nicel veri toplama araçları kısmında açıklanmış ve nicel verilerin analizi kısmında sunulmuştur.

Bu araştırmadan elde edilen ön test ve son test ölçümlerinin güvenilirliği alfa güvenilirlik katsayısı 0,643 tür. Alpha katsayısı 0.60 ile 0.80 arasında ise ölçek oldukça güvenilir kabul edildiğinden (Tavşancıl, 2014, s. 29) bu test oldukça güvenilir şekilde yorumlanır. Ön testin KR – 20 değeri 0,772 ve son testin KR -20 değeri 0,887 dir. Başarı testleri için KR-20 güvenilirlik katsayısının 0.70'in üzerinde olması gerektiği ifade edildiğinden (Şeker ve Gençdoğan, 2006) ön test ve son testin güvenilir bir test olduğu yorumu yapılabilir.

3.5.1.2. Yenilikçi (inovatif) düşünme eğilimi ölçeği

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin yenilikçi(inovatif) düşünme eğilimini ölçmek için Deveci ve Kavak (2020) tarafından geliştirilen 5 ‘li likert tipinde 25 maddeden oluşan ‘Ortaokul Öğrencilerine Yönelik Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği’ kullanılmıştır. Ölçeğin geliştirilmesi sürecinde 1300 ortaokul (5-8. sınıf) öğrencisi tarafından yazılan kompozisyonları, doldurulan açık uçlu anket formları ve yarı-yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla elde edilen nitel verileri kullanmıştır. Nitel verilerin analizi ile oluşturulan kodlardan; yeniliğe açık olma, yenilikçi grup liderliği, yenilikçi problem çözme, yenilikçi öz-yeterlik, yenilikçi risk alma, bireysel yenilikçilik ve yenilikçi azim kategorilerine ulaşılmış ve maddeler hazırlanmıştır. Nicel verilerin analizi sonucunda da bu kategorilere uygun ‘*Yenilikçi Öz-Yeterlik, Yenilikçiliğe Açık Olma, Yenilikçi Problem Çözme, Yenilikçi Azim ve Yenilikçi Grup Liderliği*’ şeklinde beş faktörlü yapıda 25 maddeden oluşan bir ölçek geliştirilmiştir. Her bir madde kendi içinde olumsuz tutumlarından olumlu tutumlarına doğru 1’den 5’e kadar derecelendirilmiştir. Ölçekten elde edilecek en yüksek puan her alt boyut için 25, tüm test için 125, ölçekten elde edilecek en düşük puan her alt boyut için 5, tüm test için 25 ‘tir. Testten elde edilen puanların büyük olması, yenilikçi düşünme eğiliminin olumlu olduğunu, puanların küçük olması ise yenilikçi düşünme eğiliminin olumsuz olduğunu göstermektedir. Deveci ve Kavak (2020) tarafından geliştirilen ölçme aracının geneline ilişkin Cronbach Alpha değeri 0,91 olarak elde edilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen ön test ve son test ölçümlerinin güvenilirliği alfa güvenirlik katsayısı 0,90 dir. Alpha katsayısı 0.80 ile 1.00 arasında ise ölçek yüksek derecede güvenilir kabul edildiğinden (Tavşancıl, 2014, s. 29) bu test yüksek derecede güvenilir olduğu şeklinde yorumlanır.

3.5.1.3. STEM kariyer ilgi ölçeği

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında uygulanan tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin kariyer ilgilerine etkisini belirleyebilmek için Tyler-Wood ve ark. (2010) tarafından ‘STEM Kariyer İlgi Ölçeği’

ismiyle geliştirilen, Gülhan (2016) tarafından ‘STEM Algı Testi’ olarak Türkçeye uyarlanan, geçerlik güvenirlik çalışması yapılmış ölçek kullanılmıştır. Testte alt boyutların her biri için 5 sıfat ve bunların zıt anlamlısı olan 5 sıfat yer almaktadır. İki zıt kutup arasında 7 adet seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler bir cetvelin derecelendirmesi gibi sıralanmaktadır. Öğrencilerden kendi düşüncelerine yakın olan seçeneği işaretlemeleri istenmektedir. Soruların puanlanmasında olumsuz ifadelerin 1’e yakın, olumlu ifadelerin 7’ye yakın olduğu bilinmektedir. Anlam ölçeği tipinde hazırlanan testte her madde 1-7 arasında puanlanmaktadır. Testten elde edilecek puanlar hesaplanırken olumsuz ifadeler ters çevrilerek puan verilmiştir. Testten elde edilebilecek en yüksek puan her alt boyut için 35, tüm test için 175; testten elde edilebilecek en düşük puan her alt boyut için 7, tüm test için 35 ‘dir. Testten elde edilen puanların yüksek olması, STEM kariyer ilgisinin yüksek olduğunu, puanların düşük olması STEM kariyer ilgisinin düşük olduğunu göstermektedir. Tyler-Wood, Knezek ve Christensen (2010) ‘STEM Kariyer İlgisi Ölçeği’ nin ‘Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik ve STEM Kariyer’ alt boyutlarının Cronbach Alpha değerlerinin 0,78-0,94 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Gülhan (2016) ise ‘STEM Algı Testi’nin alt boyutlarının tümünün güvenirlik değerini 0,891 olarak tespit etmiştir. Bu araştırmadan elde edilen ön test ve son test ölçümlerinin güvenirliği alfa güvenirlik katsayısı ise 0,954 bulunmuştur. Alpha katsayısı 0.80 ile 1.00 arasında ise ölçek yüksek derecede güvenilir kabul edildiğinden (Tavşancıl, 2014, s. 29) bu test yapılan araştırma uygulamaları için yüksek derecede güvenilir olduğu şeklinde yorumlanır.

3.5.2. Nitel veri toplama araçları

Araştırmada nitel veri toplama aracı olarak Başarı Testi’nde yer alan açık uçlu sorular, araştırmacılar tarafından hazırlanan Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu ve Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu kullanılmıştır ve ayrı başlıklar altında ayrıntılı tanıtılmıştır.

3.5.2.1. Yenilikçi düşünme eğilimine yönelik soru formu

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin yenilikçi (inovatif) düşünme eğilimlerine etkisini belirleyebilmek için “Ortaokul Öğrencilerine Yönelik Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği”nden elde edilen nicel verileri desteklemek amacıyla araştırmacılar tarafından oluşturulan “Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu” kullanılmıştır. Formda Deveci (2020)’nin ölçeği oluştururken elde ettiği alt boyutlar olan “yenilikçi öz-yeterlik, yenilikçiliğe açık olma, yenilikçi problem çözme, yenilikçi azim ve yenilikçi grup liderliği” kategorilerinin her birinin karşılığı olabilecek ve etkinlik süreci bağlamında beş soruluk bir form oluşturulmuştur. Beş sorudan oluşan soru formunun amacına uygunluğu, tersine mühendislik aşamalarına uygun soru ve yönergeler içermesi, öğrenciler tarafından anlaşılabilir olması hususunda üç fen bilimleri uzmanı ve öğretmeninden uzman görüşü alınmıştır. Gelen dönütlere göre gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra form, sorulmak istenenlerin öğrenciler tarafından aynı şekilde algılanması ve dil açısından uygunluğu için bir Türkçe öğretmeni tarafından değerlendirilmesi sonucunda uygun olduğu belirlenmiştir. Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu, Ek 7 de verilmiştir. Form, çalışma grubuna hem araştırma öncesi hem araştırma sonrası uygulanmıştır. Öğrencilerin formdaki soruları cevaplamaları için bir ders saati süre verilmiştir. Yenilikçi düşünme eğilimine yönelik soru formundaki sorular ve alt boyutlara göre dağılımı aşağıdaki Tablo 3.6’da sunulmuştur.

Tablo 3.6. Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu’ ndaki soruların alt boyutlara göre dağılımı

Soruların Konu İçeriği	Alt Boyutlar	Ön Test Soruları	Son Test Soruları
Yenilikçilik algılarına yönelik sorular	Yenilikçi öz-yeterlik	Atahan’ın problemi gibi bir durumla karşı karşıya kaldınız mı? Kullandığınız bir ürünün daha gelişmişine ihtiyaç duyduunuz mu? Eğer böyle bir durum yaşamış olsaydınız ne yapardınız?	1. Atahan’ın problemi gibi bir durumla karşı karşıya kaldınız mı? Kullandığınız bir ürünün daha gelişmişine ihtiyaç duyduunuz mu? Eğer böyle bir durum yaşamış olsaydınız ne yapardınız?
	Yenilikçiliğe açık olma	1. Siz bir tasarım yapacak olsanız hangi ürüne ne gibi bir değişiklik yapmak isterdiniz? Neden?	2. Siz bir mühendis olarak Atahan’ın problemine yönelik tasarım yaptınız. Buna benzer bir problem yaşamış olsanız hangi ürüne ne gibi bir değişiklik yapmak istersiniz? Neden?

Tablo 3.6. (devamı)

Soruların Konu İçeriği	Alt Boyutlar	Ön Test Soruları	Son Test Soruları
Yenilikçilik algılarına yönelik sorular	Yenilikçi problem çözme	Yeni bir ürün oluşturmak mı yoksa var olan bir üründe yenilik yaparak bir ürün tasarlamak mı daha çok hoşunuza gider? Neden?	3. Siz bir mühendis olarak Atahan'ın problemine yönelik var olan bir üründe değişiklik yaptınız. Buna benzer bir problem yaşamış olsanız yeni bir ürün oluşturmak mı yoksa var olan bir üründe yenilik yaparak bir ürün tasarlamak mı daha çok hoşunuza gider? Neden?
	Yenilikçi azim	2. Yeni bir ürün tasarlarlarken engellerle/sorunlarla karşılaşırsanız ne hissedersiniz? Açıklayınız.	4. Siz bir mühendis olarak Atahan'ın problemine yönelik tasarım yaptınız. Yeni bir ürün tasarlarlarken engellerle/sorunlarla karşılaşırsanız ne hissedersiniz? Açıklayınız
	Yenilikçi grup liderliği	3. Grup olarak bir tasarım çalışması yapacak olsanız grubunuzdan birinin size ne yapacağını söylemesini ister misiniz? Ya da siz arkadaşlarınızı yönlendirmek ister misiniz? Açıklayınız.	Siz bir mühendis olarak Atahan'ın problemine yönelik grup olarak çalışarak tasarım yaptınız. Grup olarak bir tasarım çalışması yaptığınızda grubunuzdan birinin size ne yapacağını söylemesini ister misiniz? Ya da siz arkadaşlarınızı yönlendirmek ister misiniz? Açıklayınız.

3.5.2.2. Mühendislik kariyerine yönelik soru formu

Araştırmada 5.sınıf “Elektrik Devre Elemanları” ünitesi kapsamında tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin mühendislik kariyer ilgilerine etkisini belirlemek için ‘STEM Algı Testi’ testinden elde edilen nicel verileri desteklemek amacıyla araştırmacılar tarafından oluşturulan ‘Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu’ nitel veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından hazırlanan mühendislik kariyerine yönelik soru formu açık uçlu üç sorudan oluşmaktadır. STEM Kariyer İlgisi Ölçeği’ne yönelik soru formu hazırlanırken sadece mühendislik alt boyutuna ilişkin sorular yazılmıştır. Çünkü araştırma boyunca uygulanan tersine mühendislik sürecinde; fen, matematik, teknoloji ve kariyer alt boyutlarından ziyade öğrencilerin mühendislik algılarında değişiklik oluşturulması amaçlanmıştır. Üç sorudan oluşan soru formunun amacına uygunluğu, tersine mühendislik aşamalarına uygun soru ve yönergeler içermesi, öğrenciler tarafından anlaşılabilir olması hususunda uzman görüşü alınmıştır. Uzmanlardan gelen geri bildirimler doğrultusunda sorular 5.sınıf öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri dikkate alınarak sorularda kullanılan kelimeler biçim ve anlam bilgisi yönünden incelenmiş ve sorulmak istenenlerin öğrenciler tarafından aynı şekilde algılanması için yeniden düzenlenmiştir.

Düzenlemeler sonrasında formun, bir Türkçe öğretmeni tarafından değerlendirilmesi sonucunda uygun olduğu belirlenmiştir. Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu, Ek 9 da verilmiştir. Tersine mühendislik uygulamalarını içeren etkinlik yapılmadan önce sorulan ön test soruları ile etkinlik uygulandıktan sonra öğrencilerin mühendislik deneyimi yaşamaları sebebiyle sorulan son test soruları sürecin öğrenciler üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçladığından farklılık göstermektedir. Form, çalışma grubuna hem araştırma öncesi hem araştırma sonrası uygulanmıştır. Öğrencilerin formdaki soruları cevaplamaları için bir ders saati süre verilmiştir. Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu’ndaki soruların içeriği Tablo 3.6’da sunulmuştur.

Tablo 3.7. Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formundaki sorular

Soruların Konu İçeriği	Ön Test Soruları	Son Test Soruları
Mühendislik kariyerine yönelik sorular	Mühendislerin ne iş yaptığını ve nasıl çalıştığını biliyor musunuz? Açıklayınız	Atahan’a yardımcı olmak için mühendis gibi çalıştınız. Mühendislerin ne iş yaptığı ve nasıl çalıştığı hakkında neler öğrendiniz (deneyimlediniz)? Açıklayınız.
	Büyüdüğünüzde mühendis olmak ister misiniz? Neden?	Atahan’a yardımcı olma sürecinde mühendislik mesleğini seçmeye yönelik fikriniz değişti mi? Neden? Nasıl?
	Mühendis olursanız neler yapmak istersiniz? Açıklayınız.	Mühendis olursanız neler yapmak istersiniz? Fikriniz(düşünceniz) değişti mi? Neden?

3.6. Verilerin Analizi

Araştırma sürecinin değerlendirilmesi için toplanan nicel verilerin analizinde istatistiksel yöntemler kullanılırken, nitel verilerin analizinde içerik analizi yapılmıştır.

Nicel ve nitel verilerin analizleri “Nicel Verilerin Analizi” ve “Nitel Verilerin Analizi” başlıklarında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.6.1. Nicel verilerin analizi

Araştırmada nicel olarak elde edilen verilerin analizinde istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. İstatistiksel analizleri gerçekleştirebilmek için ise Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 21 paket programı kullanılmıştır.

Örneklem ortalamaları karşılaştırılacak iki ölçümde, örneklem sayısının az olması durumunda ($N < 30$) parametrik olmayan testler ile ölçümler arasında fark olup olmadığı değerlendirilebilir (Can, 2018, s. 142). Bu araştırma, 21 öğrenci ile yürütüldüğünden örneklem sayısının parametrik testler ile analize uygun olmaması nedeniyle non-parametrik testlerle analiz edilmesine karar verilmiştir.

Verilerin normalden uzak ancak simetrik veya simetriye yakın olduğu durumda, grupların kendi içinde ön test – son test karşılaştırmalarına bakılarak iki ölçüm arasındaki farkın anlamlılığının test edilmesinde Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (Wilcoxon Signed Rank Test For Paired Samples) kullanılır (Büyüköztürk, 2016, s. 174 ; Akgül-Çevik 2003: 146) Testlerin değerlendirmesinde ise sonuç tablosunda yer alan pozitif sıralar (positive ranks) ikinci ölçümün büyük olduğu veri çiftlerini, negatif sıralar ise (negative ranks) birinci ölçümün büyük olduğu veri çiftlerini gösterir (Can, 2019; Büyüköztürk, 2010). Bu araştırmadaki verilerin analizinde aynı sınıfa uygulanan Elektrik Devre Elemanları ünitesinin öğretimine Yönelik Başarı Testi'nin, Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği'nin ve STEM Kariyer Algı Testi'nin her alt boyutunun ön test ve son test puanları arasındaki farkının tespit edilmesinde Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılmıştır. Aynı zamanda bulunan sonuçların anlamlılığı da araştırmanın sonuçları için önemli olduğundan bu araştırmada da Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçlarında anlamlı farklılığın etkisini ortaya koymak için p değerine yer verilmiştir. Hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : İki ölçüm puanları arasında fark yoktur. (Sınanan hipotez)

H_1 : İki ölçüm puanları arasında fark vardır.

Test sonuçları aşağıdaki gibidir:

$p > 0,05$ ise iki ölçüm puanları arasında fark yoktur.

$p < 0,05$ ise iki ölçüm puanları arasında fark vardır. (Cevahir, 2020).

Yapılan hipotez testiyle tekrarlayan iki ölçüm puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenir, fakat farkın etkisi ya da büyüklüğü hakkında bilgi vermez (Cevahir, 2020). Bu yüzden etkinin önemi hakkında objektif bir ölçüm sağlayan etki büyüklüğüne bakılır (Field, 2009). Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi için kullanılan r etki değeri: Pearson'un korelasyon katsayısı olan r bir etki değeri

katsayısıdır. r değeri 0 (etki yok) ile 1 (mükemmel etki/perfect effect) arasında bir değer alır. r değeri işaretinden bağımsız olarak değerlendirilir (Field, 2009). Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi için kullanılan r^2 etki büyüklüğü: Tekrarlayan iki ölçüm puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varsa bu farkın etkisinin önemi konusunda objektif bir ölçüm sağlamasının (Field, 2009) yanı sıra etki büyüklüğü değerlerinin hesaplanıp yorumlanması sonuçların anlaşılabilirliğini artırır (Büyüköztürk, 2010). r katsayısının karesi (r^2) toplam varyansın ne kadarını açıkladığını ifade eder. r^2 değeri üzerinden bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki değişimin ne kadarını açıkladığı bilgisine de ulaşılır (Cevahir, 2020). Bu çalışmada uygulanan yöntemin etkili olup olmadığının belirlenmesi için istatistiksel anlamlılığının yanı sıra etki büyüklüğüne de bakılmıştır. Etki büyüklüğü (r) aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Cevahir, 2020).

$$r = Z / \sqrt{n} \text{ (Z: SPSS analiz çıktısındaki Z değeridir. n: örneklem sayısıdır.)}$$

$r=0.10$ küçük etki. Bu durumda etki toplam varyansın %1'ini açıklar. $r=0.30$ orta etki. Bu durumda etki toplam varyansın %9'unu açıklar. $r=0.50$ büyük etki. Bu durumda etki toplam varyansın %25'ini açıklar. (r etki değerini r^2 ise etki büyüklüğünü vermektedir.). Bu çalışmada önerilen formüllerle etki değeri büyüklüğü hesaplanmıştır. İlgili sonuçlar bulgular bölümünde sunulmuş ve yorumlanmıştır. SPSS 21 programı ile yapılan analize ait ölçüm sonuçları bulgular bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.6.2. Nitel verilerin analizi

Araştırmada kullanılan nitel veri toplama araçlarından Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu'ndan elde edilen veriler Deveci (2020)'nin ölçek geliştirme sürecinde belirttiği “yenilikçi öz yeterlilik, yenilikçiliğe açık olma, yenilikçi problem çözme, yenilikçi azim ve yenilikçi grup liderliği” şeklindeki beş kategoriye göre betimsel analiz edilmiştir. Nitekim betimsel analizde elde edilen veriler önceden belirlenmiş temalara/kategorilere göre veriler sınıflandırılarak özetlenir ve yorumlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bunun için öğrencilerin verdikleri tüm cevaplar araştırmacı tarafından farklı zamanlarda tekrar tekrar kodlanmıştır. Ardından ilgili

kodların belirli olan kategorilere yerleştirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Fakat formda her ne kadar Deveci (2020)'nin ölçeği oluştururken elde ettiği alt boyutlar olan “yenilikçi öz-yeterlik, yenilikçiliğe açık olma, yenilikçi problem çözüme, yenilikçi azim ve yenilikçi grup liderliği” kategorilerinin her birinin karşılığı olabilecek sorular ayrı oluşturulsa da kodlanan verilerin bazılarının soruların hazırlanırken belirlenen kategoride yer almaması gerektiği, bazılarının ise birden fazla kategoride değerlendirilebileceği fark durumu ortaya çıkmıştır. Gerek veri kaybı olmaması gerekse de veri tekrarı olmaması açısından ilgili kodlar ilgili kategori ya da kategorilere dahil edilerek ve sunulmuştur. Kategorilere yerleştirme işlemi de araştırmacı tarafından farklı zamanlarda birkaç kez tekrar etmiştir. Araştırmacı kodların kategorizasyon sürecini tamamladıktan sonra danışman tarafından kodların kategorilere uyumlu olup olmadığı değerlendirilmiştir. Araştırmacı ve danışman tarafından farklı kategoride olduğu düşünülen kodlar bir araya gelerek değerlendirilmiş ve nihai karara varılmış ve tablolaştırılmıştır. Tablolaştırmada kodların, kategorilere ve öğrencilerin verilerinden doğrudan alıntılarına, kodların tekrar edilme sıklıklarına (f), hangi öğrencilerden tarafından verildiğine (N) ve tekrar etme yüzdelerine yer verilmesine dikkat edilmiştir. Tablolaştırılan veriler bulgular başlığı altında sunulmuş ve yorumlanmıştır.

Araştırmada kullanılan nitel veri toplama araçlarından Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu'ndan elde edilen veriler ise içerik analizi ile analiz edilmiştir. İçerik analizinde toplanan veriler araştırmacılar tarafından kodlanır ve önceden belirlenen kategorilere de değil de verilerin benzer özelliklerine göre araştırmacılar tarafından en uygun şekilde ifade edilecek şekilde kategorileştirilir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bunun için öğrencilerin verdikleri tüm cevaplar araştırmacı tarafından farklı zamanlarda tekrar tekrar kodlanmıştır. Ardından ilgili kodlar benzer ve farklılıklarına göre kategorize edilmiş ve bütünü ifade edecek şekilde her bir kategori/kod isimlendirilmiştir. Oluşturulan kategorilerin/temaların kendi içinde anlamlı bir bütün oluşturması önemlidir (Patton, 2014; Miles ve Huberman, 1994; Merriam ve Grenier, 2019). Bu nedenle bu süreç araştırmacı tarafından birkaç kez farklı zamanlarda öncekilerden bağımsız şekilde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı kodların kategorizasyon sürecini tamamladıktan sonra danışman tarafından kodların

kategorilere uyumlu olup olmadığı değerlendirilmiştir. Araştırmacı ve danışman tarafından farklı kategoride olduğu düşünülen kodlar bir araya gelerek değerlendirilmiş ve nihai karara varılmış ve tablolastırılmıştır. Tablolastırmada kodların, kategorilere ve öğrencilerin verilerinden doğrudan alıntılarına, kodların tekrar edilme sıklıklarına (f), hangi öğrencilerden tarafından verildiğine (N) ve tekrar etme yüzdelere yer verilmesine dikkat edilmiştir. Tablolastırılan veriler bulgular başlığı altında sunulmuş ve yorumlanmıştır.

3.7. Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenirliği

Bilimsel araştırmaların kabul görmesi ve literatüre katkı sağlamasının yanı sıra doğru bilgiler içermesi, gerçeğe uygunluğu, aktarılabilirliği (uygulanabilir olması), tutarlılığı, teyit edilebilirliği büyük önem taşımaktadır (Topu vd., 2013). Bahsedilen bu kavramlar araştırmanın geçerlik ve güvenirliği ile açıklanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bilimsel araştırmaların kabulü geçerli ve güvenilir olma düzeyiyle ilişkilidir (Baltacı, 2019). Geçerlik ve güvenirlilik nicel ve nitel araştırmalar için farklı yöntemlerle sağlanmaya çalışır. Bu araştırma sırasında hem nicel hem de nitel veriler toplandığından nicel ve nitel bölümler için geçerlik ve güvenirlilik tek tek incelenmiştir.

Araştırmanın nicel verilerinin güvenirliği için SPSS programı ile Cronbach Alpha (α) değeri hesaplanmıştır. Nicel veri toplama araçları başlığı altında nicel verilerin geçerliği ve güvenirliği ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Nitel araştırmaların geçerlik ve güvenirlilik ilkeleri nicel araştırmalara göre oldukça farklıdır (Neuman ve Robson, 2014, Akt., Baltacı, 2019). Nicel araştırmalarda kullanılan iç geçerlik, dış geçerlik, iç güvenirlilik ve dış güvenirlilik kavramları yerine nitel araştırmalarda sırasıyla inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve teyit edilebilirlik kavramlarının kullanılabileceği ifade edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2008; Baltacı 2019).

Araştırmadan elde edilen sonuçların ne derece doğru olduğu, araştırma sonucunda elde edilen bulguların gerçekliği yansıtma durumu, benzer ortamlarda geçerli sonuçlar elde edilmesi, veri toplama ve analiz sürecinde nesnel yaklaşım sergilenmesine ilişkin çabalar inandırıcılığın arttırılmasını sağlar. Bu araştırmada inandırıcılığın sağlanması amacıyla, farklı veri toplama araçları kullanılmış, araştırmacı tarafından hazırlanan açık uçlu soru formlarının geliştirilme sürecinde uzman görüşüne başvurulmuş, uzman geri bildirimleri doğrultusunda yapılan değişiklikler açıkça belirtilmiş, verilerin en doğru şekilde toplanması için öğrencilere gereken bilgi ve açıklamalar titizlikle yapılmış, toplanan veriler araştırmacı dışında bir başka araştırmacı tarafından da analiz edilerek elde edilen bulgular karşılaştırılmış, veri analiz sürecinde araştırmacı ön yargılarından arınarak tarafsız olmaya özen göstermiş ve yorumlamakta zorlandığı veriler için öğrenci görüşlerine başvurmuş, son aşamada ulaşılan tüm veriler fen eğitimi uzmanı tarafından incelenerek teyit edilmiştir.

Araştırmadan elde edilen sonuçların farklı durumlarda uygulanabilirliği, araştırmanın genellenebilirliği olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2011, s. 258). Bu araştırmada aktarılabilişliğin sağlanması amacıyla, çalışma grubunun seçimi ve özellikleri, uygulama süreci ve veri analiz süreci detaylı bir şekilde açıklanmış, araştırmanın amacı, araştırma soruları ve araştırmanın sınırlıkları net bir şekilde ifade edilmiş, bulgular ayrıntılı olarak rapor edilmiştir.

Araştırmada kullanılan veri setinin farklı araştırmacılar tarafından benzer ortamda uygulandığında araştırmanın sonuçlarına benzer sonuçlara ulaşılabilmesi tutarlılık olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2008; Neuman ve Robson, 2014; Baltacı, 2017). Bu araştırmada tutarlılığın sağlanması amacıyla veri analizi sürecine birden fazla araştırmacı dahil edilerek görüşleri alınmış, araştırmanın yöntemi, veri toplama ve veri analizi süreci ayrıntılı bir şekilde açıklanmış, araştırma sonucunda elde edilen bulgular betimsel olarak raporlaştırılmış, araştırmacı veri analizini farklı zamanlarda yaparak geriye dönük karşılaştırmalar yapmış, araştırmada toplanan bulguların doğruluğu öğrencilerin görüşleri ile teyit edilmiştir.

Aynı kişilere benzer ortamlarda farklı zamanlarda aynı ölçme aracının uygulanması sonucunda benzer sonuçların elde edilebilmesi olarak ifade edilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2008; Büyüköztürk vd., 2016). Bu araştırmanın teyit edilebilirliğinin sağlanması amacıyla araştırmanın yöntem bölümünde veri toplama araçları, veri toplama süreci ve verilerin nasıl analiz edildiği detaylıca açıklanmış, araştırma sonuçları farklı araştırma sonuçlarıyla desteklenmiş, araştırmadaki tüm süreçler, etkinlikler açık bir dille rapor edilmiş ve uzman görüşleri ışığında elde edilen bulgu ve sonuçlar doğrudan alıntılarla desteklenmiştir. Bu araştırmanın verilerinden ulaşılan sonuçların farklı zamanlarda tekrar analiz edilmesiyle yanlışlık payları azaltılmıştır.

3.8. Araştırmanın Etiği

Yapılan araştırmada süreç boyunca video kaydı ve görüntü alınacağı, fakat araştırmada kimlikleri belli olmayacak şekilde kullanılacağı öğrencilere ve velilerine bildirilmiştir. Öğrencilerin her birine araştırmaya katılmaya gönüllü olup olmadıkları sorulmuştur. Veli tarafından izin verilmeyen ya da gönüllü olmayan öğrencilerden veri toplanmamıştır. Araştırmaya katılımı velisi tarafından onaylanan ve araştırmaya gönüllü olan 21 öğrenci katılmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerden gönüllü olduklarına dair izinler alınmıştır (Ek 12). Sınıftaki tüm öğrenciler araştırmaya katılmaya gönüllü olmuşlardır. Ancak öğrenciler reşit olmadıklarından, ayrıca öğrencilerin velilerine de araştırma hakkında ayrıntılı bilgiler verilerek veli onay formu ile gerekli izinler alınmıştır (Ek 11). Veli onayı alındıktan sonra İl Mili Eğitim Müdürlüğü'nden ve uygulama yapılacak okul idaresinden gerekli izinler alınmıştır. (Ek 1). Bununla birlikte araştırma raporu hazırlanırken öğrenci kimliklerinin gizli olacağı ve adları yerine belirlenen kodlar oluşturulacağı bildirilmiştir ve araştırma raporlaştırılırken bu hususlara dikkat edilmiştir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde fen bilimleri dersi ‘Elektrik Devre Elemanları’ ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının 5.sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen araştırma sonucunda elde edilen bulgular ve yorumlar, araştırmanın alt problemleri doğrultusunda sunulmaktadır.

4.1. “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları Ünitesinin Öğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına Etkisi Var mıdır?” Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmanın “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi var mıdır?” şeklindeki birinci alt problemine yönelik “Elektrik Devre Elemanları Başarı Testi’nden” elde edilen nicel ve nitel verilerin analizi sonucunda elde edilen nicel bulgular Tablo 4.1 de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Elektrik Devre Elemanları Başarı Testi Ön Test ve Son Test Verilerinin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Karşılaştırılmasından Elde Edilen Bulgular

Test	Test karşılaştırması	Sıralar	N	Sıra ortalaması	Sıra toplam	z	p	r
Elektrik Devre Elemanları Başarı Testi	Son test – ön test	Negatif sıra	0	0,00	,00			
		Pozitif sıra	8	4,50	36,00	-2,521 ^b	.012	0,38
		Eşit	13					
		Toplam	21					

b. Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo 4.1’de sunulan bulgulara araştırmaya katılan öğrencilerin akademik başarı testinden uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmektedir ($[z=-2,521, p<0,05]$). Fark puanlarının sıra toplamaları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın son test puanı lehine olduğu görülmektedir. Tespit edilen bu farkın etki büyüklüğün ($r=0,38$), farkın orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarıları üzerinde olumlu etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.2. “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları Ünitesinin Öğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Yenilikçi Düşünme Eğilimi Üzerine Etkisi Var mıdır?” Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmanın “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimi üzerine etkisi var mıdır?” şeklindeki ikinci alt problemine yönelik “Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği’nden” elde edilen nicel ve nitel verilerin analizi sonucunda elde edilen nicel bulgular Tablo 4.2 de sunulmuştur.

Tablo 4.2. Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği’ne İlişkin Alt Boyutlara Ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Bulguları

		Son Test – Ön Test	N	Sıra ortalamaları	Sıra toplamaları	Z	p	r
Alt boyutlar	Yenilikçi Öz-Yeterlik	Negatif sıra	1					
		Pozitif sıra	16	1,50	1,50	-3,558 ^b	,000	0,54
		Eşit	4	9,47	151,50			
		Toplam	21					

Tablo 4.2.(devamı)

	Son Test – Ön Test	N	Sıra ortalamaları	Sıra toplamları	Z	p	r
Yenilikçiliğe Açık Olma	Negatif sıra	1					
	Pozitif sıra	20	2,50 11,43	2,50 228,50	-3,942 ^b	,000	0,60
	Eşit	0					
	Toplam	21					
Yenilikçi Problem Çözme	Negatif sıra	1					
	Pozitif sıra	16	13,50 8,72	13,50 139,50	-2,994 ^b	,003	0,46
	Eşit	4					
	Toplam	21					
Yenilikçi Azim	Negatif sıra	0					
	Pozitif sıra	17	,00 9,00	,00 153,00	-3,635 ^b	,000	0,56
	Eşit	4					
	Toplam	21					
Yenilikçi Grup Liderliği	Negatif sıra	3					
	Pozitif sıra	13	12,83 7,50	38,50 97,50	-1,535 ^b	,125	0,23
	Eşit	5					
	Toplam	21					
Genel Toplam	Negatif sıra	0					
	Pozitif sıra	21	,00 11,00	,00 231,00	-4,016 ^b	,000	0,61
	Eşit	0					
	Toplam	21					

b. Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo 4.2’de sunulan bulgularda araştırmaya katılan öğrencilerin yenilikçi düşünme eğilimi ölçeğinden uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar incelendiğinde yenilikçi öz-yeterlik ($Z_{\text{son-ön}}$: -3,558; $p < .05$), yenilikçiliğe açık olma ($Z_{\text{son-ön}}$: -3,942; $p < .05$), yenilikçi problem çözme ($Z_{\text{son-ön}}$: -2,994; $p < .05$), Yenilikçi azim

($Z_{\text{son-ön}}: -3,635$; $p < .05$) alt boyutlarında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Yenilikçi grup liderliği boyutunda anlamlı farklılık olmasa da fark puanlarının son test lehine olması dikkat çekicidir ($Z_{\text{son-ön}}: -1,535$; $p > .05$). Testin toplam puanları incelendiğinde ise araştırmaya katılan öğrencilerin ön-son yenilikçi düşünme eğilim puanları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($Z_{\text{son-ön}}: -4,016$; $p < .05$). Fark puanlarının sıra toplamaları dikkate alındığında, gözlenen farkların son test puanı lehine olduğu görülmektedir. Yenilikçi düşünme eğilimi ölçeğinden uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar arasındaki farkın etki büyüklüğüne bakıldığında yenilikçi öz-yeterlik alt boyutunda $r=0,54$ olduğu, yenilikçiliğe açık olma alt boyutunda $r=0,60$ olduğu, yenilikçi azim alt boyutunda $r=0,56$ olduğu ve bu farklarının büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yenilikçi problem çözme alt boyutunda $r=0,46$ olduğu ve bu farkın orta bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yenilikçi grup liderliği alt boyutunda $r=0,23$ olduğu ve bu farkın küçük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Testin toplam puan bulgularına bakıldığında tespit edilen farkın etki büyüklüğünün $r=0,61$ olduğu, farkın yüksek bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Elektrik Devre Elemanları' ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimlerine ve tüm alt boyutları üzerinde olumlu etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Yenilikçi düşünme eğilimine yönelik elde edilen nicel bulguları desteklemek için “Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu’yla” toplanan nitel verilerden elde edilen bulgular Tablo 4.3’te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Yenilikçi Düşünme Eğilimine İlişkin Soru Formundan Elde Edilen Bulgu Tablosu

KATEGORİLER KODLAR	ÖN TEST Öğrenci kodu	SON TEST Öğrenci kodu	f _{ön} YENİLİKÇİ ÖZ f _{son} YETERLİLİK		f _{ön} YENİLİKÇİLİĞE f _{son} AÇIK OLMA		f _{ön} YENİLİKÇİ f _{son} PROBLEM ÇÖZME		f _{ön} YENİLİKÇİ AZIM f _{son}		f _{ön} YENİLİKÇİ f _{son} GRUP LİDERLİĞİ	
Tamir etmeyi denemesi	Ö3, Ö4, Ö17, Ö18, Ö19, Ö21	Ö5, Ö13, Ö15, Ö19	6	4								
Mevcut ürünü geliştirmesi	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö21	30	34	30	34						
*Yeni bir ürün satın alması	Ö2, Ö3, Ö6, Ö7, Ö10, Ö11, Ö14, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20	Ö2, Ö3, Ö6, Ö11, Ö14	12	8	12	8						
Yeni bir tasarım yapması	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö11, Ö12, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21	Ö1, Ö2, Ö4, Ö6, Ö7, Ö10, Ö12, Ö14, Ö15, Ö18, Ö19, Ö21	13	19	13	19						
Orijinal bir ürün tasarlaması	Ö4, Ö6, Ö11, Ö13, Ö16, Ö21		7	0	7	0						
Problemi fark etmesi ve çözüm önermesi	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö16, Ö19, Ö20, Ö21	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	19	20	19	20	19	20				
Problemi çözene kadar çaba harcaması	Ö1, Ö2, Ö3, Ö6, Ö7, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö13, Ö14, Ö17, Ö19, Ö20							14	13		
Farklı yollar denemesi	Ö5, Ö20	Ö1, Ö2, Ö4, Ö6, Ö12, Ö17, Ö19							2	7		
*Çok çaba harcamaması/çabuk pes etmesi	Ö4, Ö8, Ö9, Ö10, Ö15, Ö16	Ö18, Ö21							6	2		
Grup çalışmasında lider olması	Ö2, Ö3, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö18, Ö20	Ö3, Ö9, Ö12, Ö13, Ö17, Ö18, Ö20									8	7
Lider rolünden kaçınması	Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö10, Ö16	Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö14, Ö16									6	6
Tüm üyelerin aktif olması (Tüm üyelerin düşüncesine yer verilmesi)	Ö1, Ö7, Ö14, Ö15, Ö17, Ö19, Ö21	Ö1, Ö2, Ö7, Ö10, Ö11, Ö15, Ö17, Ö19, Ö21									7	9

*Yenilikçi düşünme ile ilgili olumsuz yöndeki kodları göstermektedir.

f: frekans

Öğrencilerin yenilikçi düşünme eğilimine ilişkin görüşlerinden elde edilen bulgularda öğrencilerin sıklıkla tekrar eden şekilde ve en çok yenilikçi düşünme eğiliminin yenilikçi öz yeterlilik ($f_{top}=172$, %37) ve yenilikçiliğe açık olma ($f_{top}=162$, %35) alt boyutları ile ilişkili açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Öğrenciler yenilikçi azim ($f_{top}=44$, %9) ve yenilikçi grup liderliği ($f_{top}=43$, %9) alt boyutları ile ilgili açıklamalarda da bulunmuşlardır. Ancak öğrencilerin yenilikçi problem çözme ($f_{top}=39$, %8) alt boyutu ile ilişkin daha az ve nadiren açıklamalarda bulundukları görülmüştür.

Öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar incelendiğinde yenilikçi öz yeterlilikle ilgili uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında kullandıkları veya ihtiyaç duydukları ürünlerle yaşadıkları/yaşayabilecekleri durumlar karşısında tamir etmeyi, mevcut ürünü geliştirmeyi, yeni bir tasarım yapmayı, (daha önce hiç yapılmamış) orijinal bir ürün tasarlamayı ve yeni bir ürün satın almayı düşündüklerini gösteren açıklamalarda bulunmuşlardır. Uygulama öncesinde tamir etmeyi düşünen öğrencilerin hepsinin ($f_{ön}=6$, %100) tersine mühendislik uygulamaları sonrasında ürünü geliştirmeye ve/veya yeniden tasarlamaya yönelik açıklamalar yaptıkları dikkat çekmektedir. Uygulama öncesi orijinal bir ürün tasarlamayı düşünen öğrencilerin tamamının ($f_{ön}=6$, %100) tersine mühendislik uygulamaları sonrasında yaptıkları etkinlikten yola çıkarak günlük yaşamlarında karşılaşacakları durumlarla ilgili yenilikçi çözümler üretmeye yönelik açıklamaları öne çıkmaktadır. Bununla beraber uygulama öncesi bozulan/eskiyen bir ürünle karşılaşması durumunda yeni bir ürün satın almayı düşünen ($f_{ön}=12$, %57) öğrencilerden bir kısmı ($f_{son}=7$, %33) uygulama sonrasında yeni bir ürün satın almak yerine yenilikçi uygulamalarla sorunlara çözüm bulacaklarına ilişkin görüşler belirtmişlerdir. Yeni bir ürün satın alma kodu/görüşü, yenilikçi öz yeterlilikle ilgili olumsuz yöndeki kodlardan/görüşlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Nitekim bu şekilde görüş bildiren öğrenciler elindeki bozuk/deforme ürünü geliştirip/yeniden tasarlamayı denemeden doğrudan hazır ve yeni ürün almayı tercih etmektedirler ve ifadelerinden yenilikçi öz yeterliliklerinin düşük olabileceği çıkarılmaktadır. Bu nedenle bu görüşleri yenilikçi öz yeterlik için olumsuz görüş olarak kabul edilmiştir ve bu görüşlerin tersine mühendislik uygulamaları sonrası azalmış olmaları, onların yenilikçi öz yeterlik eğilimlerinin

olumlu yönde değiştiği şeklinde yorumlanabilir. Yapılan tersine mühendislik uygulamaları ile öğrencilerin sorunlar karşısında çözüm üretirken yaratıcı ve yenilikçi fikirler öne sürmeleri ve hayal güçlerinden yola çıkarak günlük yaşamla bağlantılı sorunların çözümüne yönelik özgün fikirler ortaya atmaları yenilikçi düşünme eğilimine yönelik farkındalıklarının arttığı ve yenilikçi öz yeterlilik eğilimlerinin geliştiğini göstermektedir.

Örneğin, Ö15 kodlu öğrencinin uygulama öncesindeki *“Kullandığım bir ürün bozulursa yenisini alırım. Tamir ettiğimde tekrar bozulabilir.”* şeklindeki açıklaması yenilikçi öz yeterlilik eğiliminin düşük olduğunu göstermektedir. Fakat uygulama sonrasında tersine mühendislikle ilgili yaptıkları etkinlikten bahsettiği ve *“Lamba parlaklığının değiştirilmesine yönelik olarak gece lambasına iki tuş koyardım. Biri lambanın az parlak yanmasını diğeri ise lambanın çok parlak yanmasını sağladı.”* şeklindeki ifadesi var olan ürün üzerinde değişiklik yapma cesareti ve özgüvenini göstermesi açısından yenilikçi öz yeterlilik eğilimindeki artışı işaret etmektedir.

Başka bir örnekte ise Ö16 kodlu öğrencinin uygulama öncesinde *“Kullandığım ürün bozulursa yenisi alırım.”* şeklindeki açıklaması kendisinin yeni bir tasarım veya değişiklik yapmaya cesaret etmediğini göstermektedir. Ancak uygulama sonrasında *“Elimdeki malzemelerle kendim yeni bir tasarım yapardım. Çünkü devrelerin sıkıntısını bilirdim.”* demesi yaptıkları etkinliğin kendisine farklı bir bakış açısı kazandırdığını, yeteneklerine güvendiğini, yenilikçi fikirler üretebilmeye yönelik inancının tam olduğunu gösterdiğinden yenilikçi öz yeterlilik eğiliminin olumlu yönde değiştiğini göstermektedir.

Ö9 kodlu öğrenci uygulama öncesinde *“bisikleti bozulduğu için tamir ettirdiğini”* söylerken uygulama sonrasında *“mevcut ürün üzerinde araştırma yaparak ve edindiğim bilgilere göre değişiklik yapıp yeni bir tasarım yaparım”* demesi yenilikçi fikir üretmeye yönelik özgüveninin geliştiğini ve özgün bir fikir oluşturacağına yönelik inancının tam olduğuna dikkat çektiğinden yenilikçi öz yeterlilik eğiliminde artış yaşandığını göstermektedir.

Öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar incelendiğinde uygulama öncesinde ($f_{\text{ön}}=81$, %17) ve uygulama sonrasında ($f_{\text{son}}=81$, %17) yenilikçiliğe açık olduklarını sıkça ifade ettikleri görülmektedir. Öğrencilerin kullandıkları veya ihtiyaç duydukları ürünlerle ilgili yapacakları değişiklikleri içeren açıklamaları [mevcut ürünü geliştirme, yeni bir ürün tasarlama, (daha önce hiç yapılmamış) orijinal bir ürün tasarlama ve yeni bir ürün satın alma kodları] yenilikçi öz yeterlilik ve yenilikçiliğe açık olma kategorisi içinde incelenmiştir. Öğrencilerin uygulama öncesindeki açıklamalarının çoğunun ($f_{\text{ön}}=30$, %37) mevcut ürünü geliştirmeye, kalanların bir kısmının ($f_{\text{ön}}=13$, %16) yeni bir ürün tasarımı yapmaya, diğer kısmının ($f_{\text{ön}}=12$, %14) yeni bir ürün satın almaya, az bir kısmının ($f_{\text{ön}}=7$, %8) orijinal bir ürün tasarlamaya yönelik olduğu görülmüştür. Tersine mühendislik uygulamaları sonrasındaki öğrenci açıklamalarının çoğunun ($f_{\text{son}}=34$, %41) mevcut ürünü geliştirmeye, bir kısmının ($f_{\text{son}}=19$, %23) yeni bir tasarım yapmaya, az bir kısmının ($f_{\text{son}}=8$, %9) yeni bir ürün satın almaya yönelik olduğu görülmüştür. Uygulama öncesinde orijinal bir ürün tasarlamayı düşünen öğrencilerin ($n_{\text{ön}}=7$, %33) tersine mühendislik uygulamaları sonrasında çoğunun ($n_{\text{son}}=6$, %28) mevcut ürünü geliştirmeye veya yeni bir tasarım yapmaya, bir tanesinin ise ($n_{\text{son}}=1$, %4) yeni bir ürün satın almaya ilişkin açıklamaları dikkat çekmiştir.

Öğrenciler tersine mühendislik sürecinin yürütüldüğü etkinlikler sayesinde kullandıkları/ihtiyacı olan ürünlerle ilgili karşılaştıkları/karşılaşacakları sorunların çözümüne yönelik araştırma yaparak yeni bir bilgi edinmeye, yeni bir ürün tasarlamaya, var olan bir ürüne yeni bir parça ilave etmeye, yeni bir fikir oluşturmaya, yeni bir ürün satın almaya veya var olan bir ürüne yeni bir özellik eklemeye yönelik açıklamalar yapmıştır. Öğrencilerin uygulama sonrasındaki açıklamaları yenilikçi düşünme eğilimine ilişkin bakış açılarında değişme olduğunu ve yenilikçiliğe açık olma eğilimlerinin bilinçlenerek geliştiğini göstermektedir.

Örneğin, Ö17 kodlu öğrencinin uygulama öncesindeki '*Kullandığım ürün bozulursa tamir etmeye çalışırım. Çünkü yenisini almaya gerek yok.*' şeklindeki görüşü elindeki ürünün daha gelişmişine ihtiyaç duymadığını ve yenilikçiliğe açık olma eğiliminin düşük olduğunu göstermektedir. Ancak uygulama sonrasındaki '*Gece lambasına*

potansiyometre koyarım. O zaman gece lambasının ışığını azaltabilirim. Kullandığım ürünün daha gelişmişine ihtiyaç duyarsam o ürün hakkında araştırma yapıp geliştirmeye çalışırım.’ şeklindeki açıklamasından yaptıkları etkinliğin kullandıkları ürüne yönelik farklı bakış açıları kazanmaları, yeni bir bilgi ve yeni bir ürün üretme isteği oluşturması açısından düşünüldüğünde yenilikçiliğe açık olma eğiliminin farkındalıkla geliştiğini göstermektedir.

Öğrencilerin yenilikçi problem çözme ile ilgili eğilimlerine ilişkin görüşleri incelendiğinde uygulama öncesinde($f_{\text{ön}}=19$) ve uygulama sonrasında($f_{\text{son}}=20$) yenilikçi problem çözmeye eğilimli olduklarına ilişkin ifadelerinin diğer alt boyutlardan daha az olduğu görülmüştür. Öğrencilerin sorulan sorulara verdikleri cevaplara bakıldığında herhangi bir problemin çözümüne yönelik yaptıkları açıklamalar dikkate alınmış ve yenilikçi problem çözme kategorisi içinde tek bir kod (Problemlerin çözümü için yeni bir tasarım/var olan bir üründe değişiklik yapması) oluşturulmuştur. Ancak uygulama öncesinde beş öğrencinin ($n_{\text{ön}}=5$, %23), uygulama sonrasında ise sadece iki öğrencinin ($n_{\text{son}}=2$, %9) herhangi bir problem veya ihtiyaca yönelik açıklama yapmadıkları dikkat çekmiştir. Uygulama öncesinde bazı öğrenciler orijinal ve yaratıcı fikirlerle yeni bir ürün tasarlamayı düşünmüşler ve bunları açıklarken hangi probleme çözüm olacağını ifade etmişlerdir. Örneğin Ö21 kodlu öğrenci uygulama öncesindeki *‘Arabaların üzerinde değişiklik yaparak uçan araba yapmak isterdim. Çünkü trafiği azaltmak için.’* şeklinde görüş bildirmiştir. Aynı öğrenci tersine mühendislik uygulamaları sonrasında ise öğrendikleri bilimsel bilgiler(kavramlar) ve etkinlik deneyimi sayesinde gerçek yaşam problemlerini göz önünde bulundurarak *‘Sokak lambalarında değişiklik yapmak isterim. Çünkü gözümüze çok ışık geliyor ve bizi rahatsız ediyor. Bu yüzden lambalara potansiyometre takabiliriz.’* şeklinde açıklama yapmıştır.

Örneğin Ö4 kodlu öğrencinin uygulama öncesindeki *‘Telefonun görüntülü konuşma özelliğini geliştirip hologramlı yaparım. Çünkü daha canlı olur.’* ifadesi günlük hayatındaki bir ihtiyaca yönelik orijinal bir fikre dayanmaktadır. Aynı öğrencinin uygulama sonrasında *‘Gece lambasına potansiyometre takardım.’* şeklindeki görüşü yaptıkları etkinlikteki problemin çözümüne vurgu yaptığını göstermektedir.

Öğrencilerin yenilikçi azim ile ilgili eğilimlerine ilişkin görüşleri incelendiğinde tasarım gerçekleştirme sürecinde engel/problemle karşılaşma durumlarında vazgeçmemeleri, yaptıkları işi (ürün tasarımı) sonlandırana kadar uğraşmaları/çaba harcamaları, problemin çözümü için farklı yollar denemeleri (araştırma yapmaları, yardım istemeleri) sabırlı, azimli ve kararlı olmaları yenilikçi azim kategorisi altındaki olumlu kodları oluşturmaktadır. Problemin çözümü için çok çaba harcamamaları, ürün tasarımı yarım bırakarak çabuk pes etmeleri yenilikçi azim kategorisi altındaki olumsuz yöndeki kodları oluşturmaktadır. Uygulama öncesinde öğrencilerin çoğunun ($n_{\text{ön}}=15$, %71) yenilikçi azim eğilimli oldukları, bir kısmının ($n_{\text{ön}}=6$, %28) yenilikçi azim eğilimli olmadığı görülmüştür. Tersine mühendislik uygulamaları sonrasında öğrencilerin çoğunun ($n_{\text{son}}=16$, %76) yenilikçi azim eğilimli oldukları, çok azının ($n_{\text{son}}=2$, %9) yenilikçi azim eğilimli olmadığı ve kalanların ($n_{\text{son}}=3$, %14) tasarımı tamamlamak/pes etmek ile ilgili azim göstermeye yönelik açıklama yapmadığı, sadece duygularını (kötü hissedeceklerini belirten görüşler) belirttiği görülmüştür. Yapılan tersine mühendislik uygulaması ile yenilikçi azim eğilimli olmayan üç kişinin problemi çözene kadar çaba harcayacağını belirtmesi yenilikçi azim eğiliminde olumlu gelişim gösterdiklerini ortaya koymaktadır.

Uygulama öncesinde Ö4 kodlu öğrenci *‘Yeni bir ürün tasarlarlarken engellerle/sorunlarla karşılaşsam yaptığım işi bırakırdım.’* diyerek problemlerin çözümüne yönelik çaba göstermeyeceğini belirtirken, uygulama sonrasında *‘Yeni bir ürün tasarlarlarken engellerle/sorunlarla karşılaşsam yardım isterdim.’* şeklinde açıklama yapması yenilikçi azimle ilgili eğiliminde olumlu değişim olduğunu göstermektedir. Ö9 kodlu öğrenci de uygulama öncesinde *‘Engelle karşılaşması durumunda tasarım yapmayı bırakacağını’* söylerken yapılan etkinlikler sayesinde uygulama sonrasında *‘Azim hissedirim. O sorunu çözmek isterim. Asla pes etmem. Hep aklıma şu söz gelir: ‘Hiç kimse başarı merdivenlerine elleri cebinde tırmanmamıştır.’* ifadesi ile yenilikçi azme yönelik olumlu yönde gelişme gösterdiğini vurgulamıştır.

Öğrencilerin yenilikçi grup liderliği ile ilgili eğilimlerine ilişkin görüşleri incelendiğinde grup çalışmalarında lider rolünde olmak isteyenler yenilikçi grup

liderliği kategorisindeki olumlu yöndeki kodu, lider rolünde olmak istemeyenler (liderlik rolünden kaçınanlar) yenilikçi grup liderliği kategorisindeki olumsuz yöndeki kodu oluşturmaktadır. Grup içindeki herkesin aktif olmasını ve fikrini belirtmesi gerektiğini düşünenler olumlu yöndeki veya olumsuz yöndeki kod sınıflamasına girmediğinden grup içinde işbirliği içinde çalışmanın değeri ve gerekliliğini yansıtması bakımından dikkate değer bir kod olarak yorumlanmıştır. Uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında öğrencilerin çoğunluğunun görüşünde değişiklik olmadığı (lider rolünde olmak isteyenlerin ($n_{n}=8, \%38$; $n_{son}=7, \%33$), grup içindeki herkesin aktif olmasını ve fikrini belirtmesi gerektiğini düşünenler ($n_{n}=7, \%33$; $n_{son}=9, \%42$), liderlik rolünden kaçınanlar ($n_{n}=6, n_{son}=6, \%28$) görülmüştür. Fakat 10 kodlu ğrenci uygulama öncesinde *‘arkadaşlarının kendisini yönetmesini’* isterken uygulama sonrasında *‘yeri gelince kendisinin yönetmesini yeri gelince arkadaşlarının kendisini yönetmesini’* istediğini belirterek grup çalışmalarına farklı bir bakış açısıyla yaklaşarak karşılıklı fikir alışverişi yapılmasını, gruptaki tüm üyelerin aktif bir şekilde işbirliği içinde çalışmasını ve ortak bir fikir birliğine varılması gerektiğine dikkat çekmiştir. 2 kodlu ğrenci ise uygulama öncesinde *‘lider olmak’* istediğini belirtirken uygulamadan sonra *“Birinin beni yönlendirmesini veya benim birilerini ynlendirmemi istemem. Nedeni, bu bir grup çalışması yani grubun bir lideri falan olmaz.”* açıklamasında bulunarak yenilikçi grup liderliği eğilimindeki olumlu yöndeki değişikliği ortaya koymuştur.

4.3. “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları nitesinin ğretimine Yönelik Gerçekleştirilen Tersine Mühendislik Uygulamalarının Beşinci Sınıf ğrencilerinin STEM Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi Var Mıdır?” Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmanın “Fen Bilimleri Dersi Elektrik Devre Elemanları nitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf ğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?” şeklindeki üçüncü alt problemine ilişkin nicel bulgular Tablo 4.4’te sunulmuştur.

Tablo 4.4. STEM Mühendislik Kariyer İlgilili Ölçeği'ne İlişkin Alt Boyutlara Ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Bulguları

		Son Test – Ön Test	N	Sıra ortalamaları	Sıra toplamaları	Z	p	r
Alt Boyutlar	Fen	Negatif sıra	4					
		Pozitif sıra	14	8,63 9,75	34,50 136,50	-2,225 ^b	,026	0,34
		Eşit	3					
		Toplam	21					
	Matematik	Negatif sıra	4					
		Pozitif sıra	13	6,63 9,73	26,50 126,50	-2,375 ^b	,018	0,36
		Eşit	4					
		Toplam	21					
	Mühendislik	Negatif sıra	8					
		Pozitif sıra	11	9,06 10,68	72,50 117,50	-,907 ^b	,364	0,13
		Eşit	2					
		Toplam	21					
	Teknoloji	Negatif sıra	4					
		Pozitif sıra	16	7,38 11,28	29,50 180,50	-2,824 ^b	,005	0,43
		Eşit	1					
		Toplam	21					
	Kariyer	Negatif sıra	4					
		Pozitif sıra	16	11,38 10,28	45,50 164,50	-2,225 ^b	,026	0,34
		Eşit	1					
		Toplam	21					
Genel Toplam		Negatif sıra	0					
		Pozitif sıra	21	,00 11,00	,00 231,00	-4,016 ^b	,000	0,61
		Eşit	0					
		Toplam	21					

b. Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo 4.4’de sunulan bulgularda araştırmaya katılan öğrencilerin “STEM Kariyer İlgi Ölçeği’nden” uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar incelendiğinde fen ($Z_{\text{son-ön}}=-2,225$; $p<.05$), matematik ($Z_{\text{son-ön}}=-2,375$; $p<.05$), teknoloji ($Z_{\text{son-ön}}=-2,824$; $p<.05$), kariyer ($Z_{\text{son-ön}}=-2,225$; $p<.05$) alt boyutlarında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Testin tamamının bulgularına bakıldığında ise araştırmaya katılan öğrencilerin ön-son STEM kariyer ilgileri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($Z_{\text{son-ön}}=-4,016$; $p<.05$). Fark puanlarının sıra toplamaları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın son test puanı lehine olduğu görülmektedir. STEM Kariyer İlgi Ölçeği’nden uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar arasındaki farkın fen ve kariyer alt boyutlarında $r=0,34$ olduğu, matematik alt boyutunda $r=0,36$ olduğu, teknoloji alt boyutunda $r=0,43$ olduğu ve bu farkların orta bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Mühendislik alt boyutunda $r=0,13$ olduğu, bu farkın küçük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Testin tamamının bulgularına bakıldığında tespit edilen bu farkın etki büyüklüğünün $r=0,61$ olduğu, farkın yüksek bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Fen Bilimleri Dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin başta fen, matematik, teknoloji, kariyer olmak üzere STEM kariyer ilgilerinin genel olarak olumlu yönde değiştiği şeklinde yorumlanabilir. Bu araştırmanın amacı doğrultusunda nicel verilerden tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin mühendislik kariyer ilgilerine anlamlı etkisi olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak mühendislik alt boyutuna ilişkin uygulama öncesi ve uygulama sonrası aldıkları puanlar arasındaki farkın ilgili ortalamaları dikkate alındığında bu etkinin olumlu yönde olduğu görülmektedir. Bu durumu açıklayabilmek için nitel bulguların değerlendirilmesi gerekli ve önemlidir.

Mühendislik kariyer ilgilerine ilişkin nitel verilerden elde edilen bulgular Tablo 4.5’te sunulmuştur.

Tablo 4.5. Mühendislik Kariyerine İlişkin Soru Formundan Elde Edilen Bulgu Tablosu

Kategori	Alt kategori	Kodlar	Ön test	f	Son test	f
MÜHENDİSLİK MESLEĞİ İLE İLGİLİ BİLGİ	MÜHENDİSLERİN ÖZELLİKLERİ	Teknoloji ile ilişkili çalışma	Ö15, Ö18, Ö19	3	Ö19	1
		İş birlikli/Grupla çalışması	Ö2, Ö6	2	Ö6, Ö15	2
		Düzenli ve çok çalışma (çalışkan olma)	Ö4	1	Ö4, Ö9, Ö10, Ö12, Ö16	5
		Kararlı olma			Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö16, Ö20	12
		Başarılı olma			Ö12	1
		Cesur olma			Ö4	1
		Meraklı olma			Ö12	1
		Tarafsız olma			Ö12	1
		Bilgi sahibi olmama	Ö3, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö20	12		0

Tablo 4.5. (devamı)

Kategori	Alt kategori	Kodlar	Ön test	f	Son test	f
MÜHENDİSLİK MESLEĞİ İLE İLGİLİ BİLGİ	MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ İLE İLGİLİ BİLGİ	İnsanların ihtiyacını karşılama	Ö1	1	Ö1, Ö7	2
		Sorunlara farklı çözüm yolları bulma	Ö7, Ö19	2	Ö3, Ö4, Ö5, Ö11, Ö19	5
		Yeni bilgiler keşfetme		0	Ö2, Ö9	2
		Çizim, modelleme, yazılım yapma	Ö6,	1		
		Ürün iyileştirme/Geliştirme/Tasarım yapma	Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö18, Ö21	7	Ö1, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö14, Ö15, Ö18, Ö20, Ö21	11
MÜHENDİSLİK MESLEĞİNE İLİŞKİN İLGİ	MÜHENDİSLİK MESLEĞİNE İLİŞKİN OLUMLU ALGI	Kazancının yüksek olması		0	Ö9	1
		Eğlenceli olması	Ö12, Ö19	2	Ö15, Ö19	2
		Prestijli olması	Ö13	1	Ö13	1
	KARIYER FARKINDALIĞI VE MÜHENDİSLİK KARIYER İLGİSİ	Mühendislik mesleklerine ilgi	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	18	Ö2, Ö5, Ö6, Ö9, Ö13, Ö17, Ö19	7
		Kişisel özelliklerle uyumlu olma	Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	23	Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	23
		Deneyimin mühendislik kariyerine olumlu etkisi		0	Ö1, Ö6, Ö9, Ö13, Ö15, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21	9

Tablo 4.5. (devamı)

Kategori	Alt kategori	Kodlar	Ön test	f	Son test	f
MÜHENDİSLİK MESLEĞİNE İLİŞKİN İLĞİ	MÜHENDİSLİK MESLEĞİNE İLİŞKİN OLUMSUZ ALGI	Zor olması	Ö4, Ö5, Ö7, Ö17	4	Ö4, Ö5, Ö11, Ö12	4
		Sıkıcı olması			Ö12, Ö14	2
		Yorucu olması	Ö4, Ö15	2	Ö4, Ö12	2
	MÜHENDİSLİK KARIYER İLGİSİZLİĞİ	Mühendislik dışındaki farklı mesleklere ilgi	Ö2, Ö3, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö15, Ö16, Ö17, Ö20	10	Ö2, Ö3, Ö10, Ö17	4
		Kişisel özelliklerle uyumlu olmama		0	Ö4, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12	5
		Deneyimin mühendislik kariyer ilgisine olumsuz etkisi		0	Ö12	1
	KARARSIZLIK	Net bir kararının olmaması	Ö16	1	Ö16	1

Tablo 4.5 incelendiğinde görülmektedir ki öğrencilerin mühendislik mesleğiyle ilgili sorulara verdikleri cevaplardan mühendislik mesleği ile ilgili bilgi ve mühendislik mesleğine ilişkin ilgi kategorileri oluşturulmuştur. Mühendislik mesleği ile ilgili bilgi kategorisi içinde mühendislerin özellikleri ve mühendislik tasarım süreci ile ilgili bilgi veren öğrenci görüşleri (alt kategori) olduğu tespit edilmiştir. Mühendislik mesleğine ilişkin ilgi kategorisi içinde; mühendislik mesleğine ilişkin olumlu algı, kariyer farkındalığı ve kariyer ilgisi, mühendislik mesleğine ilişkin olumsuz algı, kariyer farkındalığı ve kariyer ilgisizliği ve kararsız olma (alt kategori) durumları ile ilgili bilgi veren öğrenci ifadelerine rastlanmıştır.

Öğrencilerin çoğu ($n_{\text{ön}}=12$, %57) tersine mühendislik uygulamaları öncesinde mühendislik mesleğiyle ilgili bilgi veya deneyim sahibi olmadıklarını ifade etmiştir. Mühendislerin özellikleri ile ilgili uygulama öncesi *mühendislerin ne iş yaptığını bilmiyorum* şeklinde görüş bildiren öğrencilerin görüşleri, uygulama sonrasında *mühendislerin azimle, kararlılıkla veya pes etmeden çalıştıkları* şeklinde yoğunlaşmıştır. Örneğin Ö20 kodlu öğrenci uygulama öncesi *mühendislik hakkında çok bilgim yok, bilmiyorum* şeklinde mühendislik mesleğine ilişkin bilgisinin olmadığını belirtirken, uygulama sonrası *mühendisler yılmadan çalışır; bazen bir tasarım yaparlar bazen de bir tasarımı geliştirirler* şeklinde görüş bildirmiştir. Örneğin Ö12 kodlu öğrencinin uygulama öncesi *mühendislerin ne iş yaptığını bilmiyorum* şeklindeki görüşü uygulama sonrası *mühendisler azimlidir; çalışkandır; tarafsızdır; başarılı ve meraklıdır* şeklinde değişikliğe uğramıştır. Ö4 kodlu öğrencinin uygulama öncesi *mühendisler düzenli ve sık çalışırlar* şeklindeki görüşü uygulama sonrası *mühendisler azimlidir; kararlıdır; cesurdur* şeklinde değişmiştir.

Mühendisliği mühendislik tasarım süreci ile açıklayan öğrencilerin görüşlerinin incelendiğinde hem uygulama öncesi hem de uygulama sonrası en çok tasarım yapma/, ürün geliştirme/iyileştirme ($n_{\text{ön}}=7$ %33, $n_{\text{son}}=11$, %52) üzerinde olduğu dikkat çekmektedir. Ancak uygulama sonrası başta problemlere çözüm bulma ($n_{\text{son}}=5$, %23), kodu başta olmak üzere insanların istek ve ihtiyaçlarını karşılama ($n_{\text{ön}}=1$ %4, $n_{\text{son}}=2$, %9) , yeni bilgiler keşfetme ($n_{\text{ön}}=0$ %0, $n_{\text{son}}=2$, %9) kodlarında artış olması da tersine mühendislik sürecinin mühendislik tasarım süreci bilgisine etkisini ortaya

koymaktadır. Örneğin Ö9 kodlu öğrenci uygulama öncesi *mühendislerin nasıl çalıştığını bilmiyorum* şeklinde görüş bildirirken, uygulama sonrasında *mühendislerin nasıl tasarım yaptığını ve görevlerini yerine getirirken yeni şeyler keşfettiğini öğrendim* şeklindeki görüşü ve Ö11 kodlu öğrencinin uygulama öncesi *mühendislerin ne iş yaptığını bilmiyorum* şeklinde görüş bildirirken, uygulama sonrasında *mühendisler bir sorunu çözmeye çalışır ve yeni projeler üretir* şeklindeki görüşü mühendislik tasarım sürecinin problemin belirlenmesi, problemin çözümüne yönelik araştırma yapılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi, sorunun çözümüne yönelik en uygun önerinin seçilmesi ve tasarım yapılması basamaklarına dikkat çekmektedir. değinmiştir. Ö6 kodlu öğrencinin uygulama öncesi *mühendislikte bir kişinin çizim, bir kişinin modelleme, bir kişinin de yazılım yaptığı* şeklindeki görüşüne uygulama sonrasında *mühendislerin takımca çalışarak tasarım yaptığını öğrendiği* ifadesini ilave etmesi mühendislik tasarım süreci boyunca öğrencilerin iş birliği halinde çalışarak tasarımlar geliştirdiklerini vurgulamaktadır.

Öğrencilerin mühendislik kariyerine ilişkin ilgileri ise onların mühendislik kariyer algıları, mühendislik kariyer farkındalıkları, deneyimin (uygulama sürecinin) etkisi ve kişisel özellikleri ve ilgileri ile ilişkili ilgileri olduğunu göstermektedir. Mühendislik mesleğine ilişkin olumlu algı belirten öğrencilerde genelde mühendisliğe olumlu kariyer ilgisi olduğu, olumsuz algısı olan öğrencilerin ise mühendisliğe kariyer ilgisi olmadığı dikkat çekmektedir. Bazı öğrenciler ise mühendisliğe ilişkin kariyer ilgisi ya da ilgisizliğini kişisel özellikleri veya ilgileri ile belirtmişlerdir. Kimi öğrenciler de kariyer ilgilerine uygulama sürecine vurgu yaparak deneyimin mühendislik kariyerine olumlu ya da olumsuz etkisinden bahsetmiştir.

Uygulama öncesi mühendisliğe karşı olumlu algısı olan (fön=3, %14 ve fson=4, %19), öğrencilerin *mühendisliğin eğlenceli ve prestijli bir meslek olduğunu* belirten görüşlerine uygulama sonrasında *mühendisliğin çok para kazandırdığını* belirten görüş eklenmiştir.

Uygulama öncesi olumlu kariyer ilgilerinin gerekçesi olarak çalışmak istedikleri mühendislik alanını belirttikleri (fön=10, %47 ve fson=4, %19), kişisel özellikleri ve

ilgileri ile mühendislik kariyer ilgisini uyumlu olduğunu gösteren görüşler sundukları ve deneyimin (uygulama sürecinin) kariyer ilgilerinde olumlu değişikliğe neden olduğunu belirten görüşleri gösterilebilir. Örneğin uygulama öncesi öğrencilerin genellikle *mühendis olursa inşaat yönünde/ziraat alanında/teknoloji hakkında/çevre kirliliğine çare bulmakla ilgili çalışmalar* yapacaklarına dair görüş belirtirken uygulama sonrasında *mühendis olursa savunma sanayisine girerek hava savunma sistemleri, füze ve tanklar üretmek istediğini/(genellikle) yazılım ya da bilgisayar mühendisi olmak* istediklerini belirten görüşler sunmaları, öğrencilerin mühendislik mesleğine ilişkin kariyer ilgisinde yaşadığı değişikliği göstermektedir. Ö5 kodlu öğrencinin uygulama öncesinde “İnsanların işini kolaylaştıracak yeni bir ürün tasarlamak hoşuma gider.” Şeklindeki görüşünü uygulama sonrasında “Mühendis olursam parkları yeniden tasarlayarak ağaç ve yeşillikleri arttırdım.” Şeklinde değiştirmesi tersine mühendislik uygulamalarının kişisel özellikleri ve ilgilerini keşfetmelerini sağlayarak kariyer ilgilerinde değişikliğe neden olduğunu göstermektedir.

Yine mühendislik mesleğine ilişkin olumsuz algıya sahip olan öğrencilerden (biri dışındakilerin algılarında genellikle değişiklik olmamıştır. Uygulama öncesi olumsuz kariyer ilgilerinin gerekçesi olarak daha çok *mühendisliğin sıkıcı, yorucu ve zor bir meslek olduğunu* belirten öğrenci görüşleri, uygulama sonrasında kişisel özellikleri ve ilgileri ile uyumlu olmadığını belirten öğrenci görüşleri bulunmaktadır. Ö4 kodlu öğrencinin uygulama öncesinde *mühendisliğin yorucu ve zor bir meslek olduğunu*, uygulama sonrasında ise *mühendis olmak istemediğini çünkü kendi kapasitesinin çok yukarısında olduğunu* belirten görüşleri bu duruma örnek gösterilebilir.

Bazı öğrenciler mühendislik kariyerine ilişkin ilgilerini kariyer farkındalıkları yani mühendislikle ilgili mesleklere ilgi ya da ilgisizlikle açıklamışlardır. Hem uygulama öncesi hem uygulama sonrası öğrencilerin bazısı (fön=17, %80 ve fson=7, %33) mühendislikle ilgili meslekleri tercih edeceklerini, bazıları da (fön=10, %47 ve fson=4, %19) mühendislik dışındaki meslekleri tercih edeceklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerden iki tanesinin mühendislikle ilgili mesleklere olan olumsuz ilgileri uygulama sonrası olumlu olacak şekilde değişmiştir. Bu durum tersine mühendislik

uygulamalarının onların mühendislik mesleğine ilişkin farkındalıklarının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Örneğin Ö15 kodlu öğrenci uygulama öncesinde *mühendislerin çok çalıştıklarını ve bu yüzden mühendis olmak istemediğini* belirtmesine rağmen uygulama sonrasında *mühendisliği deneyimleyince eğlenceli bir meslek olduğunu* düşünerek mühendis olmaya karar vermesi ve Ö20 kodlu öğrencinin uygulama öncesinde “*Şu anlık mühendislik gibi bir hedefim yok. Çünkü bilim adına büyük çalışmalar yapan birisi olmak istiyorum*” şeklinde fikir belirtirken uygulama sonrasında “*Mühendisliği daha çok sevdim, çünkü deneyimledim, gördüm, araştırdım ve bana göre zevkli olduğunu gördüm.*” ifadesi mühendislikle ilgili kariyer ilgilerinin değiştiğine dikkat çekerek tersine mühendislikle ilgili etkinlik deneyiminin mühendis olma isteğine olumlu etkisini göstermektedir.

Bunun yanında sürecin sonunda Ö12 kodlu öğrenci uygulama öncesinde “*Ben bilgisayar mühendisi olmak istiyorum.*” derken uygulama sonrasında “*Mühendis olmak istemem, çünkü gece gündüz çalışıyorlar, çok yorucu, benim kapasitemin çok yukarısında.*” şeklinde fikir belirterek mühendisliğin kendisine uygun bir meslek olmadığına karar vermesi ve Ö14 kodlu öğrencinin uygulama öncesinde *tasarım yapmaktan hoşlandığını* belirtmesine rağmen uygulama sonrasında *mühendisliğin sıkıcı bir meslek olduğuna* karar vererek fikrini değiştirmesi tersine mühendislikle ilgili etkinlik deneyiminin mühendislik kariyer ilgisine olumsuz etkisini göstermektedir ve kariyer farkındalığı açısından önemlidir.

Yine öğrenciler mühendislik kariyer ilgilerini belirtirken kişisel özellikleri ya da ilgileri ile de ilişkilendirmişlerdir. Mühendislik kariyerine olumlu ilgi duyduğunu belirten öğrencilerin bazıları bu durumu mühendislik kişisel özellikleri ile uyumlu olduğunu belirterek, ilgi duymayanların ise kişisel özellik ve ilgileri ile uyumsuzluğu ile açıklamışlardır. Ö19 kodlu öğrencinin uygulama öncesi “*Mühendis olursam ev, bina yapımı gibi işleri severim ve ilgi duyarım.*” şeklinde görüşü ile uygulama sonrasında “*Önceden istediğim gibi hala bina yapımı gibi işleri çok seviyorum, eğleniyorum.*” şeklindeki görüşü mühendislik kariyer ilgisinin kişisel özellikler ve ilgileri ile ilişkilendirilmesine örnek gösterilebilir. Ö11 kodlu öğrencinin uygulama öncesi “*Mühendis olmak istemem. Çünkü başka meslekleri istiyorum.*” şeklinde

görüşü ile uygulama sonrasında “Mühendis olmak istemem, çünkü benlik değil.” şeklindeki görüşü mühendislik kariyer farkındalığı ve kariyer ilgisizliğinin kişisel özellikler ve ilgileri ile ilişkilendirilmesine örnek gösterilebilir.

Sadece uygulama sonrasında öğrencilerin bir kısmının uygulama sürecine vurgu yaparak mühendislik mesleğine ilişkin ilgilerini deneyimin mühendislik kariyerine etkisi ile ilişkilendirmişlerdir. Uygulama sürecinde mühendisliği deneyimlemelerinin olumlu etkisini bildiren 9 öğrenci olmasına karşın, sadece 1 öğrencinin deneyimin olumsuz etkisinden bahsetmesi mühendislik kariyer farkındalığı ve ilgisi için mühendislik tasarım sürecinin deneyimlenmesinin önemli etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Süreçte sadece bir öğrencinin kariyer tercihi belirtmemesi, diğerlerinin olumlu ya da olumsuz değerlendirilebilecek bir tercih ya da görüş bildirmesi tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin mühendislik kariyer ilgilerinde etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

BÖLÜM 5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisine ilişkin araştırmanın sonucu ilgili literatür ışığında tartışılarak araştırmanın alt problemlerine göre sunulmuştur. Ayrıca ilgili sonuç ve tartışma doğrultusunda araştırmacılar ve uygulayıcılara yönelik öneriler de sunulmuştur.

5.1. Sonuç ve Tartışma

Araştırmanın sonuçları araştırmanın alt problemlerine göre ayrı başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

5.1.1. “Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi var mıdır?” alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler

Fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan tersine mühendislik uygulamaları öncesi ve sonrası uygulanan nicel ve nitel verileri içeren “Başarı Testi (Güven, 2020)’den” elde edilen bulgularda öğrencilerin uygulama sonrası puanlarının uygulama öncesine göre artış gösterdiği ve bu artışın son test lehine anlamlı olduğu bulunmuştur. Bu bulgu doğrultusunda fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin öğrencilerin akademik başarılarına olumlu etkisi olduğu ve orta düzeyde etkiye sahip sonucuna ulaşılmıştır.

Bu sonuç doğrultusunda tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin elektrik devre elemanları ünitesine yönelik fen bilimleri başarısını arttırdığı ve testin aynı zamanda nitel veriler de içermesi ile birlikte, öğrencilerin öğrendikleri bilgileri tasarım görevine uyguladıkları için fen öğrenmelerine de olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Nitekim gerek fen eğitimi alanında (Ryan ve ark., 2001; Leonard ve Derry, 2011; Kennedy ve ark., 2016; Stansell ve ark., 2016; McGowan ve ark., 2017; Rouse ve Rouse, 2019; Taşçı, 2019; Ladachart ve ark., 2021; Dilaver Türe, 2023) gerek mühendislik eğitiminde (Sheppard, 1992; Otto ve Wood, 1998; Wood vd., 2001; Lewis vd., 2006; Younis ve Tutunji, 2012; Arslan, 2015; Thayer, 2017) tersine mühendislik uygulamaları öğrenenlerin öğrenmelerine olumlu katkı sağlamıştır. Bu durumun süreçte işletilen tasarım amacını belirleme, nasıl çalıştığını gözlemleme, sökme-deforme etme, sorunu çözme için analiz yapma, rapor/ yeniden tasarlama şeklindeki tersine mühendislik sürecinde tasarımı gerçekleştirmek, iyileştirmek veya geliştirmek için gerekli bilgiye ulaşılmasını ve bu bilginin işe koşulması gerekliliği ile ilişki olduğu söylenebilir. Nitekim Harman ve Yenikalaycı (2022) fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yaptıkları araştırmalarında TGA(Tahmin-Gözlem-Açıklama) yöntemi ile tersine mühendislik sürecine benzer sürecin işletilmesinin öğrencilerin fen kavramlarını ve devre elemanlarının çalışma ilkelerini öğrenmelerini sağladığını belirtmişlerdir. Aynı konunun öğretiminde olmasa da Taşçı (2009)'da 8. Sınıf fen bilimleri dersi öğretiminde tersine mühendislik uygulamalarının etkisini incelediği araştırmasında öğrencilerin karışımlar, ısı-sıcaklık ve karışımlar konularında akademik başarılarını arttırdığı sonucuna varmıştır. Wood ve arkadaşları (2001) araştırmalarında her ne kadar mühendislik eğitimi ve öğretimine odaklanmış olsa da tersine mühendisliğin fen öğrenimini kolaylaştırdığından bahsetmişlerdir. Yine bu araştırmada her ne kadar tersine mühendislik sürecine vurgu yapılsa da aslında tasarım temelli öğrenme süreci ile araştırma sorgulama süreci bir arada yürütülmüştür. İlgili literatürde hem bilimsel araştırma sorgulama (Reeve, 2015a, Reeve ve Petersen, 2016), hem tasarım temelli fen eğitimi (Ryan ve ark., 2001; Lewis, 2006; Apedoe ve ark., 2008;; Zeid ve ark., 2014; Özlen, 2019 Leonard ve Derry, 2011; Canbazoglu Bilici ve Özer, 2021; Yıldırım ve Altun, 2015; Subaşı, 2022; Aydın ve Karşı Baydere, 2023), hem de ikisinin bir arada kullanıldığı (Fortus ve ark., 2004; Marulcu, 2010; Schnittka ve Bell, 2011; Ercan, 2014; Ercan ve Şahin, 2015) durumlarda fen öğrenmenin gerçekleştiği ortadadır. Aynı

zamanda mühendislik tasarım sürecinin işletilmesinin bilimsel bilginin gerekliliğine ilişkin ve fen öğrenmeyi gerçekleştirmeye katkısı olduğunu belirten alan yazından birçok araştırma sunulabilir. Nitekim bu araştırmada da yürütülen tersine mühendislik uygulamaları tasarım temelli STEM öğrenme kapsamındadır ve hem STEM eğitimi hem de tasarım temelli öğrenme öğrencilerin fen öğrenmelerini sağlamakta ve akademik başarılarının artmasını sağlamaktadır (Ayverdi ve Aydın, 2020; Çakıcı ve ark., 2021; Değerli ve Yapıcı, 2022; Kazu ve ark., 2021; Demirkol ve ark., 2022).

Alan yazında STEM eğitiminde tersine mühendisliğin işletilmesinin, öğrencilerin fen öğrenme performanslarının artmasını (Barth, 2013; Kennedy ve ark., 2016; Zhong ve ark., 2021), fen alanındaki kavramsal anlamının kolaylaşmasını (Green, 2012; Stansell ve ark., 2016; Ladachart ve ark., 2021; Dilaver Türe, 2023), fen bilimleri başarılarını artmasını (Taşçı, 2019) sağladığı belirtilmektedir. Bu gelişmeler, STEM eğitiminde tersine mühendislik uygulanması konusundaki girişimlerin arttırılması açısından dikkate değerdir.

5.1.2. “Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimlerine etkisi var mıdır?” alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler

Fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin yenilikçi düşünme eğilimlerini etkisini belirlemek amacıyla yapılan tersine mühendislik uygulamaları öncesi ve sonrası uygulanan “Yenilikçi (İnovatif) Düşünme Eğilimi Ölçeği (Deveci ve Kavak, 2020)’den” elde edilen nicel bulgularda öğrencilerin uygulama sonrası yenilikçi düşünme eğilimi puanlarının uygulama öncesine göre artış gösterdiği ve bu artışın son test lehine anlamlı ve yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca yenilikçi düşünme eğiliminin tüm alt boyutları olan “*Yenilikçi öz-yeterlik, Yenilikçiliğe açık olma, Yenilikçi problem çözme, Yenilikçi azim ve Yenilikçi grup liderliği*” sıra toplamalarında artış olduğu, ancak yenilikçi öz-yeterlik, yenilikçiliğe açık olma, yenilikçi problem çözme ve yenilikçi azim alt boyutlarında

son test lehine anlamlı farklılık olduğu sonucuna da ulaşılmıştır. Nicel bulguları destekleyecek şekilde “Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu’ndan” elde edilen nitel bulgulardan da öğrencilerin tersine mühendislik uygulamalarında yenilikçi düşünme eğilimlerinin olumlu yönde değiştiğine ilişkin bulgular bulunmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin yenilikçi düşünme eğilimlerine olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bu etki yenilikçi öz yeterlilik ve yenilikçiliğe açık olma alt boyutlarında daha net ortaya çıkarken, yenilikçi problem çözme, yenilikçi azim ve yenilikçi grup liderliği alt boyutlarında etkisi daha düşük şeklinde yorumlanabilir. Bu yorumların ilgili literatür ışığında tersine mühendislik uygulamaları süreci ile ilişkilendirilerek ayrıntılı tartışılması önemlidir. Bu sonucun ortaya çıkmasının işletilen mühendislik tasarım sürecinin doğasından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim mühendislik tasarım süreci yenilikçi bir süreç olarak tanımlanmaktadır (ITEA/ ITEEA, 2000/2002/2007). Mühendislik tasarım sürecinin geri işletilmesi yenilikçi düşünmeyi gerektirdiğinden yola çıkılarak tasarlanan bu araştırmada da yenilikçi düşünme sürecinin işletilmesinin öğrencilerin yenilikçi düşünme eğilimlerinin artması beklenen bir sonuçtur. Bu sonuç ayrıntılı incelendiğinde öğrencilerin görüşlerinde tasarım sürecine vurgu yaparak görüş belirtmeleri bu yorumu desteklemektedir.

Tersine mühendislik uygulamaları öncesi öğrenci görüşleri yenilikçi öz-yeterliliklerinin sınırlı olduğunu gösterirken, uygulama sonrası yenilikçi öz yeterlilikle uyumlu şekilde ve yenilikçi öz yeterlilik algılarını olumlu yönde değiştirmiştir. STEM eğitiminde tersine mühendisliğin işletilmesinin, öğrencilerin bir mühendis gibi çalışıp var olan ürünlere inovatif özellikler ekleyerek özgün bir tasarım yapma becerisi kazanmalarını (Bull ve ark., 2016) sağladığı belirtilmektedir. Nitekim yenilikçi öz yeterliliklerin ortaya çıkmasında her yaştan bireyin buna ilişkin deneyimlerinin artırılmasının, bir amaç doğrultusunda hedeflerini gerçekleştirme imkânı sunulmasının önemli olduğu düşünüldüğünde (Bandura, 1977; Deveci ve Kavak, 2020; Elçi, 2006; Sokolov ve Sokolova, 2020) tersine mühendislik uygulamaları deneyimlerinin yenilikçi öz yeterliliklerine olumlu etkisi kaçınılmaz olmuştur.

Tersine mühendislik uygulamaları öncesinde öğrencilerin bazılarının insanların ihtiyaçlarına yönelik olarak gelecekte yapılması muhtemel olan orijinal fikirler üreterek yeni bir tasarım yapma fikri içinde oldukları, ancak uygulama sonrasında öğrencilerin bu fikirlerden ziyade gerçek yaşamda karşılaşılabilmesi muhtemel durumlarla ilgili çözümler üretecek yeni tasarımlar yapmaya istekli olduklarını belirten görüşler sunmaları yenilikçiliğe açık olma eğilimlerinin ve yenilikçi problem çözmeye ilişkin algılarının olumlu yönde geliştiği ya da farkındalıklarının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca öğrencilerin tersine mühendislik tasarım sürecine vurgu yaparak görüşler sunmaları da insanların günlük hayatta karşılaştıkları problemlere yönelik farkındalık seviyelerinin artarak bu problemlere yönelik farklı girişimlerde bulunmaya açık olmalarında etkili olduğu sonucuna varılabilir. Uygulama sürecinde yetersiz bir gece lambasının yeni özellikteki gece lambasına dönüştürülmesi/yeniden tasarlanmasının bu sonucu ortaya çıkardığı düşünülmektedir. Nitekim yenilikçilik sürecinin eski olanı geliştirmek ve bunun için girişimlerde bulunmaktır (Deveci ve Kavak, 2020). Ayrıca sürecin gerçek yaşam problemi ile başlatılması da yenilikçi problem çözme eğilimlerine olumlu katkının etkisi olabilir. Nitekim öğrenenlerin problemlerine yönelik deneyimler geçirerek, farklı bakış açıları geliştirdikleri ve problemlere yönelik farkındalık kazanarak farklı çözüm arama yollarını düşünmeye başlamaları (Akran, 2018; Gök, 2021) beklenen bir durumdur. Bu nedenledir ki bireylerin yenilikçi problem çözerek yenilikçiliğe açık olma eğilimlerini geliştirecek deneyimlerin arttırılması önemlidir. Nitekim Berne ve Raviv (2004) araştırmalarında belirli mühendislik problemleri ve bunlarla birlikte ortaya çıkan etik zorluklar karşısında problem çözme bilgisine dayanan, yenilikçi problem çözme için tasarladıkları Sekiz Boyutlu Metodoloji ile öğrencilerin yaratıcı ve yenilikçi problem çözme stratejisine odaklanarak düşüncelerini, kapsamlı ve sistematik olarak fikir üretmelerini sağlayarak yenilikçi problem çözme için önemli bir adım atılmasını sağlamışlardır. Ancak bu sürecin yavaş ve süreklilik gerektirdiği (Duru, 2004) dikkate alındığında ise öğrencileri daha küçük yaşlarda ve daha farklı problem durumları ile tersine mühendislik uygulamalarına dahil etmek önerilebilir.

Tersine mühendislik uygulamaları öncesinde öğrencilerin verilen bir problem karşısında daha kolay pes ettiklerine ilişkin görüşleri yenilikçi azimlerinin sınırlı

olduğu, uygulama sonrasında ise uygulama sürecinde araştırma sorgulama sürecindeki araştırmalara, farklı çözüm yolları aramaya, belli bir süre çaba harcamaya, görevi sonuçlandırmaya vurgu yaparak görüşler sunmaları ise yenilikçi azimlerinin arttığı sonucuna ulaştırabilir. Öğrenenlerin yenilikçi azimlerinin gelişimi için de diğer alt boyutlarla benzer şekilde yenilikçi azim için de bireylerin yenilikçi düşünme sürecine girecek durumlarla karşılaştırılması önemli olduğu ortaya çıkmaktadır ki herhangi bir engel ya da problem ile karşılaşsalar dahi vazgeçme eğiliminde olmadıklarını ve yaptıkları işte sonuna kadar gitme eğiliminde olduklarını fark edebilsinler (Deveci & Kavak, 2020) ya da bunun için yüreklendirilebilsinler. Hem nicel hem nitel bulgular ortaya koymaktadır ki tersine mühendislik uygulamaları bu durumlar için uygun öğrenme ortamlarıdır.

Tersine mühendislik uygulamaları süresince öğrenciler çok fazla vurgu yapmasa da yenilikçi grup liderliği alt boyutuna yönelik uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında kendi gruplarında lider olmak istemeleri, lider rolünden kaçınmaları ve gruptaki her üyenin aktif olması gerektiğine ilişkin görüşler sunmuşlardır. Uygulama öncesi öğrencilerin grup çalışmasına bakış açılarının sınırlı olduğu, uygulama sonrasında ise grup içinde tüm öğrencilerin aktif şekilde iş birliği içerisinde çalışmalarına yönelik görüşler belirtmeleri grup çalışması ile ilgilidir ve uygulama sürecinin yenilikçi grup liderliği algılarındaki değişikliğe etkisini göstermektedir. Bu sonuç tersine mühendislik uygulamaları süresince öğrencilerin grup içerisinde çalışmaları, sorunların çözümüne araştırmalar yaparak farklı öneriler sunup ortak bir fikir birliğine ulaşmaları, ulaştıkları fikirler doğrultusunda birlikte tasarım yapmaları ve sürecin sonunda yaptıkları tasarımı diğer grup arkadaşlarına sunum yapmalarının sağlanması onların grup çalışmalarındaki rollerinin farkına varmalarını kolaylaştırdığı, hangi aşamada daha iyi olduklarını keşfetmelerini sağladığı ve yenilikçi grup liderliği algılarının olumlu yönde değişmesini sağladığı şeklinde yorumlanabilir. Nitekim bu tasarım temelli STEM eğitiminin bir gerekliliğidir (MSDE, 2012). Nitekim bu süreçte de kendilerini grup lideri olarak görme, grup içinde aktif bir birey olduklarını, grup çalışmalarında liderlik rolü üstlenebildiklerini fark edebilme ve grup çalışmalarında arkadaşlarının grup içerisindeki diğer üyelerin düşüncesine dikkat etmelerine olanak

sağlaması nedeniyle (Deveci ve Kavak, 2020; Gök, 2021) yenilikçi grup liderliği farkındalık ve eğilimlerinin artmasını sağlaması kaçınılmazdır.

5.1.3. “Fen bilimleri dersi elektrik devre elemanları ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin STEM mühendislik kariyer ilgilerine etkisi var mıdır?” alt problemine ilişkin sonuç, tartışma ve öneriler

Fen bilimleri dersi “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinin öğretimine yönelik gerçekleştirilen tersine mühendislik uygulamalarının beşinci sınıf öğrencilerinin mühendislik kariyer ilgisine etkisini belirlemek amacıyla yapılan tersine mühendislik uygulamaları öncesi ve sonrası uygulanan “STEM Algı Testi (Gülhan, 2016)’nden” elde edilen nicel bulgularda öğrencilerin uygulama sonrası tüm STEM disiplinlerine ilişkin puanlarının uygulama öncesine göre anlamlı artış gösterdiği ve yüksek düzeyde etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılrken, sadece mühendislik disiplinine ilişkin puanlarının son test lehine anlamlı olmaması dikkat çekicidir. Nicel bulgulardan ulaşılan bu sonuç tersine mühendislik uygulamalarının öğrenenlerin mühendislik kariyer ilgilerine etkisi yoktur şeklinde yorumlanması için yetersizdir. Bu sonuç kariyer farkındalığı açısından önemli bir sonuç olarak değerlendirilmelidir ki, öğrenenlerin hangi mesleklere ilişkin ilgisinin olmadığı onların kariyer hedeflerini ve çabalarını doğru etkilesin (Hacıoğlu & Gülhan, 2021). Bununla birlikte bu sonuçlar nitel bulgularla ele alınmalı ve tartışılmalıdır. Ancak yine de bu durumun araştırmanın süresinin sınırlılığı ile ilişkili olabilir (Hacıoğlu ve Gülhan, 2021). Nitekim özellikle ortaokul öğrencilerinin mühendislik hakkında bilgi sahibi olmadıkları gerekçesiyle ve öğrencilerin kariyer ilgilerinin ve farkındalığının oluşturulması için öğrencilere uygun mühendislik tasarımına yönelik tasarım temelli öğrenme ortamı hazırlanmalı ve çokça deneyimlemeleri beklenmektedir (Bozkurt Altan, Üçüncüoğlu ve Zileli, 2018). Nitekim bu araştırmada nitel bulgular sonucunda tersine mühendislik uygulamalarıyla öğrencilerin mühendislik mesleğinin ne olduğu, mühendislerin ne iş yaptığı, hangi şartlarda ve hangi alanlarda çalıştıkları, mühendislik tasarım süreci ve mühendislerin sahip oldukları özelliklere ilişkin bilgilerinin arttığı, uygulama sonucunda kendi kişisel özellikleri ile uygulama sürecinde gerektirecek özellikler doğrultusunda mühendislik

kariyeri ile ilgili olumlu ya da olumsuz ilgi ya da algılarının oluştuğu görülmektedir. Bu durum tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin mühendislik kariyer farkındalıklarını artırdığı ve bir mühendis gibi çalışarak deneyimlemelerinin mühendislik kariyer ilgisine olumlu etkisi olarak yorumlanabilir. STEM eğitiminde tersine mühendisliğin işletilmesinin ürün tasarımı bağlamında teorik kavramları anlayarak uygulamada kullanılmasını (McGowan vd., 2017; Dilaver Türe, 2023) sağladığı ifade edilmektedir. Nitekim STEM uygulamaları öğrencilerin STEM kariyer algı ve ilgilerine olumlu etki etmektedir (Knezek ve ark., 2013; Miller ve Philips, 2014). Bununla birlikte Moore ve ark. (2014) fen ve mühendislik disiplinleri arasındaki entegrasyonun tasarım temelli fen eğitimi ile sağlanabileceğini ve TTFE uygulamaları ile mühendislik bilgisinin arttırılabileceğinden, Apedoe ve ark. (2008) tasarım tabanlı öğrenme ile mühendisliğe olan farkındalık ve ilginin arttırılabileceğinden, Gülcü (2023) mühendislik tasarım görevlerini içeren etkinliklerin öğrencilerin mühendislik kavramının gelişmesinden, Rouse ve Rouse (2019) ise mühendislik kavramlarını öğrenmede tersine mühendislik uygulamalarının olumlu etkisinden bahsetmişlerdir. Yine ilgili alan yazın incelendiğinde tersine mühendislik uygulamaları dışında ileri mühendislik uygulamalarının da öğrencilerin mühendislik mesleğine yönelik kariyer algılarını olumlu yönde etkilediğini belirten araştırmalar bulunmaktadır (Apedoe ve ark., 2008; Wood ve ark., 2001; Zeid ve ark., 2014; Bybee, 2011; Christensen ve ark., 2015). Bu çalışmada tersine mühendislik uygulamalarının STEM kariyer ilgisine etkisinden ziyade mühendislik ilgisine etkisi üzerinde odaklanılmıştır. Uygulamalar süresince öğrencilerin diğer STEM disiplinlerine ilişkin ilgilerinde de olumlu gelişim olsa da süreçte fen ve mühendislik disiplinleri odaklıdır. Diğer disiplinlerin etkisini ve entegrasyonunu kuvvetlendirmek için uygulama süreci genişletilebilir. Örneğin tersine mühendislik etkinlikleri gerçekleştirilirken STEM disiplinlerinden teknoloji disiplininin entegrasyonunu kuvvetlendirmek (lamba parlaklığının sensörle ayarlanması) için tasarım görevine, teknoloji görevleri de eklenebilir. Bu görevi gerçekleştirebilmeleri için Arduino gibi setler kullanılarak duyu sensörleri entegre edebilmeleri için gerekli teknolojik bilgi ve beceriye yönelik yönergeler verilebilir ve işletilebilir. Bunu gerçekleştirmeyi kolaylaştırmak için bilişim teknolojileri dersi öğretmeni ile iş birliği halinde çalışılabilir.

Yine tersine mühendislik etkinlikleri gerçekleştirilirken STEM disiplinlerinden matematik disiplinini entegre edebilmek için ampul parlaklığı ile pil/gerilim, ampul bağlanma şekli ve sayısı arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak modellenmesi istenebilir. Bu sayede lamba parlaklığına etki eden değişkenlerin büyüklüğünün hangi oranda parlaklığı değiştirdiğine ilişkin matematiksel bir veri ile gösterilmesinin öğrencilerin anlamlı öğrenmesini destekleyeceği düşünülmektedir. Bu örnekler kazanımların kapsamı belirlenerek yeniden düzenlenerek uyarlanabilir. Bu açıdan uygulanan etkinliğin araştırmacılar ve öğretmenlerin çalışmalarını geliştirebileceği söylenebilir.

Sonuç olarak fen öğretiminde tersine mühendislik uygulamaları öğrenenlerin mühendislik ve STEM kariyer ilgilerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenledir ki öğretmenlerin tersine mühendislik uygulamalarına her sınıf düzeyinde ve konuda fen sınıflarında daha fazla yer vermeleri, uygulama boyunca öğrencilerin bir mühendis gibi çalışmalarına yönelik motivasyonlarını arttırmaları ve girişimlerini desteklemeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçam, S. (2023). *Orijinal Tasarlanan Yenilikçi Etkinliklerin Kuvvet Ve Enerji Ünitesinin Öğretiminde Öğrencilerin Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine Etkisi Ve Sürece Yönelik Öğrenci Görüşleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.
- Akdeniz, M. Y. (2020). *İnovasyon eğitim programının öğretmenlerin bireysel yenilikçilik davranışlarına etkisi* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Akgündüz, D. (2016). A Research about the placement of the top thousand students placed in STEM fields in Turkey between the years 2000 and 2014. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), 1365-1377.
- Akgündüz, D. (2018). İlkokul ve Ortaokul Fen Bilimleri Eğitiminde STEM Eğitimi Uygulamaları. Akgündüz, D. (Ed.). *Okul Öncesinden Üniversiteye Kuram ve Uygulamada STEM Eğitimi*. Anı Yayıncılık, Ankara, 169-200.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu. *İstanbul: Scala Basım*.
- Akgündüz, D. ve Akpınar, U. B. C. (2018). Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi içinde. *Anı Yayıncılık*, 135-164.
- Akkaya, D. (2016). *İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinin inovasyon becerilerinin değerlendirilmesi* (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Akter, S., Arslan H.B. ve Şimşek M. (2021). M. Taş, A.E. Bozdoğan, A. Tekbıyık (Ed.), *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri Ders Kitabı*. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, 12.
- Akran, S. K. (2018). 6. Sınıf fen ve teknoloji dersinde basamaklı öğretim programı uygulamasının öğrencilerin biliş ötesi farkındalıklarına etkisi. *Anadolu Eğitim Liderliği ve Öğretim Dergisi*, 6(1), 1-25.
- Alici, M. (2018). Probleme dayalı öğrenme ortamında STEM eğitiminin tutum, kariyer algı ve meslek ilgisine etkisi ve öğrenci görüşleri [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. *Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale*.
- Altan, E. B., Yamak, H. ve Kırıkkaya, E. B. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: Tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 212-232.

- Altan, E. B. ve Hacıoğlu, Y. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin derslerinde STEM odaklı etkinlikler gerçekleştirmek üzere geliştirdikleri problem durumlarının incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 487-507.
- Amabile, T. M. (1988). From individual creativity to organizational innovation.
- Aygün, Ş. S., Atalay, N., Kılıç, Z. ve Yaşar, S. (2016). Öğretmen adaylarına yönelik 21. yüzyıl becerileri yeterlilik algıları ölçeğinin geliştirilmesi: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(40), 160-175.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R. and Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of science education and technology*, 17, 454-465.
- Aranda, M. L., Lie, R., Selcen Guzey, S., Makarsu, M., Johnston, A. and Moore, T. J. (2020). Examining teacher talk in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, 50, 469-487. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9697-8>.
- Arslan, B. (2015). *Biyomimetik ve tersine mühendislik yöntemleriyle küçük ölçekli, yatay eksenli rüzgâr türbini kanat tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Aslanyavrusu, Y. (2013). *Ortaöğretim 9. sınıf öğrencilerinin bilimsel okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.
- Asunda, P. A. and Mativo, J. (2016). Integrated STEM: A new primer for teaching technology education. *Technology and Engineering Teacher*, 75(4), 8-13.
- Atalay, N. (2015). *Fen bilimleri dersinde öğrencilerin öğrenme ve yenilenme becerilerinin gelişiminde yavaş geçişli animasyon (slowmation) uygulaması* (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Aydın, N. (2009). *Yapılandırıcı yaklaşımın öğrencilerin üst düzey bilişsel becerilerine etkisi*. (Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi.
- Aydın, E. ve Baydere, F. K. (2023). “Basit Makineler” Konusunda Mühendislik Tasarım Sürecine Göre Geliştirilen Etkinliklerin 8. Sınıf Öğrencilerinin Kavramsal Anlamalarına ve Bilimsel Süreç Becerilerine Etkileri. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (14), 121-154.
- Ayverdi, L. ve Aydın, S. Ö. (2020). Meta-analysis of studies examining the effect of STEM education on academic success. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 14(2), 840-888.
- Bacanak, A. (2002). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen okuryazarlıkları ile fen – teknoloji toplum dersinin uygulanışını değerlendirmeye yönelik bir çalışma* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Bahadır, E. (2011). *İlköğretim 8. Sınıf “maddenin halleri ve ısı ünitesi”nin öğretiminde işbirlikli öğrenme temelli bilimsel mektupların kullanılmasının öğrencilerin tutum, başarı ve bilimsel-okuryazarlıklarına etkisinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Erzincan Üniversitesi.

- Baker, D. R. (2004). Focus on Science Literacy: The Role of Writing and Speaking in the Construction of Scientific Knowledge. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, (16), 1-7.
- Baltacı, A. (2017). Nitel veri analizinde Miles-Huberman modeli. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-15.
- Baltacı, A. (2019). Nitel araştırma süreci: Nitel bir araştırma nasıl yapılır?. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 368-388.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191-215.
- Barak, M., Morad, S. and Ragonis, N. (2014). Students' innovative thinking and their perceptions about the ideal learning environment. In *The 8th International Conference on Knowledge Management in Organizations: Social and Big Data Computing for Knowledge Management* (pp. 111-125). Springer Netherlands.
- Barakos, L., Lujan, V. and Strang, C. (2012). Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM): Catalyzing Change Amid the Confusion. *Center on Instruction*.
- Baran, A. A. (2019). *Matematiksel modellemeye dayalı bir öğretim deneyinde sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel iletişim becerilerinin, matematik okuryazarlıklarının ve duyuşsal alan özelliklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Eskişehir Anadolu Üniversitesi.
- Baran, E., Canbazoglu-Bilici, S. ve Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) spotu geliştirme etkinliği. *Journal of Inquiry Based Activities*, 5(2), 60-69.
- Badrasslioglu, D. (2016). "Reverse engineering" in introductory physics education. *The Physics Teacher*, 54(5), 314-314. DOI:<http://dx.doi.org/10.1119/1.4947166>
- Barrett, B. S., Moran, A. L. and Woods, J. E. (2014). Meteorology meets engineering: an interdisciplinary STEM module for middle and early secondary school students. *International Journal of STEM Education*, 1, 1-7.
- Barta, K. and Brinkman, B. (2014). Engineering workshops for middle school girls. *Paper presented at 2014 ASEE Annual Conference, Indianapolis, Indiana*. <https://peer.asee.org/20405>
- Barth, K. N. (2013). *An investigation of the effects of integrating science and engineering content and pedagogy in an elementary school classroom*. Brigham Young University. United States, Utah. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/investigation-effects-integratingscience/docview/2550613484/se2?accountid=25084>
- Başaran, M. (2005). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Bilgi Okuryazarlıklarının Değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 63-177. <http://www.gefad.gazi.edu.tr/tr/pub/issue/6755/90831>
- Batni, S., Jain, M. L. and Tiwari, A. (2010). Reverse engineering: a brief review. *Int. J. Emerg. Technol*, 1(2), 73-76.

- Baydere, F. K., Hacıoğlu, Y. ve Kocaman, K. (2019). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (stem) eğitimi etkinlik örneği: Pıhtı Önleyici İlaç. *Kastamonu Education Journal*, 27(5), 1935-1946.
- Bayrakçı, M. ve Eraslan, F. (2014). Ortaöğretim okul yöneticilerinin inovasyon yeterlilikleri. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (28), 96-136.
- Beer, S.Z. (2011). 21st Century skills: preparing students for their future. *STEM, 21st Century Skills*. 1-6. http://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf
- Berne, R. W. and Raviv, D. (2004). Eight-dimensional methodology for innovative thinking about the case and ethics of the mount graham, large binocular telescope project. *Science and Engineering Ethics*, 10, 235-242.
- Beswick, K. and Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM*, 51(6), 955-965.
- Betz, F. (1993). *Strategic Technology Management*. New York, NY [u.a.] : McGraw-Hill.
- Bhatti, T. (2007). Exploring factors influencing the adoption of mobile commerce. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 12, 1-13.
- Boyette, M. D. (2004). *Using reverse engineering in the classroom to teach creativity. In proceedings of 2004 ASEE Annual Conference, Salt Lake City, Utah: ASEE Conferences.*
<http://se.asee.org/proceedings/ASEE2004/P2004001adminBOY.pdf>
- Bozdağ Kabakçioğlu, E. (2023). *Gerçekçi Matematik Eğitimi Ve Stem Eğitim Yaklaşımına Göre Matematik Eğitiminin Öğrencilerin Matematik Başarısı Ve Öğrenme Kalıcılığına Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Brundrett, M., Duncan, D. and Rhodes, C. (2010). Leading curriculum innovation in primary schools project: an interim report on school leaders' roles in curriculum development in England. *Education 3–13*, 38(4), 403-419.
- Bybee, R. W. (2000). In J. Minstrel & E. H. Van Zee (Eds.), Teaching science as inquiry. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, 20-46. American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Bybee, R. W. (2010a). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996-996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R.W. (2010b). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Bybee, R. W. (2011). K-12 engineering education standards: Opportunities and barriers. *Technology and engineering teacher*. 70 (5), 21-29.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının karar verme becerisi, bilimsel süreç becerileri ve sürece yönelik algılarına etkisi*. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi.

- Bozkurt Altan, E. (2017). Çepni, S. (Ed.), *Disipliner Yapıdaki Derslerde STEM Eğitimi: Tasarım Temelli Öğrenme ve Probleme Dayalı STEM Uygulamaları*. Kuramdan Uygulamaya STEM Eğitimi. (165-201). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Bozkurt Altan, E. ve Hacıoğlu, Y. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin derslerinde stem odaklı etkinlikler gerçekleştirmek üzere geliştirdikleri problem durumlarının incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 487-507. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.506462>
- Bozkurt Altan, E. , Üçüncüoğlu, İ. ve Zileli, E. (2019). Yatılı bölge ortaokulu öğrencilerinin STEM alanlarına yönelik kariyer farkındalığının araştırılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27 (2), 785-797.
- Brenner, D. (2009). Resources: STEM topics in elementary education. *Technology and children*, 14(1), 14-16.
- Brereton, M., Leifer, L. et al(1993). *An exploration of engineering learning*, Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference, Albuquerque, NM, pp 195±206.
- 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.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K. and Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5).
- Bryan, L. and Guzey, S. S. (2020). K-12 STEM Education: An overview of perspectives and considerations. *Hellenic Journal of STEM Education*, 1(1), 5-15.
- Bulduklu, Y. (2019). Eleştirel çalışmalarda nitel araştırma yöntemi olarak gömülü teori. *Kritik İletişim Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 1-14.
- Bull, G., Standish, N. and Tyler-Wood, T. (2016). *Teaching Science and Engineering through Reconstruction of Historic Inventions*. 2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies. Austin, TX, USA.
- Brunsell, E. (2012). The engineering design process. In Brunsell, E. (Ed.), *Integrating engineering + science in your classroom* (pp. 3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı*. 11. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (2. basım). Pegem Akademi.
- Bybee, R.W. (2000). Achieving technological literacy: A national imperative. *The Technology Teacher*, 60, 23–28.
- Bybee, R. W. (2010). *The teaching of science: 21st century perspectives*. Arlington, Virginia: NSTA.
- Bybee. (2010a). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

- Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Cachia, R., Ferrari, A., Ala-Mutka, K., & Punie, Y. (2010). *Creative learning and innovative teaching: Final report on the study on creativity and innovation in education in EU member states* (No. JRC62370). Joint Research Centre (Seville site).
- Can, A. (2018). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi*. Pegem Atıf İndeksi, 001-429.
- Can, A. (2019). *SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi*. 7. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Canbazoglu Bilici, S. ve Özer, İ. E. (2021). The effect of engineering design-based algodoo activities on students' design skills and academic.
- Cankar, F., Deutsch, T. ve Cankar, S. S. (2013). Introducing schools to innovation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 84, 378-382.
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A. and Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules of student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- Capobianco, B. M. (2013). *Learning and teaching science through engineering design: insights and implications for professional development*. Association for Science Teacher Education, Charleston, SC.
- Carless, D. (2004). Issues in teachers' reinterpretation of a task-based innovation in primary schools. *Tesol quarterly*, 38(4), 639-662.
- Carter, V. R. (2013). Defining characteristics of an integrated STEM curriculum in K-12 education. (Doctoral dissertation). University of Arkansas.
- Cevahir, E. (2020). *SPSS ile nicel veri analizi rehberi*. Kibele.
- Ceylan, S. (2014). Ortaokul fen bilimleri dersindeki asitler ve bazlar konusunda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi.
- Chae, Y., Purzer, S. and Cardella, M. (2010). *Core concepts for engineering literacy: the interrelationships among STEM disciplines*. Annual Conference & Exposition, Louisville, Kentucky. <https://peer.asee.org/16440>
- Chan, A. D., and Fishbein, J. (2009). A global engineer for the global community. *The Journal of Policy Engagement*, 1(2), 4-9.
- Chang, D., Hwang, G.-J., Chang, S.-C., & Wang, S.-Y. (2021). Promoting students' cross-disciplinary performance and higher order thinking: A peer assessment-facilitated STEM approach in a mathematics course. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3281-3306. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10062-z>

- Charyton, C. (2015). *Creative engineering design: The meaning of creativity and innovation in engineering*. In C. Charyton (Ed.), *Creativity and innovation among science and art* (pp.135-152). London, Springer-Verlag.
- Chikofsky, E. J. and Cross, J. H. (1990). Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. *IEEE software*, 7(1), 13-17.
- Chiu, A., Price, A. C. and Ovrachim, E. (2015). *Supporting elementary and middle school STEM education*. NARST 2015 Annual Conference, Chicago.
- Claymier, B. (2014). Integrating STEM into the elementary curriculum. *Children's Technology & Engineering*, 18(3), 5.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A. and Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. California: Sage Publication.
- Creswell J. W. (2014). S. B. Demir Çev. Ed. *Araştırma deseni: Nitel, nicel ve karma yöntem yaklaşımları* (4. baskıdan çeviri). Ankara: Eğiten Kitap.
- Cunningham, C. M. and Hester, K. (2007). *Engineering is Elementary: An engineering and technology curriculum for children*. Presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Honolulu, HI. <http://eie.org/eie-curriculum/research/articles/engineeringelementary-engineering-and-technology-curriculum>
- Çalışkan Dikici, Z. (2023). Ortaokul 8. sınıf dna ve genetik kod ünitesine yönelik stem etkinliklerinin öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Mersin Üniversitesi.
- Cavas, B., Cakiroglu, J., Cavas, P. ve Ertepinar, H. (2011). Turkish students' career choices in engineering: Experiences from Turkey. *Science Education International*, 22, (4), 274- 281.
- Çakıcı, Ş. K., Kol, Ö. ve Yaman, S. (2021). The effects of STEM education on students' academic achievement in science courses: A meta-analysis. *Journal of Theoretical Educational Science*, 14(2), 264-290.
- Çavaş, B., Bulut, Ç., Holbrook, J. and Rannikmae, M. (2013). Fen eğitimine mühendislik odaklı bir yaklaşım: Engineer projesi ve uygulamaları. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 1 (1), 12-22.
- Çavaş, B. ve Çavaş, P. (2018). *STEM Eğitiminde Mühendislik Uygulamaları*. Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi içinde (ss. 19-49). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Çetin, S. Ü. (2023). *A. sınıf fen bilimleri dersi "Elektrik devre elemanları" ünitesi için STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına ve STEM'e karşı tutumlarına etkisinin incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Atatürk Üniversitesi.

- Çiğdem Kepir, S. (2024). *Lisansüstü tezlerdeki canlılar ve yaşam konu alanına yönelik stem etkinliklerinin mühendislik entegrasyonu açısından incelenmesi*. (Yüksek Lisans tezi). Giresun Üniversitesi.
- Çorlu, M. S. (2012). *A pathway to stem education: Investigating pre-service mathematics and science teachers at Turkish universities in terms of their understanding of mathematics used in science*. (Unpublished Doctoral Dissertation). Texas A&M University.
- Daymon, C., and Holloway, I. (2010). *Qualitative research methods in public relations and marketing communications*. Routledge.
- Daugherty, M. K. (2009). The “T” and “E” in STEM. In ITEEA (Eds.), *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering* (pp. 18-25). Reston, VA: ITEEA.
- Daugherty, J. (2012). *Infusing engineering concepts: Teaching engineering design*. National Center for Engineering and Technology Education. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537384.pdf>
- Degenhart, S. H., Wingenbach, G. J., Dooley, K. E., Lindner, J. R., Mowen, D. L. and Johnson, L. (2007). Middle school students’ attitudes toward pursuing careers in science, technology, engineering, and math. *NACTA Journal*, 51(1), 52-59.
- Değerli, M. ve Yapıcı, Ü. (2022). The effect of STEM approach In science education on academic success: A meta-analysis study. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 16(1), 17-48.
- Demir, H., Savaş, V. ve Altuğ, M. (2019). Tersine mühendislik yöntemi ile cad datası oluşturma: Femur kemiği örneği. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 9(1), 81-87.
- Demir, K. ve Çetin, P. (2023). 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının 21. Yüzyıl Becerileri Açısından İncelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 7(1), 25-43. <https://doi.org/10.35346/aod.1279320>
- Demirkol, K., Kartal, B. ve Taşdemir, A. (2022). Matematik ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin STEM Eğitime Yönelik Tutumlarının Çeşitli Değişkenler Bağlamında İncelenmesi. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 6(1), 77-98.
- Dempere, L. A. (2009). *Reverse engineering as an educational tool for sustainability*. In 2009 IEEE international symposium on sustainable systems and technology (pp. 1-3). IEEE.
- Deveci, İ. ve Kavak, S. (2020). Ortaokul Öğrencilerinin Yenilikçilik Algıları ve Yenilikçi Düşünme Eğilimleri: Bir Keşfedici Ardışık Desen. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi – Journal of Qualitative Research in Education*, 8(1), 346-378.
- Devrim, K. (2023). Ülkemizde tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili yapılan çalışmaların doküman analizi yöntemiyle incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.

- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E. and Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: a case study of design-based learning in a science context. *Journal of Technology Education*, 19(2), 22-39. <http://hdl.handle.net/10919/8390>
- Duban, N. (2010). Sınıf öğretmeni adaylarının fen ve teknoloji okuryazarlığı ve bu bireylerin eğitimi hakkındaki görüşleri. *Teorik Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 162-174.
- Dugger, W. (2010). *Evolution of STEM in the united states*. In Technology Education Research Conference, Queensland.
- Duru, E. (2004). Düşünme stilleri: Kavramsal Ve Kuramsal Çerçeve. *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 14, 171-186
- Dym, C. L. and Little, P. (2009). *Engineering design: A project-based introduction* (3rd ed.). New York: John Wiley.
- Eide, A.R., Jenison, R.D., Mashaw, L.H. and Northrup, L. (2001). *Engineering fundamentals and problem solving* (4th ed.). Boston: McGraw-Hill. ISBN 9780072430271
- Eilam, E. (2005). *Reversing: Secrets of Reverse Engineering*. Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Elçi, Ş. (2006). *İnovasyon: Kalkınmanın ve Rekabetin Anahtarı*. Ankara: Feryal Matbaacılık.
- English, L. D. and King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourthgrade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 14.
- Eraslan, F. (2014). Ortaöğretim Okul Yöneticilerinin İnovasyon Yeterlilikleri.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi.
- Ercan, S. (2014). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi.
- 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.
- Erer, B. ve Şahin, M. (2020). İnovasyon konusu üzerine yapılan lisansüstü tezlere yönelik bir içerik analizi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 12(23), 397-406.
- Ergün, A. ve Külekci, E. (2020). Kavram karikatürü destekli probleme dayalı fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (fetemm) etkinliklerinin akademik başarı ve kavramsal anlama üzerindeki etkisi1. *Journal of History School (JOHS)*, 13(XLVIII), 3127-3159.
- Ernst, J. V., Bottomley, L., Parry, E. A. and Lavelle, J. P. (2011, June). Elementary engineering implementation and student learning outcomes. In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22-550).

- European Commission. (2002). *Understanding innovation in science teaching*. <http://learning.pjb.co.uk/wp-content/uploads/2016/09/bp33.pdf>
- Felix, A. L. (2010). *Design-based science for STEM Student recruitment and teacher professional development*. Mid-Atlantic ASEE Conference, Villanova University.
- Felix, A. (2016). *Design based science and higher order thinking*. (Doctoral Dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Fidan, M. (2019). Öğretmenlerde bireysel inovasyon ile öz liderlik arasındaki ilişki. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(3), 518-527.
- Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G. ve Fidan, Ş. (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması. *Klasik Otomobiller Örneği. Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 1-10.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3rd Edition). London: SAGE Publication.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J. S., Marx, R. W. and Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W. and Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Foster, R. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*. Summit Books, New York.
- Fowlin, J., Amelink, C. and Scales, G. (2013). Educational Affordances That Support Development of Innovative Thinking Skills in Large Classes. *International Association for Development of the Information Society*.
- Fralick B., Kearn J., Thompson S. and Lyons J. (2009). How middle schoolers draw engineers and scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 60–73.
- Freeman, B., Marginson, S. and Tytler, R. (2015). Widening and deepening the STEM effect. In B. Freeman, S. Marginson & R. Tytler (Eds.), *The age of STEM: Educational policy and practice across the world in science, technology, engineering and mathematics*. (ss. 1-21). London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Furner, J. M. and Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(3), 185-189.
- Gabriele, G. A. (1994). Employing Reverse Engineering Projects in a Capstone Design Course. *Dept. of Mechanical Engineering, Aeronautical Engineering and Mechanics. Rensselaer Polytechnic Institute. Troy, New York*.
- Gallant, D. J. (2010). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. *Ohio State University*. https://www.mheonline.com/mhmymath/pdf/stem_education.pdf

- Ganesh, T. G. (2011, June). Analyzing subject-produced drawings: The use of the Draw an Engineer Assessment in context. In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22-208). <https://www.researchgate.net/publication/266867189>
- Ganesh, T., Thieken, J., Elser, M., Baker, D., Krause, S., Roberts, C., ... & Golden, J. (2009). Eliciting Underserved Middle School Youths' Notions Of Engineers: Draw An Engineer. In *2009 Annual Conference & Exposition* (pp. 14-525).
- Gattie, D. K. and Wicklein, R. C. (2007). Curricular value and instructional needs for infusing engineering design into K-12 technology education. *Journal of Technology Education*, 19(1), 6.
- Gedik, R. (2022). *Ortaokul öğrencilerinin yenilikçi düşünme becerilerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi.
- Gedik, R. ve Demirezen, S. (2023). Ortaokul Öğrencilerinin Yenilikçi Düşünme Becerilerinin İncelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 12(3), 743-759.
- Gerlach, J. W. (2010). Elementary design challenges: Fifth-grade students emulate NASA aerospace engineers as they design and build Styrofoam and paper clip planes. *Science & Children*, 47(7), 43-47.
- Glaser, B.G. and Strauss, A.L. (2006). *The Discovery of Grounded Theory Strategies for Qualitative Research*. London: Aldine Transaction.
- Gough, A. (2015). STEM policy and science education: Scientistic curriculum and sociopolitical silences. *Cultural Studies of Science Education*, 10, 445–458.
- Gök, S. B. (2021). *5E Öğrenme Döngüsüyle Bütünleştirilmiş Fen Tabanlı Girişimcilik Eğitimi Modüllerinin Öğrencilerin Yenilikçi Düşünme Eğilimleri Üzerindeki Yansımaları* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Greany, T. (2018). Innovation is possible, it's just not easy: Improvement, innovation and legitimacy in England's autonomous and accountable school system. *Educational management administration & leadership*, 46(1), 65-85.
- Green, A. (2012). *The integration of engineering design projects into the secondary science classroom* (Master thesis). Michigan State University.
- Guzey, S. S. and Jung, J. Y. (2021). Productive thinking and science learning in design teams. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 215-232.
- Gül, U. (2018). *Cumhuriyetten günümüze ilkökul eğitim programları ve inovatif etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yeditepe Üniversitesi.
- Gülcü, B. (2023). Fen mühendislik ve girişimcilik uygulamaları eğitiminde 3B tasarım ve robotik destekli mühendislik tasarım süreçleri etkinliği: Kışlık lastik tasarlayalım! (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Gülhan, F., ve Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve

mesleklerle ilgili görüşlerine etkisi. Ö.Demirel, S.Dinçer (Ed.), Eğitim bilimlerinde yenilikler ve nitelik arayışı. (pp.283-302). *Pegem Yayıncılık*.

Gülhan, F. (2016). *Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin algı, tutum, kavramsal anlama ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi* (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi.

Günsal, M. (2023). Tasarım odaklı düşünme yaklaşımına dayalı STEM uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin tasarım odaklı düşünme, öğrenci eylemliliği ve gelecek düşüncesi düzeylerine etkisinin incelenmesi.

Guzey, S. S., Harwell, M. and Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114(6), 271-279.

Gül, U. (2018). *Cumhuriyetten günümüze ilkökul eğitim programları ve inovatif etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) . Yeditepe Üniversitesi.

Güven, Ç. (2020). *STEM uygulamaları ile zenginleştirilmiş 7E öğrenme modeli'nin 5. sınıf öğrencilerinin bilişsel süreç becerilerine etkisi* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi.

Ha, Y. and Stoel, L. (2004). Internet apparel shopping behaviors: the influence of general innovativeness. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 32(8), 377-385.

Harari, Y. N. (2018). 21. Yüzyıl İçin 21 Ders (S. Sıral, Çev.;1.baskı). İstanbul: Kolektif Kitap. (Orişinal eserin basım tarihi, 2018).

Hacıoğlu Y. (2017). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) Eğitimi Temelli Etkinliklerin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Eleştirel ve Yaratıcı Düşünme Becerilerine Etkisi (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi.

Hacıoğlu, Y. (2020). *Sorgulamaya Dayalı Öğrenme ve STEM Eğitimi. M, Çevik (Ed.), Ders Planları Kurgusunda Öğretme Öğrenme Yaklaşımlarıyla Uygulamalı STEM Eğitimi (s. 245-178)*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Hacıoğlu, Y. (2022).Disiplinlerarası Fen Öğretimi. E. Kızılay ve M. Çevik (Ed.), *Eğitimde Disiplinlerarası Beceriler (s.29,34)*. Eğiten Kitap.

Hacıoğlu, Y. (2023). Eğitimde Tasarım Odaklı Düşünme Ve 21. Yy Becerileri: Yaşam ve Kariyer Becerileri. D. Girgin & Z. Toker (Ed). *Eğitimde Tasarım Odaklı düşünme yaklaşımı ve uygulama örnekleri (s.113-123)*. Nobel.

Hacıoğlu, Y. ve Dönmez Usta, N. (2020). Digital game design-based STEM activity: Biodiversity example. *Science Activities*, 57(1), 1-15.

Hacıoğlu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2016). Mühendislik Tasarım Temelli Fen Eğitimi ile İlgili Öğretmen Görüşleri. Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(3), 807.

Hacıoğlu, Y. ve Gulhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 7(2), 139-155.
<https://doi.org/10.21891/jeseh.771331>

- Hacıoğlu, Y., Yamak, H. ve Kavak, N. (2017). The Opinions of Prospective Science Teachers Regarding STEM Education: The Engineering Design Based Science Education. *GEFAD / GUJGEF*, 37(2), 649-684.
- Haik, Y., Shahin, T. M. and Sivaloganathan, S. (2011). *Engineering design process*. Stamford: Cengage Learning.
- Hanover Research. (2013). *Future trends in K-12 education*. Washington, DC.
- Harkema, J., Jadrich, J. and Bruxvoort, C. (2009) Science and engineering: Two models of laboratory investigation. *The Science Teacher*, 76(9), 27-31.
- Harman, G. ve Yenikalaycı, N. (2022). Tahmin-gözlem-açıklama (tga) yöntemi ile bozuk elektrikli araç-gereçlerin iç yapısının incelenmesine yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Milli Eğitim Dergisi*, 51(233), 643-664.
- Havice W. (2009). The power and promise of a STEM education: Thriving in a complex technological world. In ITEEA (Eds.), *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering* (pp. 10-17). Reston, VA: ITEEA.
- Havice, W. L. (2015). Integrative STEM education for children and our communities. *The Technology Teacher*, 75(1), 15-17.
- Hayden, K., Ouyang, Y., Scinski, L., Olszewski, B. and Bielefeldt, T. (2011). Increasing student interest and attitudes in STEM: Professional development and activities to engage and inspire learners. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 11(1).
<http://www.citejournal.org/vol11/iss1/science/article1.cfm>
- Hirsch, L. S., Berliner-Heyman, S., Cano, R., Kimmel, H. and Carpinelli, J. (2011). *Middle school girls' perceptions of engineers before and after a female only summer enrichment program*. Frontiers in Education Conference (FIE) 2011, (pp. S2D-1-S2D-6). Rapid City, SD.
- Hirsch, L. S., Berliner-Heyman, S. L., Carpinelli, J. D. and Kimmel, H. S. (2012). *Introducing middle school students to engineering and the engineering design process*. Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference, San Antonio, Texas.
<https://peer.asee.org/21603>
- Holstein, B. I. (1972). A case study analysis of several children's responses to metaphorical experiences. *Journal of Education*, 154(3), 45-69.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- Householder, D. L. and Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. NCETE Publications. (Paper 166).
http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166
- Hudson, P. B., English, L. D. and Dawes, L. (2014). Curricula integration: Identifying and locating engineering education across the Australian Curriculum. *Curriculum Perspectives*, 34(1), 43-50.

- Hudson, P. (2014). Science, technology, engineering, and maths (STEM). In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 1-3). Dordrecht: Springer.
- Hurt, H. T., Joseph, K. and Cook, C. D. (1977). Scales for the measurement of innovativeness. *Human Communication Research*, 4(1), 58-65.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. and Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. National Center for Engineering, National Science Foundation (pp:8-13)
- International Technology Educators Association/International Technology and Engineering Educators Association [ITEA]. (2000/2002/2007). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston, VA: Author.
- Istance, D. and Kools, M. (2013). OECD Work on Technology and Education: Innovative Learning Environments as an Integrating Framework. *European Journal of Education*, 48(1), 43-57. Retrieved November 5, 2024 from <https://www.learntechlib.org/p/132456/>.
- İncebacak, B. B., Tungaç, A. S. ve Yaman, S. (2018). Sınıf öğretmenlerinin gözünden eğitimde yenilik ve inovasyon kavramlarına bir bakış: Metafor analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi*, 3(2), 19-29.
- Jawad, L. F., Majeed, B. H. and ALRikabi, H. T. (2021). The Impact of Teaching by Using STEM Approach in The Development of Creative Thinking and Mathematical Achievement Among the Students of The Fourth Scientific Class. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(13), 172- 188.
- Johnson, C. C. (2012). Letter from the editor: Four Key Premises of STEM. *School Science and Mathematics*, 112(1), 1-2.
- Kan, Ç. (2009). Değişen değerler ve küresel vatandaşlık eğitimi. *Kastamonu Education Journal*, 17(3), 895-904.
- Karaca, Y. (2009). Hizmetlerde İnovasyon Ve Tüketici Algısına Etkisi: Yolcu Taşımacılığı Sektöründe Bir Araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (1), 195-212.
- Karadeniz, B. Y., Taşkın, R. ve Verim, Ö. (2022). *Gemi Pervanelerinin 3b Modellenmesi İçin Tersine Mühendislik Yaklaşımının Kullanımı. (Using Of Reverse Engineering Approach For 3D Modeling Of Ship Propellers)*. International Marmara Sciences Congress, Kocaeli, Türkiye. https://www.researchgate.net/publication/366685563_Gemi_Pervanelerinin_3B_Modellenmesi_Icin_Tersine_Muhendislik_Yaklasiminin_Kullanimi_Using_Of_Reverse_Engineering_Approach_For_3D_Modeling_Of_Ship_Propellers
- Karahan, E., Güzey, S. ve Moore, T. (2014). Saving Pelicans: A STEM Integration Unit. *Science Scope*, 38(3), 1-7. https://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/4/ss14_038_03_28
- Kartal, Ş. (2020). *Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının görüşlerine göre yenilikçi düşünme becerilerinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisan Tezi). Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi.

- Katehi, L., Pearson, G. and Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kavacık, L. (2012). *İlköğretim 6. sınıf fen ve teknoloji dersi madde ve ısı ünitesinde grupla yenilikçi (inovasyon) projeler oluşturmaının öğrenciler üzerindeki etkileri* (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi.
- Kavacık, L., Yelken, T.Y. ve Sürmeli H. (2015). İlköğretim fen ve teknoloji dersinde inovasyon (yenilikçi) proje uygulamaları ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Eğitim ve Bilim*, 40(180), 247-263.
- Kaygısız, B. (2023). *Öğrenme galerisi öğretim tekniğinin evsel atık ve geri dönüşüm konusunun öğretiminde ortaokul öğrencilerinin inovasyon, girişimcilik ve bilimsel yaratıcılık düzeylerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.
- Kazu, I. Y. ve Kurtoglu Yalcin, C. (2021). The effect of stem education on academic performance: A meta-analysis study. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 20(4), 101-116.
- Keleşoğlu, S. (2017). *Öğretmen eğitiminde yaratıcı düşünme ve inovasyon eğitim programının tasarımı, denenmesi ve değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi.
- Keleşoğlu, S. ve Kalaycı, N. (2017). Dördüncü Sanayi Devriminin Eşiğinde Yaratıcılık, İnovasyon ve Eğitim İlişkisi. *Yaratıcı Drama Dergisi*, 12(1), 69-86.
- Kennedy, T. J. and Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science education international*, 25(3), 246-258.
- Kennedy, J., Lee, E. and Fontecchio, A. (2016). *STEAM approach by integrating the arts and STEM through origami in K-12*. In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-5). IEEE.
- Kılıçer, K. (2011). *Bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi öğretmen adaylarının bireysel yenilikçilik profilleri* (Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi.
- Kızılkıuş Bulut, E. (2019). *Mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin mühendislik kariyer tercihlerine göre 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, motivasyonları ve öz yeterlik inançları üzerindeki etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P. and Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & education*, 91, 14-31.
- Kimmel, H., Carpinelli, J. and Rockland, R. (2007). *Bringing Engineering into K-12 Schools: A Problem Looking for Solutions?* International Conference on Engineering Education – ICEE. Coimbra, Portugal. <http://icee2007.dei.uc.pt/proceedings/papers/49.pdf>
- Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T. and Periathiruvadi S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.

- Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T. and Gibson, D. (2015). Gender differences in conceptualizations of STEM career interest: Complementary perspectives from data mining, multivariate data analysis and multidimensional scaling. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 16(4), 13-19.
- Knight, M. and Cunningham, C. M. (2004). *Draw an engineer test (DAET): Development of a tool to investigate students' ideas about engineers and engineering*. Proceedings of the 2004 ASEE annual conference and exposition, Salt Lake City, Utah.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: lessons learned from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3). <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v39n3/>
- Kolodner, J. L. (2006). Case-based reasoning. In K. L. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of learning sciences* (pp. 225–242). Cambridge: Cambridge University.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J. Holbrook, J., Puntambekar, S. and Ryan, M. (2003). Case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J. and Puntambekar, S. (1998). *Learning by design from theory to practice*. Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences (ICLS 98) (pp. 16–22). Charlottesville, VA: AACE.
- Kolodner, J. L. (2002). Learning by design™: Iterations of design challenges for better learning of science skills. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 9(3), 338-350.
- Krainer, K. (2003). Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching (IMST²). Initial outcome of a nation-wide initiative for upper secondary schools in Austria. *Mathematics Education Review*, 16, 49–60.
- Kurtuluş, M. F. (2012). *Eğitimde İnovasyon: Öğretmen Ve Öğrencilerin İnovasyona Bakışı Ve Yeterliliğinin Sorgulanması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü.
- Kutch, M. (2011). *Integrating science and mathematics instruction in a middle school STEM course: The impact on attitudes, career aspirations and academic achievement in science and mathematics* (Doctoral thesis). Wilmington University.
- Lacey, T. A. and Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018. *Monthly Labor Review*, November, 82-109.
- Lachapelle, C. and Cunningham, C. (2007, June). *Engineering is Elementary: Children's changing understandings of engineering and science*. Paper presented at 2007 Annual Conference & Exposition, Honolulu, Hawaii.
- Lachapelle, C. P., Cunningham, C. M., Lee-St. John, T. J., Cannady, M. and Keenan, K. (2010). *An investigation of how two engineering is elementary curriculum units support student learning*. Presented at the P-12 Engineering and Design Education Research Summit, Seaside, OR.

- Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L., & Phothong, W. (2022). Using reverse engineering to enhance ninth-grade students' understanding of thermal expansion. *Journal of Science Education and Technology*, 31(2), 177-190.
- Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L., Phothong, W. (2021). Ninth-grade students' perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2445–2465. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09701-6>
- LaForce, M., Noble, E. and Blackwell, C. (2017). Problem-based learning (PBL) and student interest in STEM careers: The roles of motivation and ability beliefs. *Education Sciences*, 7(4), 92.
- Lam, P., Doverspike, D., Zhao, J., Zhe, J. and Menzemer, C. (2008). An evaluation of a STEM program for middle school students on learning disability related IEPs. *Journal of STEM education*, 9(1&2), 21–29.
- Langins, J. (2004). *Conserving the enlightenment: French military engineering from Vauban to the revolution*. MIT press.
- Lantz, Jr., H. B., Ed. D. (2009). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: What form? What function? <https://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/08/STEMEducationArticle.pdf>
- Larkin, T. L. (2015). *Creativity in STEM education: Reshaping the creative project*. International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). (pp. 1184-1189). Florence, Italy.
- Lederman, L. M. (2008). Scientists and 21st century science education. *Technology in Society* 30, 397– 400.
- Lefever-Davis, S. and Pearman, C. J. (2015). Reading, writing and relevancy: Integrating 3R's into STEM. *The Open Communication Journal*, 9(1), 61-64.
- Lemke, C. (2002). enGauge 21st Century Skills: Digital Literacies for a Digital Age.
- Leonard, M. (2004). *Toward epistemologically authentic engineering design activities in the science classroom*. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, B.C..
- Leonard, M. and Derry, S. (2011). “What’s the science behind it?” *The interaction of engineering and science goals, knowledge, and practices in a design-based science activity*. Paper presented in WCER Working Paper (No. 2011-5). University of Wisconsin–Madison.
- Lewis, H. R. (2006). *Excellence without a soul: How a great university forgot education (pp. 1995-2003)*. New York: PublicAffairs.
- Lewis, K., Castellani, M., Simpson, T. W., Stone, R., Wood, W. and Regli, W. (2006). Fundamentals and Applications of Reverse Engineering in Engineering Design M. Kutz, (Ed.),. *Handbook of Environmentally Conscious Mechanical Design*. John Wiley & Sons, New York.
- Licker, M. D. (2003). Dictionary of engineering.

- Liu, S., Liao, H. and Pratt, J.A. (2009) Impact of Media Richness and Flow on ELearning Technology Acceptance. *Computers & Education*, 52, 599-607. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.002>
- Livingstone, Sonia and Haddon, Leslie (2009) *EU Kids Online: final report 2009*. London, UK. ISBN 9780853283553
- Lottero-Perdue, P. and Sandifer, C. (2020). Teaching Teachers: Up To the Moon!. *Science and Children*, 58(2), 72-79.
- Lou, S. J., Shih, R. C., Diez, C. R. and Tseng, K. H. (2011). The impact of problem based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 195–215. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9114-8>.
- Lowrie, T., Leonard, S. and Fitzgerald, R. (2018). STEM Practices: A translational framework for large-scale STEM education design. *EDeR. Educational design research*, 2(1).
- Lyons, J. S. (2011). *GK-12 engineering fellows change student perceptions; science fellows, not so much*. Paper presented at 2011 Annual Conference & Exposition, Vancouver, BC.
- Macnaghten, P., Owen, R., Stilgoe, J., Wynne, B., Azevedo, A., de Campos, A., ... Velho, L. (2014). Responsible innovation across borders: tensions, paradoxes and possibilities. *Journal of Responsible Innovation*, 1(2), 191–199. <https://doi.org/10.1080/23299460.2014.922249>
- Martinez-Ortiz, A. (2008). *Engineering design as a contextual learning and teaching framework: How elementary students learn math and technological literacy*. Proceedings of the Pupils Attitudes Toward Technology Annual Conference.
- Marulcu, I. (2010). *Investigating the impact of a LEGOTM based, engineering-oriented curriculum compared to an inquiry-based curriculum of fifth graders' content learning of simple machines*. (Doctoral dissertation). Boston College, Lynch School of Education. <https://www.proquest.com/docview/755765564?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20es>
- 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.
- Maryland State Department of Education [MSDE]. (2012). *Maryland STEM: Innovation today to meet tomorrow's global challenges*. STEM education definition. <https://msa.maryland.gov/megafile/msa/speccol/sc5300/sc5339/000113/015000/015126/unrestricted/20120962e.pdf>
- Matthews, C. M. (2007). *Science, Engineering, and Mathematics Education: Status and Issues*. Congressional Research Service Reports. Paper 3. <https://digitalcommons.unl.edu/crsdocs/3/>

- McComas, W. F. and Burgin, S. R. (2020). A critique of “STEM” education: Revolution-in-the-making, passing fad, or instructional imperative?. *Science & Education*, 29(4), 805-829.
- Massachusetts Department of Education [MDOE]. (2010). *Technology/engineering concept and skill progression*.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y. and Schunn, 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.
- Meng, C. C., Idris, N. and Eu, L. K. (2014). Secondary students' perceptions of assessments in science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(3), 219-227.
- Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2), 103-136.
- Miaoulis, I. (2014). K-12 engineering: the missing core discipline. In S Purzer, J Strobel and M Cardella (Eds.). *Engineering in Pre-college settings: research into practice* (pp. 21–34). West Lafayette, Indiana.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2005). İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (4.ve 5.sınıflar) Öğretim Programı. Ankara: MEB.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. https://tegm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_06/09163104_Fen_Bilimleri_Dersi_YYretim_ProgramY_KarYYlaYtYrmalarY.pdf
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2016). Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK). *STEM Eğitimi Raporu*. https://yegitek.meb.gov.tr/stem_egitimi_raporu.pdf
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. <https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf>
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. <https://tymm.meb.gov.tr/upload/program/2024programfen345678Onayli.pdf>
- Miles, M.B. and Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mills, L. A. (2013). Indicators of science, technology, engineering, and math (STEM) career interest among middle school students in the USA (Doctoral dissertation.) University of North Texas.
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14, 21-44.

- McDuffie Jr, T. E. (2001). Scientists--geeks & nerds?. *Science and Children*, 38(8), 16.
- McGowan, V. C., Ventura, M. and Bell, P. (2017). Reverse Engineering. *Science and Children*, 54(8), 68.
- Mercan Hbek, K. (2014). *Ortaokul 6. 7. 8. sınıf Fen ve Teknoloji ğretim programında mühendislik- dizayn ynteminin uygulanabileceği konuların analizi: Alternatif enerji kaynakları öğretim materyalleri hazırlama*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi.
- Merriam, S. B., and Grenier, R. S. (Eds.). (2019). *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis*. John Wiley & Sons.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Sage, Thousand Oaks.
- Miller, J. and Phillips, A. (2014). Middle school STEAM camp perspectives and attitudes towards STEM. In M. Searson & M. Ochoa (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2014 (pp. 1940-1944)*. Chesapeake, VA.
- Mooney, M. A. and Laubach, T. A. (2002). Adventure engineering: A design centered, inquiry based approach to middle grade science and mathematics education. *Journal of Engineering Education*, 91(3), 309-318.
- Moore, T. and Richards, L. G. (2012). P-12 engineering education research and practice. *Introduction to a Special Issue of Advances in Engineering Education*, 3(2), 1-9.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A. and Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 1-13.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
- Morrison, J. (2006). TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education. *Baltimore, MD: TIES*, 3.
- Museus, S. D., Palmer, R. T., Davis, R. J. and Maramba, D.C. (2011). Racial and ethnic minority students' success in STEM education. *ASHE Higher Education Report*, 36(6), 1-140.
- Mutakinati, L., Anwari, I. and Kumano, Y. (2018). Analysis of students' critical thinking skill of middle school through STEM education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA* 7(1), 54-65.
- Myers, A. and Berkowicz, J. (2015). *The STEM Shift: A Guide for School Leaders*, Corwin Press, 2-14.

- Naizer, G., Hawthorne, M. J. & Henley, T. B. (2014). Narrowing the gender gap: Enduring changes in middle school students' attitude toward math, science and technology. *Journal of STEM Education*, 15(3), 29-34.
- National Academy of Engineering [NAE]. (2004). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2014). *2014 Johnson Space Center Education Annual Report*. 2101 NASA Parkway Houston, Texas. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/12/2014_jsc_edu_annual_report.pdf
- NAE & NRC (2009). Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects (L. Katehi, G. Pearson & M. Feder, Eds.). Washington DC: National Academies.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). 2020. Promising practices for addressing the underrepresentation of women in science, engineering, and medicine: Opening doors. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/25585.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). 2022. New Directions for Chemical Engineering. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26342>.
- National Committee on Science Education Standards (NSES). (1996). National Research Council. Washington, DC: National Academy Press. <http://www.nap.edu/catalog/4962.html>
- Nazli, M., Kesici, E. E., Turhan, G. D., & Arbak, H. (2017). İnovatif Firmaların İnovasyon Yönetim Perspektiflerindeki Farklılıklar: İzmir Vaka Çalışması. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 8(2). <https://doi.org/10.18354/esam.333826>
- Ness, R. B. (2015). Promoting innovative thinking. *American journal of public health*, 105(S1), S114-S118.
- NSF (2013). Engineering: Emphasizing the “E” in STEM Education | Successful STEM Education. Successful STEM Education. <https://successfulstemeducation.org/resources/engineering-emphasizing%E2%80%9Ce%E2%80%9Dstem-education>
- Next Generations Science Standards [NGSS] (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: National Academies Press. doi: 10.17226/18290
- National Research Council. [NRC]. 2009. Mathematics learning in early childhood: paths toward excellence and equity. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12519>.
- National Research Council (NRC). (2010). Standards for K–12 engineering education? Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2011). Successful K–12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. Washington, DC: The National Academies Press.

- National Research Council. [NRC]. 2011. Climate stabilization targets: emissions, concentrations, and impacts over decades to millennia. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12877>.
- National Research Council (NRC). (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. [NRC]. 2012. A framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- National Research Council. [NRC]. 2013. Next generation science standards: for states, by states. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.
- National Academy of Engineering and National Research Council. [NAE]. [NRC]. 2014. STEM integration in k-12 education: status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
- National Science Teachers Association [NSTA]. 2014. NSTA Position Statement: Early Childhood Science Education. www.nsta.org/about/positions/earlychildhood.aspx
- Next Generations Science Standards [NGGS]. (2013). The next generation science standards-executive summary. Retrieved from http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update_0.pdf
- Neuman, W. L. (2013). *Toplumsal araştırma yöntemleri (6.Basım)*. Yayınodası Yayıncılık.
- Neuman, W. L., and Robson, K. (2014). Basics of social research. Pearson Canada Toronto.
- Nite, S. B., Margaret, M., Capraro, R. M., Morgan, J. & Peterson, C. A. (2014). *Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A longitudinal examination of secondary school intervention*. Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE Conference Publications, 1 – 7.
- Ogilvie, G. (2008). Investigating the role of teacher education in promoting innovation.
- Ohio. (2007). STEM Learning Network. 21 Kasım 2017, www.osln.org.
- Olivarez, N. (2012). *The Impact of a STEM program on academic achievement of eighth grade students in a south texas middle school*. [Doctoral Thesis]. <https://tamuccir.tdl.org/handle/1969.6/417?show=full> sayfasından erişilmiştir.
- Otoupal-Hylton, W. & Hylton, P. (2011). Using innovative themes to increase interest in K-12 STEM studies. ASEE Northeast Section Annual Conference University of Hartford. American Society for Engineering Education.

- <https://www.asee.org/papers-andpublications/papers/section-proceedings/northeast/2011> adresinden 24 Mart 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Otto, K. N., & Wood, K. L. (1998). Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology. *Research in Engineering Design*, 10(4), 226-243. <https://doi.org/10.1007/s001639870003>
- Özdemir, Ö. G., & Özer, D. (2014). Yenilikçilik mi? Tüketim mi?: Yenilikçi Tüketime Eleştirel Bir Yaklaşım ve Nitel Bir Analiz. *Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 3(1), 25-48.
- Özlen, S. (2019). *Sekizinci sınıf düzeyinde basit makineler konusunda tasarım temelli stem etkinliklerinin geliştirilmesi ve etkilerinin değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Özmuş, M. (2012). Öğretmen eğitiminde yaratıcılık ve inovasyon. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 20(3), 731-746.
- Öztürk, Z. Y. ve Summak, M. (2014). İlköğretim okulu öğretmenlerinin bireysel yenilikçilerinin incelenmesi. *International Journal of Sport Culture And Science*, 2((Special Issue 1)), 844-853. <https://doi.org/10.14486/IJSCS158>
- Park, K. & Lee, H. (2014). Elementary students' perceived images of engineers. *Journal of Korean Earth Science Society*, 35(5), 375-384.
- Parno, Yuliati, L., Munfaridah, N., Ali, M., Rosyidah, F. U. N., & Indrasari, N. (2020a). The effect of project based learning-STEM on problem solving skills for students in the topic of electromagnetic induction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(1). <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022025>
- Parno, Yuliati, L., Ndadari, I. P., & Ali, M. (2020b). Project Based Learning Integrated STEM to Increase Students' Scientific Literacy of Fluid Statics Topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1). <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012030>
- Partnership for 21st Century Skills [P21]. (2009). Framework for 21st Century Learning. Erişim: 14 Mayıs 2017, https://www.teacherrambo.com/file.php/1/21st_century_skills.pdf
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri (3. baskıdan çeviri)*. (M. Bütün ve S. B. Demir Çev. Eds). Ankara: Pegem Akademi.
- PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology), (2010, September). Report to the president prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future. Prepublication Version. <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-stemed-report.pdf> adresinden 06 Mayıs 2014 tarihinde edinilmiştir.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and inquiry cycle. *Educational Research Review*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003> 14, 47-61.
- Pehlivanoğlu, S. (2011). *Uluslararası Eğitim Forumu II: Eğitimde İnovasyon (Açılış Konuşması)*, Türk Eğitim Derneği, Ankara.

- Petroski, H. (1996). *Invention by design: How engineers get from thought to thing*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pleasant, J. (2020). Inquiring into the Nature of STEM Problems. *Science and Education*. 29(4), 831-855.
- Pleasant, J., & Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, 103(1), 145-166.
- Posner, G.J., et al., "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." *Science Education*, 1982. 66: p. 211-227.
- Pratt, H. (2012). The NSTA reader's guide to a framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. *National Science Teachers Association [NSTA]*.
- Quinn, H., Schweingruber, H., & Keller, T. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (National Research Council, Ed.). *The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Rasovic, N. & Obad, M. (2016). *A Framework for Optimal Quality of Parts in Reverse Engineering*. B. Katalinic (Ed.). Proceedings of the 27th DAAAM International Symposium (pp.0328-0337). Vienna, Austria: DAAAM International, ISBN 978-3-902734-08-2, ISSN 1726-9679, doi: 10.2507/27th.daaam.proceedings. 048
- Rawat, T. C. 2010. A Study to Examine Fluency Component of Scientific Creative Talent of Elementary Stage Students of Himachal Pradesh With Respect to Area, Type of School and Gender. *International Transactions in Humanities & Social Sciences*, 2(2), 152-161.
- Reeve, E. M. (2015a). Science, technology, engineering & mathematics (STEM) education is here to stay. Thailand STEM festival. <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/08/STEM-Education-is-here-to-stay.pdf> adresinden 03 Mayıs 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Reeve, E. M. (2015b). STEM Thinking! Technology and Engineering Teacher, 74(4), 8-16.
- Reeve, E. M., & Petersen, R. (2016). Teaching Elementary School STEM in Thailand Chapter. M. Hoepfl (Ed.), *Exemplary Teaching Practices in Technology & Engineering Education*., (pp:55-67).
- Rehmat, A. P. (2015). *Engineering the path to higher-order thinking in elementary education: A problem-based learning approach for STEM integration*. [Doctoral dissertation]. University of Nevada.
- Reisslein, M., Moreno, R. & Ozogul, G. (2010). Pre-college electrical engineering instruction: The impact of abstract vs. contextualized representation and practice of learning. *Journal of Engineering Education*, 99(3), 225-235.
- Ricks, M. M. (2006). *A study of the impact of an informal science education program on middle school students' science knowledge, science attitude, STEM high school and college course selections, and career decisions*. [Doctoral Thesis]. The University of Texas, Austin.

- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M., Harbor, J. 2009. Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181-195.
- Rittle-Johnson, B., Alibali, M. W. 1999. Conceptual and procedural knowledge of mathematics: Does one lead to the other? *Journal of Educational Psychology*, 91(1), 175–189. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.1.175>
- Rizk, N. M. H., Attia, K. A. M., & Al-Jundi, A. A. H. (2017). The impact of metacognition strategies in teaching mathematics among innovative thinking students in primary school, Rafha, KSA. *International Journal of English Linguistics*, 7(3), 103-114.
- Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G. & Cotabish, A. (2014). The effects of a science-focused STEM intervention on gifted elementary students' science knowledge and skills. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 189–213.
- Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the “E” in K-12 STEM education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53-64.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-21.
- Rogers, E. M. 1995. *Diffusion of Innovations*, (4th edition). New York: The Free Press.
- Rogers C. & Portsmore M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3 & 4), 17-28.
- Rose A. T. & Miller, A. L. (2009). *A collaborative approach to offering summer engineering camps for middle school students*. Proceedings of the ASEE/ IEE Frontiers in Education Conference 2009. San Antonio, TX.
- Roth W-M (2001) Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7):768–790.
- Rouse, R. ve Rouse, A. G. (2019). Engineering encounters: authors and engineers. *Science And Children*, 56(6), 58-63.
- Ryan, M., Camp, P., & Crismond, D. (2001). *Design rules of thumb – connecting science and design*. Presented in Meetings of the American Educational Research Association, Seattle, WA
- Sabo, C., Burrows, A. ve Childers, L. (2014). Shaking up pre-calculus: incorporating engineering into k-12 curricula. *Advances In Engineering Education*, 4(2), 1-26.
- Sahin, İ. ve Thompson, A. (2014). Using rogers' theory to interpret instructional computer use by coe faculty. *Journal of Research On Technology in Education*, 39(1), 81-104. <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782474>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM Education, STEMmania*, The Technology Teacher, 68(4), 20-26.

- Saracaloğlu, A. S., Serin, O. ve Bozkurt, N. (2000). *Öğretmen adaylarının fen bilimlerine yönelik tutumları ile başarıları arasındaki ilişki* [Bildiri sunumu]. Iv. fen bilimleri eğitimi kongresi, Ankara.
- Schnittka, C. G. (2009). *Engineering design activities and conceptual change in middle school science*. [Dissertation]. University of Virginia. (UMI No. 3364898).
- Schnittka, C. ve Bell, R. (2011). 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. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.529177>
- Scott, M. C. (2009). Message from the TECC President: STEM (science, technology, engineering, and mathematics). *Technology and children. A journal for elementary school technology education*, 14(1), 3.
- Scott, C. E. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (stem) focused high schools in the u.s.. *Journal of Stem Education: Innovations And Research*, 13(5), 30-39.
- Sezgin, İ. V. (2018). *Akademisyenlerin innovasyon eğilimlerinin ölçülmesi çalışması: Akdeniz Üniversitesi örneği*. (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi.
- Sheppard, S. D. (1992). Mechanical dissection: An experience in how things work. *Proceedings of the Engineering Education: Curriculum Innovation & Integration*, 6-10.
- Silva, E. (2009). Measuring skills for 21st-century learning. *Phi delta kappan*, 90(9), 630-634.
- Silverman, D. (2016). *Qualitative research*. Sage.
- Simon, H. A. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive psychology*, 7(2), 268-288.
- Smith, J., & Karr-Kidwell, P. (2000). The interdisciplinary curriculum: a literary review and a manual for administrators and teachers. Retrieved from ERIC database. (ED443172).
- Sofu, M. M. 2019. *Bozuk Kalıp Elemanın Tersine Mühendislik Uygulaması İle İmalatı*. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 272-281.
- Sokolov, K. O., & Sokolova, I. S. M. (2020). Innovative Thinking Development In Engineers. In *Journal of Physics: Conference Series* 1515.
- Soylu, Ş. (2016). Stem education in early childhood in turkey.. *Journal of Educational and Instructional Studies*, 6(1), 38-47.
- Sönmez, B. (2016). *Düşünme eğitimi dersinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* [Doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Stansell, A., Tyler-Wood, T., & Stansell, C. (2016). Inventing the Invented for STEM Understanding. *International Association for Development of the Information Society*.

- Stinson, K., Harkness, S. S., Meyer, H. ve Stallworth, J. (2010). Mathematics and science integration: models and characterizations. *School Science And Mathematics*, 109(3), 153-161. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17951.x>
- Stokes, D. E. 2011. *Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation*. Brookings Institution Press.
- Strauss, A., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. London: Sage.
- Strong, M. G. (2013). *Developing elementary math and science process skills through engineering design instruction* [ProQuest Dissertations And Theses]. Hofstra University.
- Subaşı, Y. (2022). *Tasarım temelli fen eğitiminin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, mühendislik bilgi düzeylerine, teknoloji algılarına ve teknolojik problem çözme becerilerine etkisi* [Doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Sullivan, J. F. (2006). Broadening engineering's participation-A call for K-16 engineering education. *The Bridge*, 36(2), Washington, DC: National Academies Press.
https://itll.colorado.edu/images/uploads/about_us/publications/papers/1_nae%20paperonlinefinalpublishedversion.pdf adresinden 13 Ağustos 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Süren, T. (2008). *İlköğretim birinci kademe öğrencilerinde bilimsel okuryazarlık düzeyi* [Yüksek lisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi .
- Şahin, A., Ayar, M. C. ve Adıgüzel, T. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içerikli okul sonrası etkinlikler ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(1), 297-322.
- Şanlı, S. (2020). *Ortaokul sosyal bilgiler ders kitaplarının yenilikçi düşünme bağlamında değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi]. Akdeniz Üniversitesi.
- Şeker, H. ve Gençdoğan, B. (2006). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Şen, C. (2018). *Mühendislik tasarımı odaklı bütünleşik STEM etkinliklerinde üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin kullandığı beceriler*. (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi.
- Taşçı, M. (2019). *Tersine mühendislik uygulamalarının 8. sınıf öğrencilerinde akademik başarılarına, problem çözme becerilerine, STEM tutum ve algılarına etkisinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Taşçı, M. ve Şahin, F. (2020). The effect of reverse engineering applications on academic achievement and problem solving skills of secondary school students. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 14(1), 387-414. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.660352>
- Tavşancıl, E. (2014). *Tutumların ölçülmesi ve spss ile veri analizi*. Nobel Yayınları.

- Thayer, K. (2017, Aralık 8). How Does Reverse Engineering Work? | Engineering360. Engineering360. <https://insights.globalspec.com/article/7367/how-does-reverse-engineering-work>
- Thomasian, J. (2011). Building a science, technology, engineering, and math education agenda: an update of state actions. *NGA Center for Best Practices*.
- Thompson, S. ve Lyons, J. (2010). Engineers in the classroom: their influence on african-american students' perceptions of engineering. *School Science And Mathematics*, 108(5), 197-211. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17828.x>
- Thornburg, D. D. (2009). Hands and minds: Why engineering is the glue holding STEM together. Thornburg Center for Space Exploration. <http://www.tcsek12.org/pages/hands.pdf> adresinden 30 Temmuz 2015 tarihinde edinilmiştir
- Topu, F., Baydaş, Ö., Turan, Z. ve Göktaş, Y. (2013). Öğretim teknolojisi araştırmalarında geçerlilik ve güvenilirlik stratejileri. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(1), 110-126.
- Trilling, B., ve Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Tsang, T. L. (2017). A quantitative analysis examining differences between us humanities and stem students' propensity toward innovation. *Journal of Further and Higher Education*, 43(2), 149-1658. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2017.1357069>
- Tseng, K., Chang, C. ve , S. L. A. W. C. (2011). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (stem) in a project-based learning (pjbl) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.
- Türe, D. D. (2023). *Biyomimikri ve tersine mühendislik temelli stem etkinliklerinin tasarlanması kimya derslerinde uygulanması ve etkililiğinin değerlendirilmesi* [Doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği [TÜSİAD]. 2014. STEM alanında eğitim almış işgücüne yönelik talep ve beklentiler araştırması. <http://tusiad.org/tr/component/k2/item/8054-stem-alaninda-egitim-almis-igucune-yonelik-talep-ve-beklentiler-arastirmasi?>
- Türk Dil Kurumu (t.y.). Türk Dil Kurumu sözlükleri. 10 Ekim 2024 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden edinilmiştir.
- Türkücü, T. ve Börklü, H. R. (2018). Tersine mühendislik yaklaşımına dayalı yeni bir imalat için tasarım işlem modeli. *Gazi University Journal of Science Part C: Design And Technology*, 6(1), 91-104. <https://doi.org/10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.327479>
- TÜSİAD. (2017). 2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi. TÜSİAD. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stemgereksinimi>

- TÜSİAD. (2024). Geleceğimiz için Eğitimi Birlikte Konuşmak. TÜSİAD. file:///C:/Users/GiresuN/Downloads/2024_09_05_orhan_turan_egitim_konferansi_konusmasi_1.pdf
- Tyler-Wood, T., Knezek, G. ve Christensen, R. (2010). Instruments for assessing interest in stem content and careers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(2), 345-368.
- Tytler, R. (2009). School innovation in science: improving science teaching and learning in australian schools. *International Journal of Science Education*, 31(13), 1777-1809. <https://doi.org/10.1080/09500690802199889>
- Ulusal Araştırma Konseyi. (2014). K-12 eğitiminde STEM entegrasyonu: durum, beklentiler ve bir gündem araştırma. Washington, DC: Ulusal Akademiler Basını.
- Venville, G., Wallace, J. ve Malone, L. R. A. J. (2010). Bridging the boundaries of compartmentalised knowledge: student learning in an integrated environment. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 23-35. <https://doi.org/10.1080/713694958>
- Vollstedt, A. M. (2005). *Using robotics to increase student knowledge and interest in science, technology, engineering, and math*. [Master thesis]. University of Nevada, Reno. (UMI No. 1429847).
- Wendell, K. B. (2008). *The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children*. Qualifying Paper, Tufts University.
- Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). *Incorporating engineering design into elementary school science curricula*. Paper presented at American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Louisville, KY.
- Wendell, K. B. ve Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540. <https://doi.org/10.1002/jee.20026>
- Wheeler, J. (1998). *The power of innovative thinking: Let new ideas lead you to success*. Career Press.
- Wendell, K. B. (2018). *The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children* [Doctoral dissertation]. Tufts University.
- Wendell, K. B. (2008). *The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children*. [Unpublished Qualifying Paper]. Tufts University.
- West, A. B., Sickel, A. J. ve Cribbs, J. D. (2015). The science of solubility: using reverse engineering to brew a perfect cup of coffee. *Science Activities*, 52(3), 65-73. <https://doi.org/10.1080/00368121.2015.1068734>
- Wicklein, R. G., Jr., P. C. S. ve Kim, S. J. (2009). Essential concepts of engineering design curriculum in secondary technology education. *Journal of Technology Education*, 20(2), 65-80.
- Wong-Kam, J. C. (2012). *Creating a climate for innovation in education: Reframing structure, culture, and leadership practices* [Doctoral dissertation]. University of Southern California.

- Wood, K. L., Jensen, D., Bezdek, J. ve Otto, K. N. (2013). Reverse engineering and redesign: courses to incrementally and systematically teach design. *Journal of Engineering Education*, 90(3), 363-374. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00615.x>
- Wulf, W. (1998). The image of engineering. Issues in Science and Technology. Web site:<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.issues.org/15.2/wulf.htm&strip=1> adresinden 12 Temmuz 2012 tarihinde edinilmiştir.
- Yamak, H., Bulut, N. ve DüNDAR, S. (2014). A. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına fetemm etkinliklerinin etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 249-265. <https://doi.org/10.17152/gefd.15192>
- Yaman, M. (2018). *Okul müdürlerinin inovasyon yeterlilikleri ile okul kültürü arasındaki ilişkinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.
- Yavuz, Ü. (2019). *İlkokul fen bilimleri dersinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (fetemm) etkinlikleri ile işlenmesi* [Yüksek lisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Yeh, Y. (2003). *Intrapersonal intelligence, critical-thinking ability, and preservice teachers' behavioral change in a computer simulation* [Bildiri sunumu]. Society for information technology & teacher education international conference, Albuquerque, New Mexico, Usa.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). Stem eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (6. baskı). . Seçkin.
- Yıldız , F. N., & Kardaş, F., (2019). *Ergenlerde Öz-yeterlik, Motivasyon, Azim ve Psikolojik Dayanıklılığın İyi Oluş ile İlişkisi: Bir Model Sınaması* . 21. Uluslararası Psikolojik Danışma ve Rehberlik Kongresi (pp.1). Antalya, Turkey
- Yoon, S. Y., Dyehouse, M., Lucietto, A. M., Diefes-Dux, H. A. ve Capobianco, B. M. (2014). The effects of integrated science, technology, and engineering education on elementary students' knowledge and identity development. *School Science And Mathematics*, 114(8), 380-391. <https://doi.org/10.1111/ssm.12090>
- Younis, M. B. ve Tutunji, T. (2012). Reverse engineering course at philadelphia university in jordan. *European Journal of Engineering Education*, 37(1), 83-95. <https://doi.org/10.1080/03043797.2012.658508>
- Yuliati, L., Riantoni, C. ve Mufti, N. (2018). Problem solving skills on direct current electricity through inquiry-based learning with phet simulations. *International Journal of Instruction*, 11(4), 123-138.
- Zeid, İ., Chin, J., Duggan, C. ve Kamarthi, S. (2014). Engineering based learning: a paradigm shift for high school stem teaching. *International Journal of Engineering Education*, 30(4), 876-887.

- Zhe, J., Doverspike, D., Zhao, J., Lam, P. C. ve Mentezer, C. C. (2010). High school bridge program: a multidisciplinary stem research program. *Journal of Stem Education: Innovations and Research*, 11(1-2), 61-68.
- Zhang, Y. (2003). Research into the engineering application of reverse engineering technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 139(1-3), 472-475. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00513-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00513-2)
- Zhong, B., Kang, S. ve Zhan, Z. (2020). Investigating the effect of reverse engineering pedagogy in k-12 robotics education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1097-1111. <https://doi.org/10.1002/cae.22363>



EKLER

EK 1. Araştırmanın Uygulama İzin Yazısı



T.C.
GİRESUN VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-29409993-605.01-49803500
Konu : Araştırma İznî
(Handenur CANER BALICA)

17.05.2022

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : a) Giresun Üniversitesi Rektörlüğünün 13.05.2022 tarih ve 49588373 sayılı yazısı.
b) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 2020/2 nolu Genelgesi.

Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans öğrencisi Handenur CANER BALICA'nın "Tersine Mühendislik Uygulamalarının 5. Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına, Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine ve Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi" adlı çalışmasına veri sağlamak amacıyla, Giresun/Merkez Teyyaredüzü Şehit Ufuk Bingöl Ortaokulunda öğrenim gören öğrenciler ile anket çalışması yapma izin talebine ilişkin ilgi (a) yazı ve ekleri Müdürlüğümüz Araştırma Değerlendirme Komisyonu tarafından incelenmiştir.

Söz konusu çalışmanın 17.05.2022-03.06.2022 tarihleri arasında, ekleri müdürlüğümüzce mühürlenmiş ve paraflanmış veri toplama araçlarını kullanarak; Covid-19 Pandemisi ile mücadele kapsamında alınan önlemler çerçevesinde, Teyyaredüzü Şehit Ufuk Bingöl Ortaokulu Müdürlüğü sorumluluğunda/gözetiminde eğitim öğretim faaliyetlerini aksatmadan yapılması, çalışmalara katılımın gönüllülük esasına dayalı olarak sağlanması ve çalışmanın sonuç raporunun Müdürlüğümüz AR-GE Birimine iletilmesi koşulları ile gerçekleştirilmesinde herhangi bir sakıncanın olmadığı Müdürlüğümüzce uygun değerlendirilmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde, olurlarınıza arz ederim.

Fazlı ÇİÇEK
Müdür a.
Şube Müdürü

OLUR
Ergin AYBAR
Vali a.
Millî Eğitim Müdür V.

Bu belge gizli ve elektronik imza ile onaylanmıştır.

Adres : Çatıkale Mah. Hükümet Köşkü, C Blok, Kat 4, ARGE Binası,
Merkez/Giresun
Telefon No : 0(454) 215 75 25
E-Posta: mmaratik@000@y.gov.tr
Kayıt Adresi : mme@halki.kayit.tr

Bilgi Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meh-ebys>
Bilgi için: Mustafa ÖZTÜRK
Uzman : Veli Hacıoğlu ve Kontrol İşletmeni
İnternet Adresi: <https://giresun.meb.gov.tr> Faks: 0454 215 75 22

Bu belge gizli ve elektronik imza ile onaylanmıştır. https://www.turkiye.gov.tr adresinden T.C.000-58839-3144-8834-58839 imza ile teyit edilebilir.

EK 2. Etik Kurul Kararı



T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal Bilimler Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu

Sayı :E-50288587-050.01.04-87807
Konu :27 Nisan 2022 tarih ve 21/26 sayılı
Etik Kurul Kararı

28.04.2022

Sayın Handenur CANER BALICA
Teyyaredüzü Şehit Ufuk Bingöl Ortaokulu Giresun

İlgi : Handenur CANER BALICA'nın 10.03.2022 tarihli başvurusu.

Sosyal Bilimler Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz "Tersine Mühendislik Uygulamalarının 5.Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına, Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine ve Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi" başlıklı çalışmanız 27 Nisan 2022 tarih ve 21/26 sayılı Etik Kurulumuzca değerlendirilmiş olup; etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinize sunar.

Prof. Dr. Eyüp NEFES
Kurul Başkanı

Bu belge, güncel elektronik imza ile onaylanmıştır.

Doğrulama Kodu: 530BD585-81BC-42CE-83E1-A1071475F18C
Giresun Üniversitesi Rektörlüğü Güne Yurducağı Gariler Mah. Prof.
Ahmet Taner Kayalı Cad. 28200 Merkez/GİRESUN E-Posta Adresi:
bilgi@giresun.edu.tr İnternet Ağı: www.giresun.edu.tr
Telefon No : (454) 310 10 00 Bülgeçayar No : (454) 310 11 19

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/>

Bilgi için: Sotku ASLAN
Bilgisayar İşletmeni



EK 3. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi Kullanım İzni

**Handenur Caner Balica**
Sayın hocam, Ben Handenur CANER BALICA, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Öğretmenliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrencis...

7 Mart Pzt 09:35 (2 gün önce) ☆

**cagri guven**
Alıcı: ben ▾

7 Mart Pzt 10:53 (2 gün önce) ☆ ↩ ⋮

Merhabalar, tabi kullanabilirsiniz. Yasemin hocama selamlar. İvi çalışmalar

7 Mar 2022 Pzt, saat 09:36 tarihinde Handenur Caner Balica: şunu yazdı:

...

Sayın hocam,

Ben Handenur CANER BALICA, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Öğretmenliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrencisiyim. Aynı zamanda fen bilimleri öğretmeni olarak bir devlet okulunda görev yapmaktayım.

Dr. Öğretim üyesi Yasemin HACIOĞLU danışmanlığında yürütmüş olduğum tez çalışmam kapsamında öğrencilerin "Elektrik Devre Elemanları" ünitesine ait akademik başarılarını belirlemek amacıyla geliştirdiğiniz başarı testi ve açık uçlu testinizi kullanmama izin verebilerseniz ve uygulanabilir formunu da paylaşırsanız çok memnun olurum.

Saygılarımla

EK 4. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi

5. Sınıf Başarı Testi (Çoktan Seçmeli Sorular)

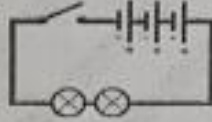
Açıklama:

Testteki tüm soruları dikkatli okuyarak, cevaplarınızı Test Cevap Kağıdı üzerine işaretleyiniz. Her bir soru için sadece bir cevap işaretleyiniz.

1. Basit bir elektrik devresinde ampul parlaklığını etkileyen değişken türü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Bağımlı değişken B) Kontrol değişken C) Sabit değişken D) Bağımsız değişken

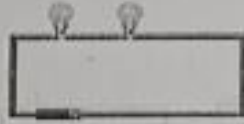
2.



Yukarıdaki elektrik devre şemasında kaç farklı devre eleman sembolü vardır?

- A) 2 B) 3 C) 4 D) 5

3.



Yukarıdaki basit elektrik devresine karşılık gelen devre şeması hangisidir?

- A) B) C) D)

4.

- I. Elektrik devresinde pilin konulduğu yerdir.
- II. Elektrik devresinde devre elemanlarını birbirine bağlar.
- III. Elektrik devresinde ampulün yanıp sönmesini sağlar.

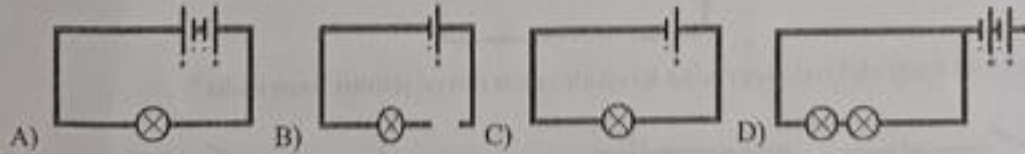
Yukarıda verilen devre elemanlarının görevleri, devre elemanları ile eşleştirildiğinde hangi devre elemanı açıkta kalır?

- A) Duy B) Pil yatağı C) Anahtar D) Bağlantı kablosu

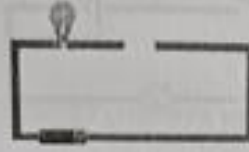
5. Basit elektrik devre elemanları ile yapılan bir deneyde ampul parlaklığının pil sayısına bağlı olduğu sonucuna ulaşıldığına göre, aşağıdaki bilgilerden hangisi doğrudur?

- A) Ampul parlaklığı bağımsız değişkendir B) Pil sayısı bağımsız değişkendir
C) Ampul sayısı bağımlı değişkendir D) Anahtar sayısı bağımlı değişkendir

6. Aşağıdaki özdeş devre elemanlarından oluşmuş elektrik devreleri kurulduğunda, hangisinin ampulü ısık verir?



7.



Yukarıdaki basit elektrik devresinde ampulün ışık vermemesinin nedeni ne olabilir?

A) Pilin olmaması

B) Bağlantı kablosunun kopmuş olması

C) Anahtarın olmaması

D) Duyun olması

8.



Yukarıda bir elektrik devresi verilmiştir.

Bu elektrik devresine aşağıdaki özdeş devre elemanlarından hangileri eklenirse ampul parlaklığı en fazla olur?

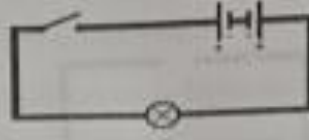
A)  , 

B)  , 

C)  , 

D)  , 

9.



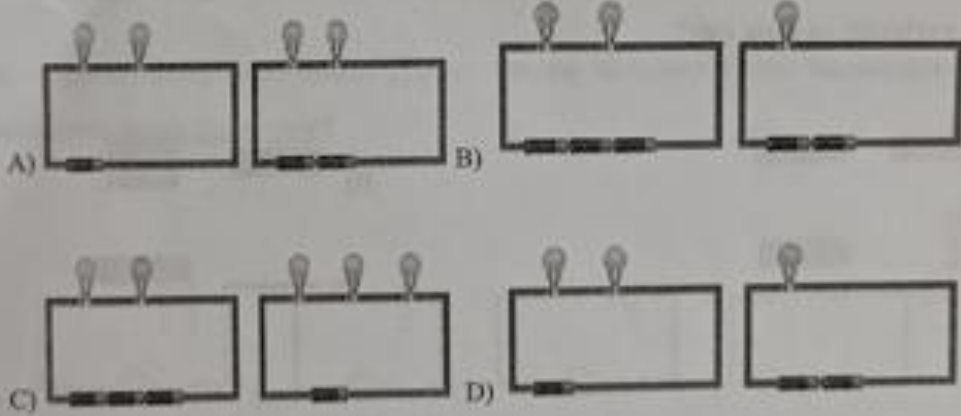
Yukarıda basit bir elektrik devre şeması verilmiştir.

Bu devre kurulduğunda ampulün ışık vermesi için aşağıdakilerden hangisinin yapılması gerekir?

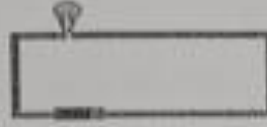
- A) Pillerden birini ters bağlayarak anahtarı açmak
- B) Anahtarlardan birini ters bağlayarak kapamak
- C) Anahtarlardan birini ters bağlayarak açmak
- D) Pillerden birini ters bağlayarak anahtarı kapamak

10. "Pil sayısının ampul parlaklığına etkisi vardır." hipotezini kuran Alper, hipotezindeki bağımsız değişkeni gözlemek istiyor.

Bu gözlem için aşağıdaki devre çiftlerinden hangisini kurmalıdır?



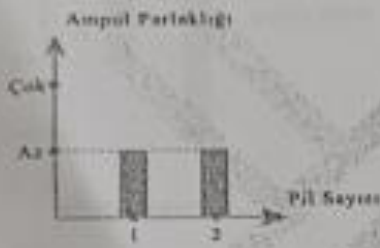
11.



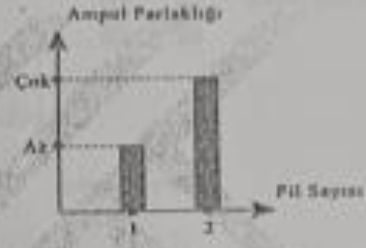
Yukarıda elektrik devresi verilmiştir.

Bu devreye bir tane daha pil bağlandığında devredeki ampul parlaklığının değişimini gösteren grafik aşağıdakilerden hangisi olabilir?

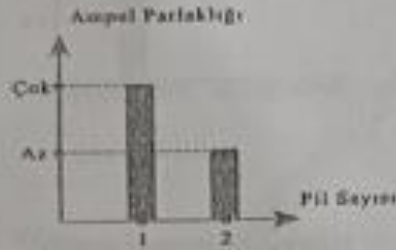
A)



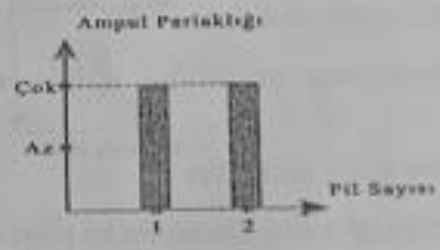
B)



C)



D)



12. Birer tane ampul, anahtar, pil ve bağlantı kablolarından oluşmuş bir masa üstü lambasının daha parlak ışık vermesi için,

I. Bir ampul daha eklenmeli

II. Bir pil daha eklenmeli

III. Bir anahtar ve bir ampul daha eklenmeli

yukarıdaki özdeş devre elemanlarından hangileri eklenmelidir?

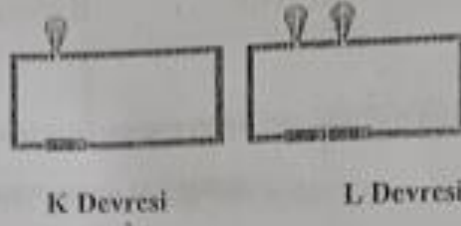
A) Yalnız I

B) Yalnız II

C) I - III

D) II - III

13.



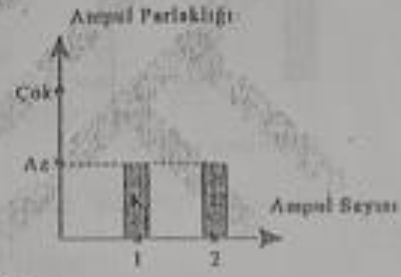
Yukarıda verilen elektrik devre elemanları özdeşdir.

Aşağıdaki grafiklerden hangisi K ve L devrelerinin ampul parlaklığı ve ampul sayıları arasındaki ilişkiyi gösterir?

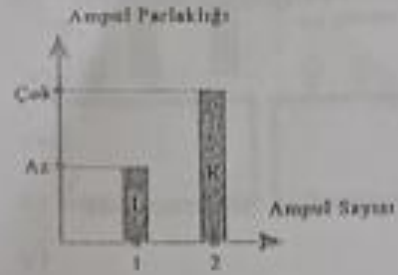
A)



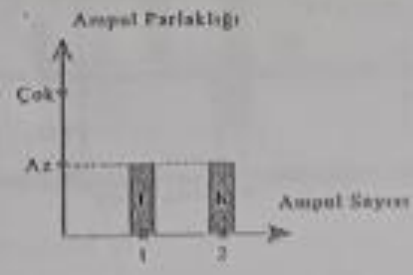
B)



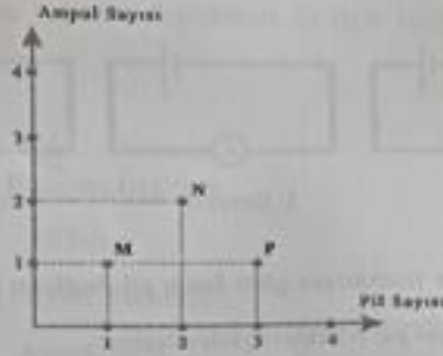
C)



D)



14.



Yukarıda M, N ve P devrelerine ait özdeş ampul ve pillerin sayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmiştir.

Aşağıdakilerden hangisi M, N ve P devrelerine ait ampullerin parlaklıkları arasındaki ilişkiyi gösterir?

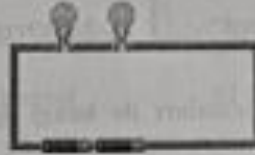
A) $N > M > P$

B) $M = P > N$

C) $P > M = N$

D) $N > P > M$

15.



Yukarıdaki elektrik devresine özdeş iki tane ampul ve iki tane pil daha eklenirse ampul parlaklığı nasıl değişir?

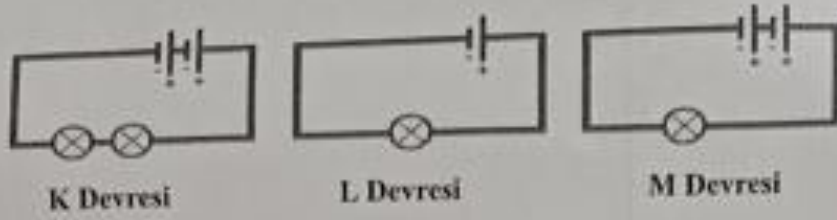
A) Ampul ışık vermez

B) Ampul parlaklığı artar

C) Ampul parlaklığı değişmez

D) Ampul parlaklığı azalır

16.



Yukarıda yer alan devre şemalarına göre özdeş pil, bağlantı kablosu ve ampullerle devreler kuruluyor. Ampul parlaklıkları gözlemleniyor.

Buna göre, K, L ve M devresindeki ampul parlaklıkları arasındaki ilişki aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

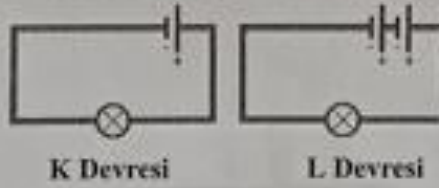
A) $K = M > L$

B) $M > K = L$

C) $M > K > L$

D) $K = L > M$

17.



Yukarıda verilen K ve L devre şemaları ile hangi değişkenler arasındaki ilişki gösterilebilir?

A) Pil ve ampul sayısı ile ampul parlaklığı arasındaki ilişki

B) Ampul sayısı ile ampul parlaklığı arasındaki ilişki

C) Anahtar sayısı ile ampul parlaklığı arasındaki ilişki

D) Pil sayısı ile ampul parlaklığı arasındaki ilişki

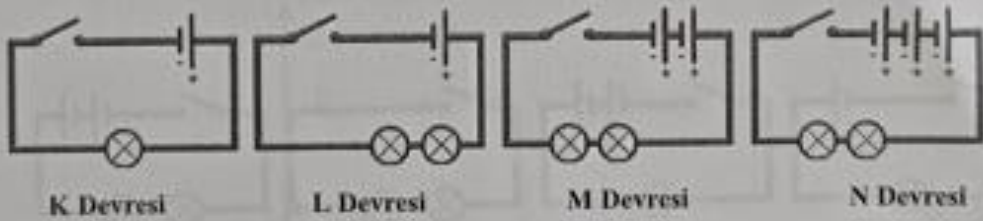
18. Basit bir elektrik devresinde ampul sayısı değiştirilip diğer devre elemanları sabit tutulduğunda, bağımlı ve bağımsız değişkenler ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangileri doğru olur?

Bağımlı Değişken

Bağımsız Değişken

- | | |
|---------------------|------------------|
| A) Ampul Parlaklığı | Pil Sayısı |
| B) Ampul Sayısı | Ampul Parlaklığı |
| C) Pil Sayısı | Ampul Sayısı |
| D) Ampul Parlaklığı | Ampul Sayısı |

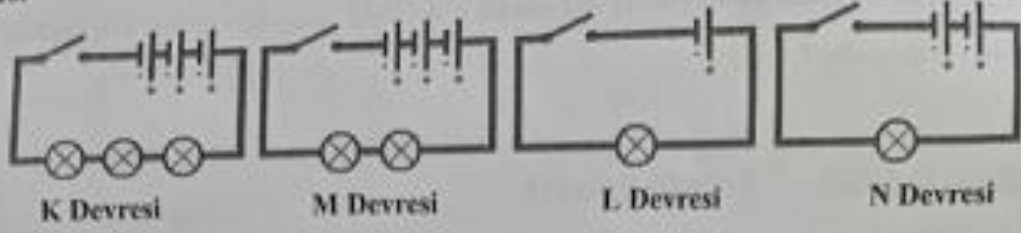
19. Efe, "Basit bir elektrik devresinde ampul sayısı sabit tutulurken pil sayısının değiştirilmesi ampul parlaklığını etkiler." hipotezinin doğruluğunu deney yaparak göstermek istemektedir.



Efe, hipotezinin doğruluğunu göstermek için yukarıdaki devre şemalarından hangi ikisine göre deney yapmalıdır?

- A) K - M B) M - N C) K - L D) K - N

20.



Yukarıda yer alan devre şemalarından hangileri ampul parlaklığının pil ve ampul sayısına bağlı olduğunu göstermek için önerilebilir?

- | | <u>Ampul parlaklığı</u>
<u>pil sayısına bağlı</u> | <u>Ampul parlaklığı</u>
<u>ampul sayısına bağlı</u> |
|----|--|--|
| A) | K-M | L-N |
| B) | L-N | K-M |
| C) | L-N | M-N |
| D) | K-N | L-M |

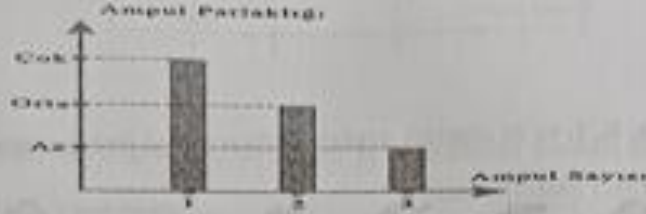
21.



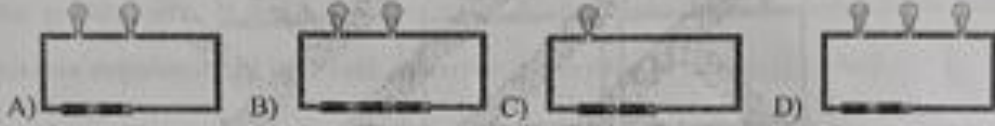
Naciye, basit bir elektrik devresinde pil sayısını sabit tutup ampul sayısını artırarak ampul parlaklığının değişimini bir deneyle göstermek istemektedir. Bunun için yukarıdaki devre şemalarından hangi ikisine göre deneyini yapabilir?

- A) K - M B) K - L C) L - N D) L - M

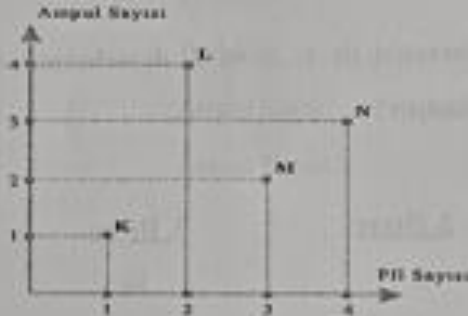
22. İkra, özdeş ampul, pil, bağlantı kablosu ve anahtarlarla üç elektrik devresi kurarak ampul sayısının ampul parlaklığına etkisini gözlemliyor. Gözlem sonuçlarına göre ampul parlaklığı ve ampul sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren aşağıdaki grafiği çiziyor.



İkra yukarıdaki grafiği çizebilmek için hangi elektrik devresini kurmuş olamaz?

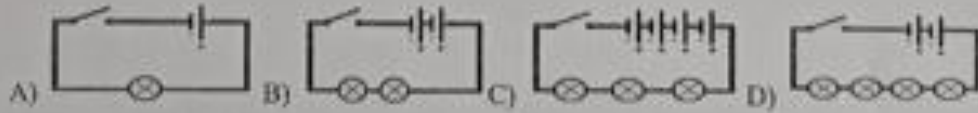


23.

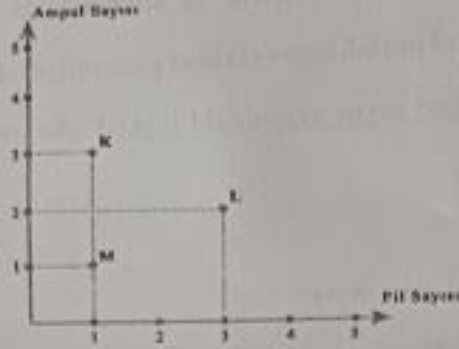


Yukarıda K, L, M ve N devrelerindeki özdeş pil ve ampul sayılarının arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmiştir.

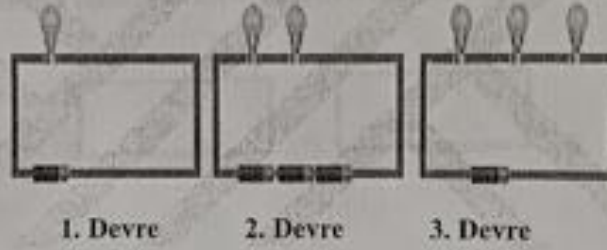
Aşağıdaki devre şemalarından hangisi bu grafikte yer alan devrelerden biri olamaz?



24.



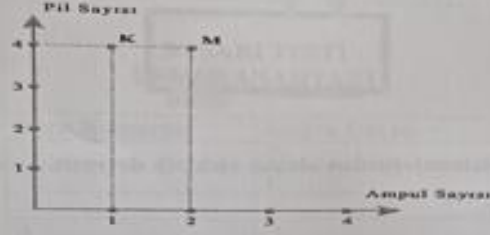
Yukarıdaki grafikte, K, L ve M elektrik devrelerinde yer alan özdeş ampul ve pillerin sayıları arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Buna göre, K, L ve M devreleri ile 1. 2. ve 3. devrelerinin eşleştirilmesi hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

	<u>1. Devre</u>	<u>2. Devre</u>	<u>3. Devre</u>
A)	K	L	M
B)	K	M	L
C)	M	K	L
D)	M	L	K

25.

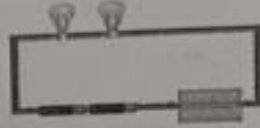


Yukarıda K ve M devrelerindeki özdeş pil ve ampullerin sayıları arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik verilmiştir.

Bu grafiğe göre, K devresi M devresine dönüştürürse bağımlı, bağımsız ve sabit tutulan değişkenler ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi doğru olur?

<u>Bağımlı değişken</u>	<u>Bağımsız değişken</u>	<u>Sabit tutulan değişken</u>
A) Parlaklık	Pil Sayısı	Ampul Sayısı
B) Ampul Sayısı	Parlaklık	Ampul Sayısı
C) Parlaklık	Ampul Sayısı	Pil Sayısı
D) Pil Sayısı	Ampul Sayısı	Pil Sayısı

26.



Şekildeki özdeş devre elemanlarından oluşan elektrik devresine göre yapılan deneyde,

- Bir ampul çıkarılıyor,
- Bir pil çıkarılıyor,
- Anahtar açılıyor,

işlemleri sırasıyla gerçekleştirilerek aşağıdaki durumlar meydana geliyor.

- Ampul parlaklığı azalıyor.
- Ampul parlaklığı artıyor.
- Ampul sönüyor.

Deneyde yapılan işlemler ve meydana gelen sonuçlar sırasıyla aşağıdaki seçeneklerden hangisinde en uygun şekilde eşleştirilmiştir?

- A) a-II, b-I, c-III B) a-I, b-II, c-III C) a-III, b-I, c-II D) a-II, b-III, c-I

EK 5. Elektrik Devre Elemanları Akademik Başarı Testi (Açık Uçlu Sorular)

Açıklama:

Soruları dikkatli okuyarak, cevaplarınızı soruların altına yazınız. Testteki tüm soruları okuyup, cevaplayınız.

1.



Resmi verilen elektrik devresinin ampulü ışık vermemektedir. Devrenin ışık vermesine engel olduğunu düşündüğünüz duruma yönelik bir sembol oluşturup açıklayınız.

2. Basit bir elektrik devresinde ampul parlaklığını etkileyen değişkenlerin neler olduğunu tahmin ederek tahminlerinize yönelik deney düzenekleri tasarlayınız.

3. İkra, yaptığı iki deney düzeneğinde ampul sayıları hariç tüm devre elemanlarını sabit tutuyor. Birinci deney düzeneğinde bir ampul bir pil kullanırken ikinci deney düzeneğinde ise iki ampul bir pil kullanıyor. Bu deney düzeneklerine göre İkra için doğru bir hipotez cümlesi oluşturun.

4. Bir tane pil, bir tane bağlantı kablosu ve bir tane ampul kullanarak ampulü ışık veren bir devre resmi oluşturunuz.

EK 6. Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği Kullanım İzni



EK 7. Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği

Ortaokul Öğrencilerine Yönelik Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği					
	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
	1	2	3	4	5
Yenilikçi Öz-yeterlik (Faktör 1)					
44. Karşılaştığım durumlarda akla uyan, mantıklı fikirler çıkarabilirim.					
46. Daha önce hiç kimsenin bilmediği bir şeyi tasarlamak beni mutlu eder.					
47. Yenilikçi olabilmek için yeni fikirler bulunması gerektiğine inanırım.					
48. Yenilikçi olabilmek için araştırma yapılması gerektiğine inanırım.					
49. Yenilikçi olabilmek için çok çalışılması gerektiğine inanırım.					
22. Derslerde yaratıcı faaliyetler içeren etkinliklerde başarılı olacağıma inanırım.					
23. Hayal gücümü kullanmamı gerektiren derslerde başarılı olacağıma inanırım.					
26. Başkalarının yapamadığı bir işi yapmak kendime olan güvenimi artırır.					
Yenilikçiliğe Açık Olma (Faktör 2)					
1. Yeni bir şeyler üretmeyi severim.					
4. Yeni bir ürün oluşturmaktan hoşlanırım.					
5. Bir ürüne yeni özellikler kazandırmak hoşuma gider.					
6. Yeni bir şey tasarlamak söz konusu olduğunda heyecanlanırım.					
7. Yaratıcı düşünmekten hoşlanırım.					
8. Yeni fikirler üretmek hoşuma gider.					
Yenilikçi Problem Çözme (Faktör 3)					
3. Problem çözmekten zevk alırım.					
9. Bir sorunun çözümünü için uğraşmaktan zevk alırım.					
14. Aynı şeyi birçok farklı yoldan yapmayı denerim.					
15. İnsanlara faydalı olmak için yeni ürünler geliştirmek isterim.					
17. Bir problemi çözmenin farklı yollarını ararım.					
Yenilikçi Azim (Faktör 4)					
52. Çok fazla engelle karşılaşsam dahi vazgeçmem.					
53. Hakkında çok şey bilmediğim problemler daha çok ilgimi çeker.					
54. Problemleri çözmek için yılmadan yeni yollar ararım.					
Yenilikçi Grup Liderliği (Faktör 5)					
24. Grup çalışmalarında liderlik rolünü üstlenirim.					
25. Grup halinde çalışırken arkadaşlarım benim düşüncelerim doğrultusunda hareket eder.					
37. Arkadaşlarım öneri almak için sık sık bana başvururlar.					

EK 8. STEM Algı Testi Kullanım İzni

6 Mart 2022

Merhaba hocam kullanabilirsiniz. Çalışmanızda kolaylıklar ve başarılar dilerim.

Gönderen: Handenur Caner Balıca

Gönderildi: 5 Mart 2022 Cumartesi 23:33

Kim:

Konu: Ölçek kullanım izni

Sayın hocam,

Ben Handenur CANER BALICA, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Öğretmenliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrencisiyim. Aynı zamanda fen bilimleri öğretmeni olarak bir devlet okulunda görev yapmaktayım.

Dr. Öğretim üyesi Yasemin HACIOĞLU danışmanlığında yürütmüş olduğum tez çalışmam kapsamında öğrencilerin STEM e yönelik kariyer ilgilerini ölçmek için Tyler-Wood,Knezek ve Christensen(2010) tarafından geliştirilen ve sizin tarafınızdan "STEM Kariyer İlgisi Ölçeği" olarak Türkiye'ye uyarlanan ölçeği kullanmama izin verebilirseniz ve uygulanabilir formunu da paylaşabilirseniz çok memnun olurum.

Saygılarımla

EK 9. STEM Algı Testi

STEM ALGI TESTİ

Bu anket bilimsel disiplinlerle ilgili algılarınızı değerlendirmek için hazırlanmıştır. Görüşünüze uygun olan sıfatı, derecesine göre karalayınız. Çok düşünmeden, ilk izlenim ile yanıt vermeniz en iyisidir. Cevaplarınız gizli kalacaktır.

Bana göre FEN;

1.	büyüleyici	1	2	3	4	5	6	7	sıradan
2.	zevkli	1	2	3	4	5	6	7	zevksiz
3.	heyecan verici	1	2	3	4	5	6	7	heyecansız
4.	anlamsız	1	2	3	4	5	6	7	çok anlamlı
5.	sıkıcı	1	2	3	4	5	6	7	ilgi çekici

Bana göre MATEMATİK;

1.	sıkıcı	1	2	3	4	5	6	7	ilgi çekici
2.	zevkli	1	2	3	4	5	6	7	zevksiz
3.	büyüleyici	1	2	3	4	5	6	7	sıradan
4.	heyecan verici	1	2	3	4	5	6	7	heyecansız
5.	anlamsız	1	2	3	4	5	6	7	çok anlamlı

Bana göre MÜHENDİSLİK;

1.	zevkli	1	2	3	4	5	6	7	zevksiz
2.	büyüleyici	1	2	3	4	5	6	7	sıradan
3.	anlamsız	1	2	3	4	5	6	7	çok anlamlı
4.	heyecan verici	1	2	3	4	5	6	7	heyecansız
5.	sıkıcı	1	2	3	4	5	6	7	ilgi çekici

Bana göre TEKNOLOJİ;

1.	zevkli	1	2	3	4	5	6	7	zevksiz
2.	anlamsız	1	2	3	4	5	6	7	çok anlamlı
3.	sıkıcı	1	2	3	4	5	6	7	ilgi çekici
4.	heyecan verici	1	2	3	4	5	6	7	heyecansız
5.	büyüleyici	1	2	3	4	5	6	7	sıradan

Bana göre fen, matematik, mühendislik veya teknoloji KARİYERİ (mesleği);

1.	anlamsız	1	2	3	4	5	6	7	çok anlamlı
2.	sıkıcı	1	2	3	4	5	6	7	ilgi çekici
3.	heyecan verici	1	2	3	4	5	6	7	heyecansız
4.	büyüleyici	1	2	3	4	5	6	7	sıradan
5.	zevkli	1	2	3	4	5	6	7	zevksiz

EK 10. Tersine Mühendislik Etkinlik Çalışma Kitapçığı

Aşağıdaki metni okuyarak cevaplayınız.



Atahan ve Melisa aynı odayı paylaşan iki kardeşir. Atahan uyumadan önce kitap okumayı çok sevmektedir. Fakat Melisa küçük olduğu için Atahan'dan önce uyumaktadır. Atahan gece lambasıyla kitap okurken kardeşi uyuduğunda gece lambasının parlaklığını değiştiremediği için kapatmak zorunda kalmaktadır. Atahan kitap okuması engellendiği için çok üzülmemektedir. Bu sorunu çözmek istemektedir. Ancak bu soruna çözüm bulabilmek için elindeki gece lambasında bazı değişiklikler yapmalıdır.

*Gece lambası kardeşi uyumadığı zamanlarda daha parlak ışık verip okumasını kolaylaştırmalıdır.

*Kardeşi uyumadığı zamanlarda ise okumasını sağlayacak şekilde daha az ışık vermelidir (Kardeşi uyurken ışığı rahatsız etmemelidir.)

*Taşınabilir özellikte olmalıdır.

*Parlaklığı değiştirilebilir olmalıdır.

*Atahan kendi gece lambasındaki devre elemanlarının yedeklerinden(benzerlerinden?)kullanıp sorununa çözüm bulmaya çalışacaktır.

Sizlerden bir mühendis olarak yardım etmeniz beklenmektedir.

* Atahan'ın sorunu nedir?

* Atahan'ın bu sorununu çözmek için ona nasıl yardım edebilirsiniz?

Siz bir mühendis olarak Atahan'a yardım edeceksiniz.

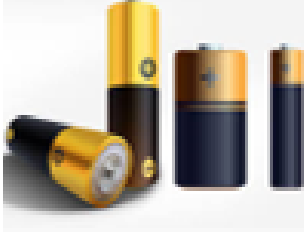
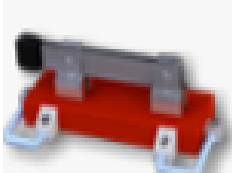
Bu gibi durumlarda mühendisler aşağıdaki süreci takip ederler.

O halde mühendisler gibi çalışalım.



1. Atahan'ın problemi için nasıl bir çözüm, nasıl bir tasarım gerekir?

2. Atahan'ın gece lambasının nasıl çalıştığını öğrenebilmek için çizelim. Gece lambasının içindeki devre elemanlarını tanıyalım.

Devre elemanı resmi	Devre elemanı ismi	Devre elemanı sembolü	Devre elemanının görevi
	Pil		
	Amperul		
	Açık anahtar		
	Kapalı anahtar		
	Bağlantı kablolu		

3. Öğrendiğimiz devre elemanlarını kullanarak Atahan'ın gece lambasının devre şemasını çizelim.

4. Atahan'ın gece lambasından daha parlak veya daha sönük yanan lambaları inceleyelim. Devre şemalarını çizelim.

Daha parlak yanan gece lambası	Daha sönük yanan gece lambası

5. Bu devre şemalarının Atahan'ın gece lambasından farkı nedir? Atahan'ın gece lambasının parlaklığını değiştirebilmesi için hangi değişiklikleri yapması gerekir?

6. Ampul sayısının değişmesi ampul parlaklığını nasıl değiştirir? Deney yapalım.

Hipotez :

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken	Kontrol edilen değişken

Araç gereçler:

Deneyin yapılışı:

Devre şemalarını çiziniz.

Deneyin sonucunu açıklayınız.

7. Pil sayısının değişmesi ampul parlaklığını nasıl değiştirir? Deney yapalım.

Hipotez :

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken	Kontrol edilen değişken

Araç gereçler:

Deneyin yapılışı:

Devre şemalarını çiziniz.

Deneyin sonucunu açıklayınız.

8. Atahan'a çözüm olması için gece lambasında nasıl bir değişiklik yapacaksınız?

9. Çözüm önerilerinizin devre şemalarını çizin.

Çözüm önerisi 1

Çözüm önerisi 2

Çözüm önerisi 3

10. Grup olarak çizdiğiniz devre şemalarından birini Atahan için seçiniz. Seçtiğiniz devre şemasını çizin.

Tasarım çiziminiz

11. Çizdiğiniz devre şemasına uygun gece lambasını tasarlayınız.

12. Tasarladığınız gece lambası Atahan'ın sorununu çözüyor mu? Test ediniz.

13. Tasarladığınız gece lambasını arkadaşlarınıza sununuz.



EK 11. Veli Onay Formu

VELİ ONAY FORMU

Sayın Veli;

Çocuğunuzun katılacağı bu çalışma, "Tersine Mühendislik Uygulamalarının 5.Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına, Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine ve Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi" adıyla, 10/05-17/06/2022 tarihleri arasında yapılacak bir araştırma uygulamasıdır.

Araştırmanın hedefi 'Tersine Mühendislik Uygulamalarının 5.Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına, Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine ve Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi'ni araştırmaktır.

Araştırma Uygulaması: Akademik Başarı Testi, Yenilikçi Düşünme Eğilimi Ölçeği, STEM Kariyer İlgisi Ölçeği, Açık Uçlu Test, Yenilikçi Düşünme Eğilimine Yönelik Soru Formu, Mühendislik Kariyerine Yönelik Soru Formu şeklindedir.

Araştırma T.C. Milli Eğitim Bakanlığı'nın ve okul yönetiminin de izni ile gerçekleştirilmektedir. Araştırma uygulamasına katılım tamamıyla gönüllülük esasına dayalı olmaktadır. Çocuğunuz çalışmaya katılıp katılmamakta özgürdür. Araştırma çocuğunuz için herhangi bir istenmeyen etki ya da risk taşımamaktadır. Çocuğunuzun katılımı tamamen **sizin isteğinize bağlıdır**, reddedilebilir ya da herhangi bir aşamasında ayrılabilirsiniz. Araştırmaya katılmamama veya araştırmadan ayrılma durumunda öğrencilerin akademik başarıları, okul ve öğretmenleriyle olan ilişkileri etkilemeyecektir.

Çalışmada öğrencilerden kimlik belirleyici hiçbir bilgi istenmemektedir. Cevaplar tamamıyla gizli tutulacak ve sadece araştırmacılar tarafından değerlendirilecektir.

Uygulamalar, genel olarak kişisel rahatsızlık verecek sorular ve durumlar içermemektedir. Ancak, katılım sırasında sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden çocuğunuz kendisini rahatsız hissederse cevaplama işini yarıda bırakıp çıkmakta özgürdür. Bu durumda rahatsızlığın giderilmesi için gereken yardım sağlanacaktır. Çocuğunuz çalışmaya katıldıktan sonra istediği an vazgeçebilir. Böyle bir durumda veri toplama aracını uygulayan kişiye, çalışmayı tamamlayacağını söylemesi yeterli olacaktır.

Onay vermeden önce sormak istediğiniz herhangi bir konu varsa sormaktan çekinmeyiniz. Çalışma bittikten sonra bizlere telefon veya e-posta ile ulaşarak soru sorabilir, sonuçlar hakkında bilgi isteyebilirsiniz. Saygılarımızla,

Araştırmacı: Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi, Öğretmen Handenur CANER BALICA

Araştırmacı: Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi, Öğretmen Handenur CANER BALICA

Velisi bulunduğum _____ sınıfı _____ numaralı öğrencisi _____

_____’in yukarıda açıklanan araştırmaya katılmasına izin veriyorum.

(Lütfen formu imzaladıktan sonra çocuğunuzla okula geri gönderiniz*).

____/____/____

İsim-Soyisim, İmza

Veli Adı-Soyadı:

Telefon Numarası:

EK 12. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi, Giresun Üniversitesi Etik Kurulu'ndan __/__/__ tarih __ sayı ile izin alınan* ve Handenur CANER BALICA tarafından yürütülen "Tersine mühendislik uygulamalarının 5.sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, yenilikçi düşünme eğilimlerine ve mühendislik kariyer ilgilerine etkisi" başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır. Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır.

ARASTIRMANIN ADI (ÇALIŞMANIN AÇIK ADI)

Tersine Mühendislik Uygulamalarının 5.Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına, Yenilikçi Düşünme Eğilimlerine ve Mühendislik Kariyer İlgilerine Etkisi

Bu araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını, bilgilerinizin nasıl kullanılacağına, çalışmanın neleri içerdiğini ve yararlarını anlamanız önemlidir.

BU ÇALIŞMAYA KATILMAK ZORUNDA MIYIM?

Bu araştırmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Eğer çalışmaya katılmaya karar vererseniz size bu "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" verilecektir. Katılmaya karar vererseniz, çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Eğer isterseniz sizi çalışmaya katılmanızla ilgili olarak araştırma gönüllüsü Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi Öğretmen Handenur CANER BALICA bilgilendirecektir.

ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:

Araştırma sürecinde sizden hiçbir şekilde isim ve özel bilgiler alınmayacaktır. Öğreticilere uygulanacak anket kapsamında talep edilmesi durumunda katılımcılara konuya ilişkin bilgilere verilecektir.

KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?

Bu form size yazılı olarak gönderilecek ve sizden gönüllülük esasına göre bu formu doldurmanız istenecektir. Araştırmanın sonuçları bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. İlginizden dolayı teşekkür ederim.

ARASTIRMA SÜRESİNCE 24 SAAT ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:

Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi
Handenur CANER BALICA

ÖZGEÇMİŞ

Handenur CANER BALICA, ilk, orta ve lise eğitimini İzmir ilinde tamamladı. 2007 yılında Buca Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesinden mezun oldu. 2008 yılında başladığı Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü'nü 2012 yılında bitirdi. 2012 yılı eylül ayında Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı Sakarya Ortaokulu'nda fen bilgisi öğretmeni olarak görev yapmaya başladı. Halen Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı Şehit Tarık Aydemir Yatılı Bölge Ortaokulu'nda fen bilgisi öğretmeni olarak görev yapmaktadır. 2021 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Uluslararası 18 – 21 Mayıs 2023 tarihinde online olarak düzenlenen 4. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi (FMGTEK 2023)'nde "Tersine Mühendislik Etkinliği "Gece Lambası Tasarlayalım"" başlıklı STEM etkinliği çalışmasını sözlü bildiri şeklinde sunmuştur.