

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAOKUL DÜZEYİNDE UÇAK MÜHENDİSLİĞİ TASARIM
ÜNİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ: MÜHENDİSLİK TASARIM
SÜREÇ BECERİLERİNİN VE KAVRAMSAL ÖĞRENMELEİN
İZLENMESİ

Merve ARIK ERDİN

DOKTORA TEZİ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Fen Bilgisi Eğitimi Programı

Danışman

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

Haziran, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORTAOKUL DÜZEYİNDE UÇAK MÜHENDİSLİĞİ TASARIM
ÜNİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ: MÜHENDİSLİK TASARIM SÜREÇ
BECERİLERİNİN VE KAVRAMSAL ÖĞRENMELEİN İZLENMESİ**

Merve ARIK ERDİN tarafından hazırlanan tez çalışması 24.06.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ünsal UMDU TOPSAKAL, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hatice MERTOĞLU, Üye

Marmara Üniversitesi

Prof.Dr. İbrahim ERDOĞAN, Üye

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi

Prof.Dr. Mustafa ARSLAN, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi: Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerinin Ve Kavramsal Öğrenmelerin İzlenmesi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Merve ARIK ERDİN

İmza



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün SDK-2019-3669 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

“İnsanların bilim ve teknoloji hakkında çok az bilgi sahibi olduğu bir toplumda bilim ve teknolojiye son derece bağımlı bir halde yaşıyoruz.”

Carl Sagan

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince akademik bilgi ve deneyimi ile bana destek olan, tüm soru ve görüşlerimi heyecanla dinleyen, başarıları ile örnek aldığım, her başarıyı bir sonraki için teşvik olarak gören, çalışmayı hayat felsefesi haline getirmiş değerli tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez izleme komitesinde yer alarak çalışmama görüş ve önerileriyle katkı sunan Prof. Dr. Ünsal Umdu TOPSAKAL'a ve Doç. Dr. Hatice MERTOĞLU'na; tez jürimde yer alan Prof. Dr. İbrahim ERDOĞAN ve Prof. Dr. Mustafa ARSLAN'a; doktora öğrenimim sırasında akademik çalışma adına çok değerli bilgiler kazanmamı sağlayarak gelişimime destek olan Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı öğretim üyelerine, doktora yapmam için beni motive eden değerli hocam ve yüksek lisans tez danışmanım Prof. Dr. Behiye AKÇAY'a, etkinlik ve ölçme araçlarım için uzman görüşü sunan ve doktora sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen Dr. Öğretim Görevlisi Ayşe ÇİFTÇİ'ye, tez çalışmamın dil kontrollerini gerçekleştiren değerli arkadaşım ve Türkçe Öğretmeni Duygu AYDIN GÖNÜL'e ayrıca teşekkür ederim. Çocukluğumdan beri aşıladıkları özgüven ve başarabileceğim inancı ile bugünlere gelmemi sağlayan babam Cemal ARIK ve annem Canan ARIK'a, hayatımın her döneminde olduğu gibi doktora sürecimde de beni cesaretlendiren, motivasyonumu diri tutmamda destek olan kardeşim Burak ARIK'a, gerek akademik gerekse manevi desteği ile sürecimi kolaylaştıran, varlığı ile yaşamımı renklendiren biricik eşim Yaşar ERDİN'e, uygulama sürecine gönüllü olarak katılan, süreç boyunca duydukları heyecan ve coşku ile çalışmamın en değerli dönütünü veren sevgili öğrencilerime ve son olarak karanlık bir dünyada bilimin mum ışığına tutunan tüm bilim insanlarına teşekkür ederim.

Merve ARIK ERDİN

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Orijinal Katkı.....	4
1.4 Sayıtlar	7
1.5 Sınırlılıklar	7
1.6 Tanımlar	8
2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE	9
2.1 21. Yüzyıl, Teknoloji ve Mühendislik.....	9
2.1.1 21. Yüzyıl İş Gücü ve Teknoloji.....	9
2.1.2 21. Yüzyıl ve Mühendislik.....	11
2.1.3 Mühendislik ve 21. yy Becerileri.....	13
2.2 Mühendislik ve Bilim.....	14
2.3 K-12 Düzeyinde Mühendislik Eğitimi	16
2.3.1 Mühendisliğin Fen Eğitime Entegrasyonuna Yönelik Tarihi Süreç	16
2.3.2 K-12 Düzeyinde Mühendislik Eğitimi.....	20
2.3.3 Mühendislik Tasarım Temelli Ünite Geliştirme Çalışmaları.....	22
2.4 Mühendislik Tasarımı.....	26
2.4.1 Mühendislik Tasarım Süreci	26
2.4.2 Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri.....	31

2.5	Mühendislik Tasarımı ve Kavramsal Öğrenmeler	40
2.5.1	Uçak Mühendisliği Kavramları ve Öğretimi	43
3	YÖNTEM	47
3.1	Araştırma Modeli	47
3.2	Araştırma Tasarımı.....	50
3.2.1	Yapının Seçilmesi ve Tanımlanması.....	52
3.2.2	İddiaların Oluşturulması ve Delillerin Tanımlanması.....	53
3.2.3	Tasarım Görevleri.....	56
3.2.4	Ürünlerin Gözden Geçirilmesi.....	57
3.3	Ünitenin Geliştirilmesi.....	58
3.4	Veri Toplama Araçları	65
3.4.1	Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi	65
3.4.2	Mühendislik Günlüğü	69
3.4.3	Odak Grup Görüşmesi	72
3.5	Çalışma Grubu	75
3.6	Uygulama Süreci.....	77
4	VERİ ANALİZİ	79
4.1	Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testinin Analizi	79
4.2	Mühendislik Günlüğünün Çözümlemesi.....	89
4.3	Odak Grup Görüşmelerinin Çözümlemesi	92
5	BULGULAR	94
5.1	Uçuş Prensipleri Kavramsal Öğrenmelerine İlişkin Bulgular	94
5.1.1	Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular	95
5.1.2	Hava basıncı kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular.....	97
5.1.3	Kuvvet ve ağırlık ilişkisi kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular.....	99
5.1.4	İtme kuvveti kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular	101
5.1.5	Hava direnci kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular.....	103

5.2 Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerine İlişkin Bulgular.....	105
5.2.1 Problemin Belirlenmesi Aşamasına Yönelik Bulgular	105
5.2.2 Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi Aşamasına Yönelik Bulgular ...	111
5.2.3 Tasarım Ürününün Geliştirilmesi Aşamasına Yönelik Bulgular ...	115
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	121
6.1 Tartışma.....	121
6.1.1 Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi	121
6.1.2 Kavramsal Öğrenmeler	126
6.1.3 Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri.....	137
6.2 Sonuç.....	146
6.3 Araştırmanın Sınırlılıkları ve Öneriler	148
KAYNAKÇA	151
A UÇAK MÜHENDİSLİĞİ TASARIM ÜNİTESİ DERS PLANLARI	174
B ÖĞRENCİ MÜHENDİSLİK GÜNLÜĞÜ	197
C UÇUŞ PRENSİPLERİ AÇIK UÇLU KAVRAM TESTİ	253
D ODAK GRUP GÖRÜŞMESİ FORMU	261
E ÖĞRENCİ MÜHENDİSLİK GÜNLÜĞÜ RUBRİĞİ	262
F RESMİ İZİN	265
G UYGULAMA SÜRECİ GÖRSELLERİ	266
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	267

KISALTMA LİSTESİ

AAAS	American Association for the Advancement of Science
ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
ADDIE	Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation
ATC21S	Assessment and Teaching of 21st Century Skills
EIE	Engineering is Elementary
IBED	Inquiry By Engineering Design
ITEA	International Technology Education Association
MDOE	Massachusetts Department of Education
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
NAE	National Academy of Engineering
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEE	Ulusal Eğitimde Mükemmellik Komisyonu
NGSS	Next Generation Science Standards
NRC	National Research Council
NRC	National Research Council
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Endüstri devrimi tarihsel süreci.....	11
Şekil 2.2 Mühendislik tasarımı ve fen öğrenme	41
Şekil 3.1 Yapı merkezli tasarım süreci	51
Şekil 3.2 Mühendislik tasarım süreci ekseninde yapılandırılacak fen öğretimi ...	58
Şekil 3.3 Uçak mühendisliği tasarım ünitesi etkinlik çizelgesi.....	63
Şekil 3.4 Mühendislik tasarım süreci	71
Şekil 5.1 Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar	96
Şekil 5.2 Hava basıncı kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar	98
Şekil 5.3 Kuvvet ve ağırlık ilişkisi kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar	100
Şekil 5.4 İtme kuvveti kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar....	102
Şekil 5.5 Hava direnci kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar ...	104
Şekil 5.6 Problemin belirlenmesi süreç becerilerine yönelik ortalama puanlar.	107
Şekil 5.7 Tasarım çözümlerinin üretilmesi süreç becerilerine yönelik ortalama puanlar	112
Şekil 5.8 Tasarım ürününün geliştirilmesi aşamasına yönelik ortalama puanlar	116
Şekil 5.9 Mühendislik tasarım süreç becerileri öğrenci toplam ortalama puanları	119
Şekil 5.10 Rubrik maddelerinin süreç boyunca ortalama puan değişimi	120

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Bilim ve mühendislik arasındaki ilişkilerin değişkenlerce incelenmesi.....	15
Tablo 2.2 Mühendislik tasarım süreç basamakları	28
Tablo 2.3 Mühendislik tasarım aşamaları ve ilgili işlemler.....	32
Tablo 2.4 Mühendislik tasarım süreci ve temel gereklilikleri	38
Tablo 3.1 Fen bilimleri konu içerikleri ve uçuş prensipleri ilişkili başlıklar	52
Tablo 3.2 Mühendislik tasarım aşamaları ve yürütülen işlemler	53
Tablo 3.3 Kavramsal öğrenmelere ilişkin öğrenme performansları.....	54
Tablo 3.4 Mühendislik tasarım süreç becerileri performansının tanımlanması...56	
Tablo 3.5 Fen bilimleri kazanımları ve belirlenen mühendislik görevleri	60
Tablo 3.6 Etkinlik planı şablonu	61
Tablo 3.7 Ünite ile ilgili görüş bildiren uzmanlar ve görüş kapsamı.....	64
Tablo 3.8 Veri toplama araçları uygulama süreci.....	65
Tablo 3.9 Uçuş prensipleri ile ilgili açık uçlu sorulara ilişkin belirtke tablosu	66
Tablo 3.10 Açık uçlu sorular uzman bilgileri ve inceleme kapsamı	67
Tablo 3.11 Açık uçlu sorularla ilgili uzman görüşleri ve gerçekleştirilen değişiklikler	68
Tablo 3.12 Öğrencilere ve öğretmene ait demografik bilgiler	77
Tablo 3.13 Araştırma süreci zaman çizelgesi ve gerçekleştirilen etkinlikler	78
Tablo 4.1 Birinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	79
Tablo 4.2 İkinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	80
Tablo 4.3 Üçüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	81
Tablo 4.4 Dördüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	81
Tablo 4.5 Beşinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	82

Tablo 4.6	Altıncı açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	82
Tablo 4.7	Yedinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	83
Tablo 4.8	Sekizinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	83
Tablo 4.9	Dokuzuncu açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	84
Tablo 4.10	Onuncu açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	84
Tablo 4.11	On birinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	85
Tablo 4.12	On ikinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	85
Tablo 4.13	On üçüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	86
Tablo 4.14	On dördüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama	86
Tablo 4.15	On beşinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama.....	87
Tablo 4.16	Mühendislik tasarım aşamaları ve ilgili rubrik maddeleri.....	89
Tablo 5.1	Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular	95
Tablo 5.2	Hava basıncı kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular	97
Tablo 5.6	Problemin belirlenmesine yönelik bulgular	106
Tablo 5.7	Mühendislik tasarımında problemin belirlenmesi konusunda öğrenci görüşleri.....	107
Tablo 5.9	Kriter ve sınırlılıkların belirlenmesine yönelik öğrenci görüşleri.....	109
Tablo 5.10	Araştırmaya yönelik öğrenci görüşleri.....	110
Tablo 5.11	Tasarım çözümlerinin üretilmesine yönelik bulgular.....	111
Tablo 5.12	Tasarım çözümlerinin üretilmesi ve öğrenci görüşleri.....	113
Tablo 5.13	Olası çözüm önerileri üretmeye yönelik öğrenci görüşleri.....	113
Tablo 5.14	En iyi çözümün seçilmesine yönelik öğrenci görüşleri.....	114
Tablo 5.15	Tasarım ürününün geliştirilmesine yönelik bulgular	115
Tablo 5.16	Nihai tasarım ürününün geliştirilmesi ve öğrenci görüşleri	116

Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi: Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerinin ve Kavramsal Öğrenmelerin İzlenmesi

Merve ARIK ERDİN

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

Araştırmada, mühendislik tasarımına dayalı “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” ni geliştirmek ve üniteyi içerdiği fen kavramlarının öğrenimi ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimine etkisi bakımından incelemek amaçlanmıştır. Ünite literatürde yer alan bilgiler doğrultusunda araştırmacı tarafından geliştirilmiş, uzman görüşleri alınarak yeniden düzenlenmiştir. Ardından öğretim ortamında uygulanarak kavramsal öğrenmelere ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimine etkisi incelenmiştir. Araştırma, 20 ortaokul sekizinci sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiş, araştırma süreci tasarım tabanlı araştırmalardan yapı merkezli model kullanılarak tasarlanmıştır. Veri toplama araçları; kavramsal öğrenmeleri izlemek için ön ve son uygulama olarak kullanılan uçuş prensipleri açık uçlu kavram testi, mühendislik tasarım süreç becerilerini izlemek için ise, öğrenci mühendislik günlüğü ve odak grup görüşme soruları olarak belirlenmiştir. Ünitenin uygulanması sonucunda, öğrencilerin ünite kapsamında yer alan ve uçuş prensiplerini açıklamada kullanılan ‘hava basıncı, itme kuvveti, dengelenmiş ve

dengelenmemiş kuvvetler, hava direnci, kuvvet ve ağırlık ilişkisi' kavramları ile ilgili öğrenmelerinin geliştiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ünitedeki dört mühendislik tasarım süreci boyunca öğrencilerin tasarım süreç beceri düzeylerinin kullanılan rubrik doğrultusunda geliştiği tespit edilmiştir. Odak grup görüşmelerinde öğrenciler, mühendislik tasarım sürecine ilişkin bu gelişimi destekleyen açıklamalar sunmuşlardır. Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uçuş prensipleri ile ilgili fen kavramlarının öğreniminde ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişiminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmanın bir mühendislik alanı özelinde fen kavramlarını bir araya getiren özgün bir ünite modeli ortaya koyması, kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerilerine ilişkin detaylı analizler gerçekleştirilmesi bakımından fen eğitimci ve araştırmacılarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mühendislik tasarımı, uçak mühendisliği, kavramsal öğrenmeler, mühendislik tasarım süreç becerileri, K-12 düzeyinde mühendislik tasarım ünitesi

Development of Aircraft Engineering Design Unit at Middle School Level: Monitoring of Design Process Skills and Conceptual Development

Merve ARIK ERDİN

Department of Mathematics and Science Education

Doctor of Philosophy Thesis

Advisor: Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

The present study aims to develop an "Aircraft Engineering Design Unit" based on engineering design and to examine the unit in terms of its impact on the learning of science concepts and engineering design process skills. The unit was developed by the researcher in line with the scholarship in the literature, and rearranged by receiving expert opinions. Then, its effects on conceptual learning and the development of engineering design process skills were examined by applying it in a classroom setting. The study was carried out with 20 middle school eighth grade students, and it was designed using the construct-centred design out of the design-based research models. The data collection tools were the open-ended questions on flight principles, which were used during pre- and post-implementation to monitor conceptual learning, and the students' engineering notebooks and the focus group interview questions, which aimed to monitor engineering design process skills. Following the implementation process, it was found that the students' learning about the concepts of "air pressure, thrust force, balanced and unbalanced forces, air resistance, and relationship between force and weight", which were included in the unit and used in explaining flight principles, improved.

It was also found that during the four engineering design processes in the unit, the students' design process skill levels improved in accordance with the rubric adopted. In the focus group interviews, the students provided explanations supporting this improvement regarding the engineering design process. It was concluded that the Aircraft Engineering Design unit proved effective in the learning of science concepts related to flight principles and in the improvement of engineering design process skills. It is believed that this study will guide science educators and researchers, as it presents an original unit model that brings together science concepts in an engineering field, and involves detailed analyzes on conceptual learning and engineering design process skills.

Keywords: Engineering design, aircraft engineering, conceptual learning, engineering design process skills, K-12 level engineering design unit

1.1 Literatür Özeti

Eğitimciler ve politika yapıcılar, yirmi birinci yüzyılın gerektirdiği istihdamı ve yetişmiş nitelikli insan gücünü karşılamak için mühendislik disiplininin K-12 sınıflarının bir parçası olması gerektiği konusunda uzlaşmıştır (Berland, Steingut, & Ko, 2014; Çepni, 2018). Bu durum, K-12 düzeyinde artan mühendislik eğitim programları geliştirme çalışmaları ve araştırmaları (örn.; Ercan, 2014; Hollers, 2016; Lachapelle & Cunningham, 2007; Rogers & Portsmore, 2004) ile mühendisliğin K-12 eğitim programlarına dâhil edilmesini savunan farklı ulusal politika belgelerinde açıkça görülmektedir (MEB, 2018a; NAE & NRC, 2014; NGSS, 2013). Mühendislik tasarım sürecinin fen öğretim ortamlarıyla bütünleşmesi, öğrencilerin K-12 düzeyinde fen kavramlarını uygulamalı öğrenmeleri ve mühendislik süreçlerini deneyimlemeleri için de fırsatlar sunmaktadır (NRC, 2009). Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda da yer verilen mühendislik tasarım yaklaşımına yönelik ulusal ve uluslararası düzeyde öğretim programı geliştirme çalışmaları kısıtlıdır. Geleneksel sınıflarda mühendislik aktiviteleri eksik ve öğrenciler mühendislik deneyiminden mahrumdur (Moreno vd., 2016). Mühendislik etkinlikleri planlamak öğretmenler için genellikle zorlu ve karmaşık olarak algılanmakta (Cunningham & Carlsen, 2014); çoğunlukla ünite sonu projeleri olarak kullanılmaktadır (Crotty vd., 2017). Mühendislik tasarım süreçlerinin ünitenin başlangıcından sonuna dek tamamında yer aldığı, esnek ve çapraz müfredatlar arası ünite çalışmalarının gerçekleştirilmesine, fen kavramları ve mühendislik süreçlerini öğretmedeki etkililiği (Daugherty, 2010) nedeniyle daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Cunningham & Carlsen, 2014). Gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde bu yaklaşımla ortaya konulan ünite çalışmalarının, mevcut örnek model

gereksinimlerini karşılayarak; mühendisliğin fen eğitimi ile bütünleştirilmesi sürecinde istenilen yaygınlaştırmayı sağlamaya katkı sunacağı düşünülmektedir.

K-12 eğitiminde mühendislik tasarımı, *“bir sistem tasarlama, deney tasarlama ve deney yapma, çok disiplinli takımlarda çalışma ve mühendislik problemlerini tanımlama, formüle etme ve çözme”* becerisine sahip öğrenciler yetiştirmeyi amaçlamaktadır (Khalaf, Balawi, Hitt, & Radaideh, 2013). Bu amaçla birçok kurum ve araştırmacı tarafından mühendislik tasarım sürecinin aşamaları sıralanmış (örn. Brunsell, 2012; Daugherty & Custer, 2003; Hynes vd., 2011; Mentzer, 2011; Wendell vd., 2010) ve üç ortak aşamada görüş birliği olduğu görülmüştür. Bunlar, problemin belirlenmesi, tasarım çözümlerinin üretilmesi ve nihai tasarım ürününün geliştirilmesidir. Bu aşamaların etkili yürütülebilmesi için öğrencilerin sahip olması gereken bilgi ve becerileri, mühendislik tasarım süreç becerileri olarak ifade edilmektedir. Mühendislik tasarım yaklaşımının önemli hedeflerinden biri, öğrencilerin mühendislikle ilgili bu becerilerini geliştirmektir (NAE & NRC, 2009). Söz konusu becerilerin öğrencilerin dönüşen dünyaya uyumu için öğretim ortamlarında desteklenmesi gerekmektedir (Kolodner vd., 2003; Leonard & Derry, 2011). Nitekim bu beceriler, 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı ile “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” başlığı altında *“ülkemin bilimsel araştırma ve teknolojik gelişme kapasitesini, sosyoekonomik kalkınmasını ve rekabet gücünü arttırmak için öğrencilerin fen ve mühendislik uygulamalarını deneyimlemeleri”* (s.10) amacı doğrultusunda fen bilimleri derslerine dâhil edilmiştir (MEB, 2018a). Mühendislik tasarım yaklaşımının önemli bir hedefi olan bu becerilerin gelişimi, geliştirilen ünitelerin etkinliğini ortaya koyabilmek için önem taşımaktadır. Ancak öğrencilerin tasarım sürecine ilişkin anlayışlarını ve bu anlayışların değişimini inceleyen mevcut araştırma sayısı yetersizdir (Zhou vd., 2017) ve mühendislik tasarımına dayalı ünite çalışmalarında bu beceriler göz ardı edilmektedir. Bunun yanı sıra, mühendislik tasarımı ile yürütülen öğretim ortamlarında gerek aksaklıkları ve güçlü yanları ortaya koyabilmek gerekse öğrencilerin mühendislik sürecine ilişkin anlayışlarını derinlemesine inceleyebilmek için bu kapsamda geliştirilen çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

K-12 düzeyinde tüm ders öğretim programlarında olduğu gibi fen bilimleri öğretim programlarının da temel hedeflerinden biri içerdiği soyut ve somut kavramların öğrenimini sağlamaktır (NGSS, 2013). Dolayısıyla mühendislik tasarım yaklaşımının fen kavramsal öğrenmelerine etkisi de literatürde tartışılan bir konudur. Mühendislik tasarım yaklaşımı birçok araştırmada fen kavramlarının öğrenimini destekleyici bir yaklaşım olarak önerilmektedir (Apedoe, Reynolds, Ellefson, & Schunn, 2008; Boesdorfer & Greenhalgh, 2014; Doppelt, Mehalik, Schunn, Silk, & Krysinski, 2008; Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000; Kolodner, 2002; Kolodner vd., 2003; Park, Park, & Bates, 2018; Purzer, Goldstein, Adams, Xie, & Nourian, 2015; Schnittka & Bell, 2011; Wendell & Rogers, 2013). Etkili bir mühendislik tasarım süreci için de kavramsal öğrenmelere yer verilmesi gerekmektedir (Berland & Steingut, 2016). İlişkili kavramların bir arada öğretimi için fırsatlar sunması (Gerlach, 2010), fen kavramlarının uygulamalı öğrenimine imkân vermesi (Purzer vd., 2015) ile mühendislik tasarım yaklaşımı, anlaşılması güç ve soyut kavramların öğretiminde değerli görülmektedir. Ancak mühendislik tasarımı fen kavramlarının öğretimi için çokça önerilmiş olsa da; mühendislik tasarım temelli ünite veya etkinliklerin yer aldığı birçok araştırmada kavramsal öğrenmelere yeteri kadar odaklanılmadığı tespit edilmiştir (Arık & Topçu, 2020), Kavramsal öğrenmelere ilişkin kısıtlı çalışmada (Dankenbring, Capobianco, & Eichinger, 2014; Korur, Efe, Erdoğan, & Tunç, 2015; Riskowski, Todd, Wee, Dark, & Harbor, 2009; Valtorta & Berland, 2015; Wendell & Rogers, 2013) farklı ve birbiri ile çelişen bulgular ortaya konulmuştur. Dolayısıyla mühendislik tasarım temelli öğretim ortamlarında öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinin derinlemesine incelendiği daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Purzer vd., 2015).

Uçaklar, bir mekanizma olarak çeşitli tasarımsal unsurlar içermekte ve bu tasarımsal unsurlar farklı fen içerikleri ile açıklanabilmektedir. Güncel Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda yer alan (MEB, 2018a) ve farklı araştırmalarda öğrenme zorlukları ortaya konulan 'ağırlık' (Koray & Tatar, 2003), 'itme kuvveti' (Atasoy & Akdeniz, 2007; Kurt & Akdeniz, 2004; Sadanand & Kess, 1990), 'dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler' (Heywood & Parker, 2001; Parker & Heywood, 2000; Driver, Rushworth, Squires & Wood-Robinson, 2005), 'hava

direnci' (Nuhoğlu, 2008) ve ' hava basıncı' (Ünal & Ergin, 2006; She, 2002) kavramları, uçak mühendisliği dâhilindeki tasarımsal öğeleri açıklamaktadır. Soyut ve anlaşılması güç bu kavramların öğrenciler tarafından uçak tasarımsal öğeleri üzerinden anlamlandırılmasının, kavramların günlük hayatla ilişkilendirilmesini sağlayarak kavramsal öğrenmeleri geliştireceği öngörülmektedir.

Araştırmada “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” nin geliştirilmesi planlanmıştır. Problem durumu doğrultusunda geliştirilen “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi'nin uygulama süreci ve sonucunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır.

1- Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin uçuş prensiplerine yönelik kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?

2- Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?

1.2 Tezin Amacı

Araştırmanın temel amacı, bir mühendislik alanı etrafında mühendislik tasarım yaklaşımına dayalı örnek bir ünite geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda yer alan 'hava basıncı', 'hava direnci', 'itme kuvveti', dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler' ile 'ağırlık' kavramları “Uçak Mühendisliği” çerçevesinde bir araya getirilmiş, uçak tasarımsal öğeleri ile kavramlar ilişkilendirilerek “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” geliştirilmiştir. Araştırmanın diğer amaçları ise ünitenin etkiliğini açıklamak için, ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin kavramsal öğrenmelerinin ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin değişimini incelemektir.

1.3 Orijinal Katkı

Günümüzün küresel ekonomisinde, bireyleri değişen toplumsal ihtiyaçlara hazırlamak için mühendislik becerileri önemli görülmektedir (NAE & NRC, 2014). Bunun yanı sıra mühendislik yalnızca iş gücü hazırlığı için değil, aynı zamanda

öğrencilerin öğrenmesi ve hayattaki başarıları için de faydalı kabul edilmektedir. Bu sebeple, bir süreç olarak mühendislik, tüm K-12 okul derslerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır (NGSS, 2013). Güncel literatürde pek çok proje, araştırma, ders materyali ve planı “Mühendislik Tasarım Temelli Öğrenme” yöntemiyle geliştirilmektedir. Ayrıca araştırmalar mühendislik tasarımını öğretime dâhil etmenin öğrencilerin akademik motivasyonunu ve başarısını artırdığını göstermektedir (Dohn, 2013; Park vd., 2018; Schnittka & Bell, 2011). Bununla birlikte mevcut literatürde K-12 seviyesinde bir "Mühendislik Tasarım Süreci" nin nasıl yürütüleceğine dair köklü bir gelenek yer almamaktadır (Arık & Topçu, 2020). Benzer şekilde mühendislik eğitiminin nasıl yapılacağına dair yeterli ve net bir açıklama da yoktur. Bu durum, daha fazla örnek modelin ortaya sunulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de K-12 düzeyinde değer gören mühendislik eğitimi, Fen Bilimleri Öğretim Programı kapsamına alınmış (MEB, 2018a); “Mühendislik ve Tasarım Becerileri”nin “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” başlığında kazandırılması hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra Türk Eğitim Sisteminde tasarım ve beceri temelli öğretime geçişin sinyalleri “tasarım beceri atölyeleri” vurgusu ile 2023 Eğitim Vizyon Belgesinde yer almıştır (MEB, 2018b). Bu atölyelerde müfredat odağından bağımsız öğretim modellerinin uygulanması hedeflenmiştir. Ancak, tasarım ve beceri temelli, öğretim programından bağımsız ve modüler öğretim model ve örneklerine henüz yer verilmemiştir. Güncel ulusal literatürde de mühendislik odaklı modüler ünite geliştirme çalışmalarının yetersiz olduğu görülmektedir. Dolayısıyla vurgulanan atölyeleşmeye geçiş için ünite geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Fen eğitimi literatüründe sunulan gereklilikler ve Türk eğitim politikasında söz konusu olan yeni anlayış bir arada düşünüldüğünde; fen eğitiminde mühendislik tasarımı temelli, Türk eğitim programı ile uyumlu, öğretim programlarımızla bütünleştirilebilecek ulusal öğretim modeli örneklerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ihtiyacının söz konusu olduğu söylenebilmektedir. Araştırmada da bu ihtiyaç doğrultusunda ortaokul düzeyinde “Mühendislik Tasarım Ünitesi” nin geliştirilmesi planlanmıştır. Öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri ve tasarım

becerilerine yönelik yapılandırılacak etkinliklerle geliştirilen ünite modelinin, fen öğretmenlerine ve araştırmacılara sonraki çalışmalarında yardımcı olacağı öngörülmekte, mevcut özgün ve ulusal bağımsız mühendislik öğretim modülleri ihtiyacına cevap vereceği düşünülmektedir.

Mühendislik tasarım ünitesinin geliştirilmesinde “Uçak Mühendisliği” temasına yer verilmiştir. Mevcut çalışma dâhilinde yürütülen araştırmalarda uçakların; kanatlar, gövde yapısı, uçuş kontrol mekanizmaları, malzeme seçimi vb. birçok tasarımsal unsur içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu farklı tasarım unsurlarının aerodinamik, hız, kuvvet, ağırlık vb. birçok fen içeriği ile ilişkili olduğu görülmüştür. Bu durumun farklı fen içeriklerinin bir arada sunulması ve kavramlar arası ilişkilerin öğretimi için bir avantaj sağlayacağı söylenebilir (Gerlach, 2010). Dolayısıyla ünitenin geliştirilmesinde mühendislik temelli ünite geliştirme çalışmalarında sıkça gerçekleştirilen (Aydoğan, 2019; Çiftçi & Topçu, 2020; Ercan & Şahin, 2015) tek bir konu veya ünite içeriğinin yerine farklı ünite ve konu içeriklerinin bütünleştirilmesine yönelik bir ünite tasarımı söz konusudur. Bu doğrultuda ortaokul öğrencilerine fen içeriklerini kazandırmak için zengin bir kaynak sunmaktadır.

Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin ilgili terminoloji dâhilinde fen kavramlarının öğretime de katkı sunacağı tasarlanan bu araştırma ile ortaya konulmaktadır. Her ne kadar literatürde birçok araştırmacı tarafından (Apedoe vd., 2008; Boesdorfer & Greenhalgh, 2014; Doppelt vd., 2008; Hmelo vd., 2000; Kolodner, 2002; Kolodner vd., 2003; Park vd., 2018; Purzer vd., 2015; Schnittka & Bell, 2011; Wendell & Rogers, 2013) fen öğretimi için önerilse de, mühendislik tasarımı temelli öğrenme yaklaşımının fen bilimleri kavramlarının kazanılmasına etkisini araştıran mevcut çalışma sayısı yetersizdir (Valtorta & Berland, 2015). Bunun yanı sıra fen bilimleri kavramlarının öğretime etkisini inceleyen mevcut kısıtlı çalışmaların sonuçları da birbirine paralellik göstermemektedir. Dolayısıyla bu bağlamda mevcut araştırmanın alan yazına katkı sunarak tartışmaları zenginleştireceği düşünülmektedir.

Etkili bir mühendislik tasarım süreci yürütebilmek için mühendislik tasarım sürecinin tüm aşamalarının etkin ve etkili yürütülmesi gerekmektedir.

Mühendislik tasarımı odaklı yaklaşımda, ihtiyaç veya problemin belirlenmesi, olası çözümler geliştirilmesi, mümkün olan en iyi çözümün seçilmesi, prototip oluşturulması, çözümün test edilmesi ve değerlendirilmesi, çözümün sunumu, karar verme ve yeniden tasarlanması gibi süreçlerin (Hynes vd., 2011) gerçekleştirebilmesi için öğrencilerin bu süreçlere yönelik beceriler geliştirmesi gerekmektedir. Mühendislik tasarım sürecinin her bir aşaması için gereklilikler literatürde ortaya konulmaktadır (örn., Berland vd., 2014; Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005). Bununla birlikte; mühendislik tasarım süreç becerilerine yönelik tasarlanmış, sınırları çizilmiş bir ölçüt listesi alan yazında doğrudan yer almamaktadır. Mühendislik tasarım süreç becerileri, sürecin gerektirdiği bileşenler doğrultusunda listelenmiş ve mevcut araştırmada ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda yürütülen mühendislik tasarım süreç becerileri analizi ile ihtiyaç dâhilinde özgün bir çerçeve öne sürülmektedir. Ek olarak mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimini inceleyen mevcut çalışmalar alan yazında yetersiz kalmaktadır (Zhou vd., 2017). Gerek mühendislik tasarım süreç becerilerine yönelik bir çerçeve sunması gerekse alan yazında bu becerilerin gelişimine yönelik çalışmaların sınırlı olması mevcut araştırmanın özgün katkısını güçlendirmektedir.

1.4 Sayıtlar

Mevcut araştırmada;

- Araştırmaya katılan öğrencilerin ölçme araçlarına gerçek durumlarını yansıtacak yanıtlar verdikleri varsayılmaktadır.
- Araştırmacının sahip olduğu bilgi ve tecrübe doğrultusunda ünite gereksinimlerini gerek şekilde aktardığı varsayılmaktadır.

1.5 Sınırlılıklar

Mevcut araştırma;

- 2020-2021 eğitim-öğretim dönemi güz yarıyılı ile sınırlıdır.

- Covid-19 sürecinin getirdiği sosyal mesafe ve temizlik kuralları doğrultusunda yuruteden uygulama sureci ile sınırlıdır.
- Öğrencilerin “Açık Uçlu Uçuş Prensipleri Kavram Testi”ne verdikleri yanıtlar ve “Odak Grup Görüşmeleri”nde sundukları görüşler ile sınırlıdır.
- Öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerine ilişkin analizler öğrencilerin mühendislik günlüklerinde gerçekleştirdikleri dökümantasyonla sınırlıdır.

1.6 Tanımlar

Mühendislik Tasarımı: Bir mühendisin tasarım geliştirme sürecinin sınıf ortamlarına yansıtıldığı öğrenme yaklaşımıdır (Kolodner vd., 2003).

Mühendislik Tasarım Süreci: Mühendislik problemlerini çözmek için genel olarak bir araç yapmak veya özel bir amaç için süreç geliştirmede en iyi yolu seçmeyi içeren dinamik bir süreçtir (NRC, 2012).

2.1 21. Yüzyıl, Teknoloji ve Mühendislik

2.1.1 21. Yüzyıl İş Gücü ve Teknoloji

Teknoloji insanlığın ilk çağlarından bu güne varlığını sürdürmüş ve teknolojinin önemi günden güne artmıştır. Teknolojinin mızraktan yüksek menzilli silahlara, sayaçlardan elektronik hesap makinelerine, telgraftan modern internet ve iletişim ağlarına, tekerlekten motorlu taşıtlara kadar ulaşım, sanayi, savunma ve iletişim gibi birçok alanda hızla ilerleme gösterdiğini görmekteyiz. Toplumun ilgi ve ihtiyaçları doğrultusunda gelişen teknoloji, fiziksel dünyayı şekillendirmeye katkı sunmuş ve toplumla bütünleşik bir hal almıştır. Küreselleşme ile birlikte 21. yüzyıla geldiğimizde dünyada teknolojik ilerlemenin öneminin günden güne arttığını görmekteyiz. Tarihte sürekli gelişim gösteren teknoloji, bu dönemde gelişimini oldukça ivmelendirmiş; toplumları teknolojiye bağımlı hale getirmiştir (ITEA, 2007). Öyle ki ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve ekonomileri teknoloji üretme ve geliştirme faaliyetleri ile doğru orantılı olmuştur (ITEA, 2007). Dolayısı ile küresel dünyada gerek ekonomi gerekse savunma ve sanayileşmede imkânları elinde tutmak isteyen ülkeler teknolojiye yatırımı arttırmışlardır. Teknolojik hamleler; araç-gereç ve ürün geliştirmenin yanı sıra bilim ve teknolojiyi daha ileriye taşıyacak iş gücünün de arttırılmasını içermektedir.

Tarihten günümüze teknolojide yaşanan gelişmeler sanayiye etkilemiş, toplum beklentileri ve iş gücüne yönelik beceriler bu doğrultuda tanımlanmıştır. Teknolojinin sanayiye, sanayinin de işgücü ihtiyacı ile birlikte toplumu ve bireyi şekillendirdiği söylenebilir. On dokuzuncu yüzyılda sanayileşmenin hızlanmasıyla birlikte eğitimden beklenen işlev ile son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte değişen işgücü niteliklerini sağlamak üzere eğitimden beklenen işlev arasında bir koşutluk söz konusudur (Buyruk, 2018). İlk olarak 1765'de James Watt'ın

geliştirdiği buhar makinesinin fabrikalarda kullanılmasıyla birlikte endüstrileşme sürecinin başladığını biliyoruz (Schwab, 2016). Bu buharlı makinelerin kullanımıyla başlayan birinci sanayi devrimi (Endüstri 1.0) ile yaşanan gelişmeler oldukça hızlı olmuştur (Özkan, Al, & Yavuz, 2018). Birinci sanayi devrimi ile birlikte küçük atölyeler ve zanaatçılar yerini büyük fabrikalara bırakmış (Taş, 2018), tarım ve hayvancılık azalmış, makine kullanabilen işgücüne ihtiyaç artmıştır (Bowles & Gintis, 1976). Eğitimde bu işgücünü geliştirecek kurumsallaşmaya gidilmiştir. İkinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0) 1850'lerde elektrik teknolojisinin kullanılmasıyla başlamıştır. Buhar, kömür, çelik, elektrik, petrol ve kimyasal maddelerin de kullanılmasıyla seri üretime geçiş başlamıştır. Bu dönemde özellikle Henry Ford'un fabrikalarında kullanmış olduğu üretim tekniği olan bant sistemi ve seri üretim teknikleri yaygınlaşmış, teknoloji her ailenin evine girebilmiştir. Kaliteli ve seri üretimin yaygınlaşması ile birlikte üretimde ihtiyaç duyulan işgücü nitelikleri de değişmiştir. Beyin gücü ile kas gücü arasındaki ayırım belirginleşmiş, üretimde artan beyin gücü ihtiyacı ile eğitilmiş bir kitle gerekliliği söz konusu olmuştur (Giddens, 2008) ve dolayısıyla ilkokul üzeri eğitim olanakları her çevreye yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır.

Üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0) ise programlanabilir makinelerin, yani bilgisayarların aktif kullanılmaya başlamasıyla ortaya çıkmıştır. Bilgisayarların kullanılmasıyla birlikte üretim daha da kolaylaşmış, insan gücüne ihtiyaç azalmıştır (Taş, 2018). Bu dönemde bilgisayar, mikro elektronik, fiber optik, lazer ve bilişim gibi teknolojilerin, telekomünikasyon, nükleer ve biyogenetik vb. bilimlerin gelişimi üretimin yönünü etkilemiştir. İletişim ve ulaşımdaki gelişmelerle, ticaret ve endüstride küreselleşme gerçekleşmiştir (Buyruk, 2018). İçerisinde bulunduğumuz dönem ise Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) olarak adlandırılmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi'nde (Endüstri 4.0) 3D yazıcılar, yapay zeka, robot teknolojisi, nano-teknoloji ve biyoteknoloji gibi alanların gelişmesiyle fiziksel dünya ile dijital sistemler ve biyolojik varlıklar arasındaki ilişkilerin tekrardan kurgulanacağı öngörülmektedir (Çepni & Ormancı, 2018).



Şekil 2.1 Endüstri devrimi tarihsel süreci

Şekil 2.1’de endüstri devrimleri arasında geçen zamanın tarih boyunca daraldığı görülmektedir. Endüstri devrimleri arasındaki zaman farkının tarih boyunca daralması bu devrimlere ayak uyduracak iş gücünün de hızla değişimi ve gelişimi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Söz konusu öngörüler doğrultusunda gelecek teknolojisini üretecek iş gücünü yapılandırmak için yeni endüstri devriminde bireylerin sahip olması gereken becerilerin tanımlanması ve tanımlanan beceriler doğrultusunda iş gücünün üretilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

2.1.2 21. Yüzyıl ve Mühendislik

Teknoloji her geçen gün daha da hızla gelişmekte ve gelişen teknoloji ile aynı doğrultuda işgücü nitelikleri de değişmektedir. Dolayısıyla gelişen teknolojiye uyum sağlayacak niteliklerle donatılmış işgücünün yetiştirilmesi gerekliliği ulusal ve uluslararası kuruluşlarca sıklıkla dile getirilmektedir. Örneğin; TEDMEM, 2017 raporunda dört yıllık bir yükseköğretim programının ilk yılında öğrenilen bilgilerin %50’sinin programdan mezun olunmadan geçerliliğini yitireceğine yönelik tahminde bulunmaktadır (TEDMEM, 2018). Şu an ilkökulda öğrenim gören öğrencilerin, henüz var olmayan meslekleri icra edecekleri yine aynı raporda öngörülmektedir.

Bu hızlı iş gücü değişiminin hangi yönde olacağı ile ilgili ise NRC [National Research Council] tarafından şu ifadeye yer verilmektedir:

“Gelecekte ekonomik kalkınmanın temeli ve yeni iş imkânlarının yaratıcısı, genel anlamda fen ve mühendislikteki gelişmeler yoluyla yürütülen inovasyon çalışmaları olacaktır” (NRC, 2011, s.3).

21. yüzyılın temeli olarak görülen “mühendislik” ve “inovasyon” bireylerin, ulusların gelecekteki refahının en önemli aktörlerinden biri olarak yerini almıştır (Apelian, 2011; Landes, 1998; Mokyr, 1992; NRC, 2011).

Gelecekte teknoloji üretecek ve makinelerin yapamadığı işleri yapacak bir nesil söz konusudur. Bu nesillerin fen ve matematik gibi temel bilimlerin ortaya koyduğu kuramsal bilgileri teknoloji ve mühendisliğin pratiği ile harmanlayarak katma değer yaratacak yenilikler yapması gerekmektedir (Akgündüz vd., 2015). Yine NRC (2011) raporunda Amerika’da ülke iş gücünün yalnızca % 4'lük bölümünün mühendisler ve fen bilimi uzmanlarından oluşmasına rağmen bu % 4'lük grubun kalan % 96'lık dilim için yeni iş fırsatları oluşturacağı vurgulanmaktadır (NRC, 2011, s.3). Dolayısıyla yenilikçi ve girişimci mühendislerin yetiştirilmesi her ulus için kritik bir öneme sahiptir (Tryggvason & Apelian, 2011).

21. yüzyılda doğan nesiller “mühendisler kuşağı” olarak ifade edilmektedir (Dolan, 2011). Mühendisler nesiller boyunca insanlık sorunlarını çözmek için bilim ve teknoloji üreterek dünya çapında yaşam standartlarının iyileştirilmesine yardımcı olmuş onların çabaları ile yaşam süreleri daha uzun ve yaşam standartları daha yüksek bir hal almıştır (Dolan, 2011; Apelian, 2011). Mühendisler temel problem çözücüler olarak görülmektedir. Bu nedenle toplumun ihtiyaçları (yani, çözülmesi gereken mevcut problemler) mühendislik mesleğinin doğasını ve gelişimini etkileyecektir (Dolan, 2011). Yukarıda bahsi geçen hızlı değişime ve toplum ihtiyaçlarına cevap veren bir işgücü mühendislik mesleğinin 21.yy ihtiyaçlarına cevap vermesi ile mümkündür. Toplumumuzun rekabetçi kalabilmesi ve günümüzdeki yaşam standardını devam ettirebilmesi için bilgi birikimi olan ve nasıl yenilik yapacaklarını bilen çok sayıda insan gücüne gereksinimi vardır. Dolayısıyla, gelecek neslin bu özelliklerini geliştirmek için eğitim ortamlarında mühendislik disiplinine daha fazla yer vermek gerekmektedir.

2.1.3 Mühendislik ve 21. yy Becerileri

Mühendislik, 21.yy becerileri ile de ilişkilidir. Yirmibirinci yüzyıl yeterlilikleri olarak ortaya konulan bazı becerilerin doğrudan mühendislikle ilişkili olduğu görülmektedir (Bybee, 2011a). Bu becerilerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır:

- *Uyumluluk*: Acil durumlara veya kriz durumlarına etkili bir şekilde yanıt verme; yeni görevler, teknolojiler ve prosedürler öğrenmek de dahil olmak üzere yeni ve hızla değişen koşullarla başa çıkma yeteneği ve istekliliği olarak tanımlanmaktadır.
- *Karmaşık iletişim / sosyal beceriler*: Karmaşık bir fikir için ortak bir anlayış oluşturacak kelime, ses ve görüntü parçalarını seçme; ikna ve müzakere gibi yollarla sosyal iletişim kurmak olarak tanımlanmaktadır.
- *Rutin olmayan problem çözümü*: Görünüşte ilgisiz bilgileri bir araya getirerek yeni ve yenilikçi çözümler üretmek için yaratıcılığı kullanır; problem çözümü için stratejiler geliştirir ve işe yaramıyorsa başka stratejiye geçer; problemi teşhis eder ve teşhisin ötesine geçerek bilgi ile problemin kavramsal bağlantısını çözümler.
- *Öz yönetim / öz gelişim*: Kendini motive eden ve kendini denetleyen öz yönetim geliştirme, yeni bilgi ve beceriler edinme istekliliği ve yeteneği olarak tanımlanır.
- *Sistemsel düşünme*: Bir sistemin bir bölümündeki bir eylemin, değişikliğin veya arızanın sistemin geri kalanını nasıl etkilediğini anlama yeteneği, “büyük resim” perspektifinin görülebilmesidir. Karar almayı içerir; sistem analizi ve sistem değerlendirmesi ve bir çalışma sürecinin farklı unsurlarının nasıl etkileşime girdiğine dair soyut akıl yürütme olarak tanımlanır (21. yy Becerileri Üzerine NRC Çalıştayı, Akt. Bybee, 2011a).

Farklı kurumlar (P21 çerçevesi, ATC21S, OECD, MEB, Dünya Ekonomi Forumu) tarafından ortaya konulan öğrenci 21. yy yeterliliklerinde sıkça yer alan “yaratıcılık ve inovasyon, eleştirel düşünme ve problem çözme” becerilerinin de mühendislik süreçleri ile ilişkili olduğu bilinmektedir ve müfredatların bu becerileri kapsayan mühendislik süreçleri etrafında yapılandırılması konusunda

tüm dünyada görüş birliği oluşmuştur (Çepni, 2018). Mevcut çalışmada da fen bilimleri müfredatında yer alan içeriklerin mühendislik süreçleri etrafında yapılandırılması planlanmıştır.

K-12 düzeyinde mühendislik süreçlerini tartışabilmek için öncelikle mühendislik ve bilim ilişkisini açıklamak gerekmektedir.

2.2 Mühendislik ve Bilim

Mühendisliğe yönelik alan yazında “problemleri ozen kişi”, “uygulamalı bir bilim”, “teknik problemleri ozmek için bilim ve matematiğin kullanılması” gibi farklı zet söylemler mevcut olsa da (Tryggvason & Apelian, 2011); genel anlamda fiziksel dünyamızın yaratılmasına odaklanan bir disiplin olarak ifade edilebilmektedir. Her ne kadar mühendislik, tarih boyunca insanların sorunlarına bir ozm olarak ifade edilse de matematiksel analiz ve bilimsel anlayış gibi akademik disiplinlere dayanan bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (Petroski, 1996). Mühendisler hem bilim hem de matematiği çalışmalarında kullanırlarken, bilim insanları ve matematikçiler de araştırma süreçlerini kolaylaştırmak için mühendislerin ürünlerini kullanırlar (NAE & NRC, 2009).

Mühendislik dinamik ve değişimi hızlı bir disiplindir. Geleceğin ne getireceğini görmek her zaman mümkün değildir; ancak değişimin hızlandığı konusundaki tahminler kesindir (Dolan, 2011). Dolayısıyla bilimde olduğu gibi mühendislik disiplininde de bir dinamizm olduğu söylenebilir. Bu dinamizm bilim ile ilişkilidir; bir başka deyişle, mühendislik mesleği temel bilim ve anlayışın ilerlemesine yanıt olarak gelişecektir. Mühendisler bilimi pratik problemleri ozmek için kullanırlar (Dolan, 2011). Dolayısıyla bilim ve mühendislik birbirinden bağımsız düşünülememektedir.

Yirminci yüzyıl boyunca yeni teknolojilerin önündeki engelleri kaldıran mühendislik başarılarının öncelikle fiziksel fenomenleri anlamlandırmamızla mümkün olduğu deneyimi mühendislik disiplininin “bilimselleşme” sürecini de gelişmiştir (Apelian, 2011). Öyle ki; aerodinamiği anlamadan hızlı uaclar yapamadık ya da atom fiziğini anlamadan nükleer enerjiden yararlanamadık. Bu

durum mühendislik ve bilimin iç içe geçmesini sağlarken; mühendislik ve bilim arasındaki ayrımın bulanıklaşmasına da sebep olmuştur (Apelian, 2011). Bu bulanıklaşma halk arasında bilim ve fene ilişkin meslek içeriklerinin de yanlış anlaşılmasına sebep olmuştur. Örneğin; bir ‘roket bilimcisi’ ile bir ‘uzay mühendisi’nin aynı işi yaptığı düşünülmektedir. Bu bağlamda bilim ve mühendislik arasındaki ilişkiyi açıklarken, benzer ve farklı yönlerini de tartışmak gerekmektedir. Mühendislik ve bilim disiplinleri farklı değişkenler bakımından Tablo 2.1’ de incelenmiştir:

Tablo 2.1 Bilim ve mühendislik arasındaki ilişkilerin değişkenlerce incelenmesi (Bybee, 2011b)

Değişkenler	Bilim	Mühendislik
Soru sorma ve problemin tanımlanması	Bilim bir fenomeni açıklama amacı taşıyan bir soru ile başlar.	Çözülmesi gereken bir problemle başlar.
Model geliştirme ve kullanma	Doğal olaylarla ilgili açıklamaların geliştirilmesine yardımcı olmak için model ve simülasyonları geliştirir ve kullanır.	Oluşabilecek hataları tespit etmek veya yeni bir soruna yönelik olası çözümleri test etmek ve mevcut sistemleri analiz etmek için modelleri ve simülasyonları kullanır.
Araştırma planlama ve yürütme	Sahada veya laboratuarda veri ve değişkenleri tanımlayan deneylerle, sistematik araştırmalarla ve planlamalarla yürütür.	Ölçütleri veya parametreleri belirlemek için gerekli verileri elde etmek ve önerilen tasarımları test etmek için araştırmalar yapılır.
Verilerin analizi ve sunumu	Bilimsel anlam elde etmek için analiz edilmesi gereken veriler üretilir. Verilerdeki önemli özellikleri tanımlamak için tablolaştırma, grafiksel yorumlama, görselleştirme ve istatistiksel analiz gibi bir dizi araç kullanılır. Hata kaynakları belirlenir ve kesinlik derecesi hesaplanır.	Tasarım testlerinde toplanan verilerin analizini içerir. Farklı çözümler karşılaştırılır ve her birinin belirli tasarım kriterlerini ne kadar iyi karşıladığı belirlenir. Modelleri tanımlamak ve sonuçları yorumlamak için bir dizi araca ihtiyaç duyulur. Bilimdeki ilerlemeler, önerilen çözümlerin analizini daha verimli ve etkili hale getirir.

Tablo 2.1 Bilim ve mühendislik arasındaki ilişkilerin değişkenlerce incelenmesi
(Bybee, 2011b) (devamı)

Matematik ve hesaplamalı düşünmenin kullanımını	Matematik ve hesaplamalı yaklaşım, fiziksel değişkenleri belirlemek ve değişkenler arasındaki ilişkileri sunmak için temel araçlardır. İstatistiksel olarak verilerin analizi, nicel ilişkileri tanımlama, ifade etme ve uygulamada kullanılır.	Kurulan ilişkilerin ve ilkelerin matematiksel ve hesaplamalı gösterimleri oluşturulur, analizler matematik tabanlı yürütülür. Bu bileşenler, sorunlara önerilen çözümlerin test edilmesi ve tasarımların geliştirilmesinde kullanılır.
Açıklama oluşturma ve çözüm tasarlama	Amacı, fiziksel dünyanın açıklanmasını sağlayan teorilerin inşasıdır. Birden fazla bağımsız deneye dayalı kanıt oluştuğunda, daha fazla açıklayıcı güce sahip olduğunda, açıkladığı fenomenin genişliğine, açıklayıcılığına ve tutarlılığına bağlı olarak teori kabul edilir.	Amacı, fiziksel dünyanın bilimsel bilgi ve modellerine dayalı sorunlara sistematik bir çözüm oluşturmaktır. Önerilen her çözüm, istenen işlevler, teknik fizibilite, maliyet, güvenlik, estetik ve yasal gerekliliklere uyum gibi süzgeçlerden geçer. Genellikle en iyi çözüm yoktur. Dolayısıyla en uygun seçim, önerilen çözümün ölçütleri ve kısıtlamaları ne kadar iyi karşıladığına bağlıdır.

Tabloda da görüldüğü gibi, bilimsel bir çözüm, kavramsal ilerlemeyi temsil ederken; bir mühendislik çözümü, yararlı bir teknolojinin üretiminde kavramların uygulanmasını gerektirmektedir (Cunnunigham & Carlsen, 2014). Dolayısıyla mühendislik süreçleri, bilimsel kavramların uygulanması ve öğretimi için fırsatlar sunmaktadır (NRC, 2009). Mühendislik süreçleri ile kavramsal öğretimin amaçlandığı çalışma bu ilişkisellik üzerine kurgulanmıştır.

2.3 K-12 Düzeyinde Mühendislik Eğitimi

2.3.1 Mühendisliğin Fen Eğitimine Entegrasyonuna Yönelik Tarihi Süreç

Bir önceki bölümde de görüldüğü gibi bilim ve mühendislik birbirinden bağımsız alanlar değil; tamamen birbirinden beslenen iki disiplindir. Dolayısıyla fen

müfredatlarının bilim öğretmenin yanı sıra mühendislik öğretimini de kapsayacak şekilde tekrardan yapılandırılması için tüm dünyada girişimler gerçekleştirilmiştir.

Mühendislik eğitiminin fen müfredatlarına bütünleştirilmesi fikri Sputnik Olayı olarak da bilinen Sovyetler Birliği'nin 1957'de Sputnik uydusunu uzaya fırlatmasına dayandırılmaktadır (Bybee, 2011a; Karataş, 2018; NRC, 2009; Sanders, 2009; White, 2014). Amerika Birleşik Devletlerinin (ABD) bu olaya tepkisi, bilim insanlarının ve mühendislerin sayısını arttırmak için ulusal bir müfredat geliştirme çalışması başlatmak olmuştur (NRC, 2009; Rudolph, 2002). 1960'larda teknoloji ve mühendislik ABD bilim müfredatlarında sorgulanmış (Rudolph, 2002), fen ve teknoloji ilişkisini müfredatlarda geliştirme ihtiyacı ABD'de birçok eğitim raporunda vurgulanmıştır (örn., Ulusal Eğitimde Mükemmellik Komisyonu [NCEE], 1983; Ulusal Bilim Vakfı [NSF], 1980). Bu reform döneminde Mühendislik Kavramları Müfredat Projesi (Engineering Concepts Curriculum Project, 1971) dâhilinde "İnsan Yapımı Dünya" programı yer almıştır. Bununla birlikte teknoloji diğer ülkelerde de müfredatlara dâhil edilmiştir (Atkin & Black, 2003). Yeni yüzyılın getireceği beceriler ve ülke eğitim durumunu ortaya koyan "Risk Altında Bir Ulus (A Nation at Risk)" (NCEE, 1983) isimli rapora yanıt olarak "Proje 2061 (Project 2061)" geliştirilmiş (Johnson, 1989) ve raporda tüm Amerikalıların bilim, matematik ve teknoloji alanında okuryazar olması için çalışılacağı ilan edilmiştir.

Teknolojinin fen müfredatlarında tartışılması ile birlikte mühendislik disiplini de sorgulanmıştır. "Tüm Amerikalılar için Bilim" isimli raporda (AAAS, 1989); "teknolojinin doğası" ve "tasarlanmış dünya" adıyla iki bölüme yer verilmiştir. Doğrudan mühendislik disiplini ile ifade edilmese de "Teknolojinin Doğası" bölümünde yer alan "Tasarım ve Sistemler" açıklaması altında yer alan kazanımların mühendislik tasarım sürecine işaret ettiği görülmektedir (NAE & NRC, 2009). Teknoloji ve mühendisliğin bu yeniden tanım ve tanıtımı, bilim okuryazarlığı kıyaslamalarının gerçekleştirilmesine de neden olmuştur (AAAS, 1993). Bilim, matematik ve teknolojinin fikir ve uygulamalarının iç içe geçmiş ve yakından ilişkili olduğu; dolayısıyla bunlardan herhangi birinde eğitimin diğerlerinden ayrı olarak yapılandırılmayacağı vurgulanmıştır (AAAS, 1993). Bu

fikir ile teknoloji okuryazarlığı Ulusal Bilim Eğitimi Standartlarına (NRC, 1996) dâhil edilmiştir. Bu standartlarda fen ve teknoloji ilişkisine yönelik kazanımlar yer almış ve "Teknolojik Tasarım Becerileri" farklı sınıflar düzeyinde ele alınarak bu kazanımın odak noktasını oluşturmuştur.

Mühendislik ve teknolojinin, ABD'nin ulusal bilim eğitimi standartlarının bir parçası haline gelmesiyle bu disiplinler tüm dünya müfredatlarında artan önem kazanmaya başlamıştır (Purzer vd., 2015). Teknoloji ve mühendislik, fen ve matematiği bütünleştirecek disiplinler olarak görülmüş; mühendislik ve teknoloji odağında bütünleşen fen ve matematik eğitiminin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu doğrultuda ITEA tarafından 2000 yılında Teknoloji Okuryazarlığı Standartları belirlenmiştir ve 2002 ve 2007 yıllarında güncellenerek teknoloji eğitimine bütünleştirilmesine yönelik çabalar devam etmiştir. ABET tarafından yine 2000 yılında Mühendislik Akreditasyon Standartları müfredatlar için ortaya konulmuştur. Tüm bu çabaların sonucu olarak; 21. yüzyılın başlarında, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitimi, farklı disiplinlerin bütünleştirilmesinin bir tanımı olarak ortaya çıkmıştır (Sanders, 2009). ABD başta olmak üzere gelişmiş ülkelerde sayısal alanlara olan ilginin giderek azalması ve bu durumu tersine çevirme gerekliliği ile STEM eğitimi oldukça ilgi görmüştür (Karataş, 2018).

Bilim ve matematik becerileri uzun yıllardır tartışıldığı için STEM bütünleştirme yaklaşımının temelde teknoloji ve mühendislik disiplinleri üzerine odaklandığı söylenebilir (NRC, 2011). Bu nedenle teknoloji ve mühendislik eğitimi (STEM'in T ve E'si) son yıllarda artan ilgi görmektedir. NAE, T ve E ile ilgili STEM eğitiminin müfredat materyallerinin yanı sıra fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi arasındaki ilişkinin bir incelemesini içeren "K-12 Eğitiminde Mühendislik" başlıklı bir çalışma başlatmıştır (Pieper & Mentzer, 2013). NAE'nin bu çalışması, STEM eğitiminin gelişiminde mühendisliğin rolünü vurgulamaktadır. Çünkü mühendislik; matematik, fen ve teknoloji eğitimini birbirine bağlamaya hizmet eden bir "katalizör" olarak görülmektedir (Katehi, Pearson & Feder, 2009).

Ülkemiz özelinde mühendislik eğitiminin fen dersi ile bütünleşme sürecini incelediğimizde, benzer şekilde bütünleştirmenin teknoloji disiplini odağında

başlayan çabalarla gerçekleştirildiğini görmekteyiz. ‘Fen Bilgisi’ dersinin adı 2006 yılında ‘Fen ve Teknoloji Dersi’ olarak değiştirilmiş, programda fen ve teknoloji okuryazarlığı vurgulanmıştır. MEB (2006) tarafından ortaya konulan yeni öğretim programında fen-teknoloji-toplum-çevre (FTTÇ) ilişkileri, fen ve teknoloji okuryazarlığı 7 boyutu arasında yer almıştır. Programda fen bilgilerinin teknolojiye yansıdığı durumlara örnekler verilmiş; fen, teknoloji, toplum ve çevre arasındaki karşılıklı ilişkileri anlamlandırmak amaçlanmıştır (MEB, 2006). Ancak bu ilişkiler gerçek yaşam bağlamının odakta yer aldığı bir multidisipliner yaklaşımdan ziyade, fen bilgilerine teknoloji (ve mühendislik) konularının eklenmesi olarak programda yer almıştır (Ercan, 2014). 2013 yılında yenilenen Fen Bilimleri Öğretim Programı ile mühendislik becerilerinden “karar verme”, “girişimcilik”, “takım çalışması” ve “iletişim” becerileri, yaşam becerilerine dâhil edilmiş (MEB, 2013); ancak mühendislik disiplinine yönelik doğrudan bir entegrasyon sağlanmamıştır. Günümüzde de uygulanmaya devam eden 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programında “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” fen bilimleri dersi kapsamına alınmıştır (MEB, 2018a). Bu becerilerin programda tüm sınıf seviyelerinde her ünite kapsamında gerçekleştirilecek “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” başlığında kazandırılması planlanmış ve her ünite de bu uygulamalara yönelik yönergeler eklenmiştir. Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda söz konusu becerileri geliştirmek amacıyla mühendislik uygulamalarına yer verilmesine karşın mühendislik temelli ünite kurgusu bulunmamaktadır.

Programda belirtilen *“ülkemizin bilimsel araştırma ve teknolojik gelişme kapasitesini, sosyoekonomik kalkınmasını ve rekabet gücünü arttırmak için öğrencilerin fen ve mühendislik uygulamalarını deneyimlemeleri”* amacı doğrultusunda gerçekleştirilen bütünleştirme, birçok ülkede olduğu gibi öğrencilerin mühendislik kariyeri edinmesine odaklanmamış, mühendislik becerilerini geliştirilmesi odağında gerçekleştirilmiştir. Türkiye’nin yeni eğitim politika belgesi olan 2023 Vizyon Belgesi’nde de öğrencilerin, çevrelerinde gördükleri sorunlara erken yaşlardan itibaren yenilikçi çözümler geliştirme farkındalığı ve bu çözümleri Matematik, Fen Bilimleri gibi farklı disiplinlerle harmanlayarak üretme becerisi kazanması gerekliliğine vurgu yapılmıştır (MEB, 2018b). Sınıf içinde öğretmenlerin problem çözmeye ve tasarımsal düşünmeye

yönelik, bireysel veya grup çalışmasına uygun ortamlar oluşturması gerekliliğine (MEB, 2018b) ilişkin ifadeler önümüzdeki süreçte de mühendislik tasarım süreç becerilerinin geliştirilmesine yönelik ortamların geliştirilmesine işaret etmektedir. Bu ortamlar 2023 Vizyon Belgesinde “Tasarım-Beceri Atölyeleri” olarak da tanımlanmaktadır. Dolayısıyla ilerleyen günlerde mühendislik tasarım becerilerini geliştirecek ders modellerinin planlanmasına yönelik araştırma geliştirme çalışmalarının ülkemizde daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Mühendislik K-12 öğretim ortamlarında yeni bir disiplin olarak güncel literatürde açıklanmaya devam etmekte ve yeni araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

2.3.2 K-12 Düzeyinde Mühendislik Eğitimi

Tarihsel süreçte de belirtildiği gibi mühendislik eğitimi, 1970'lerden günümüze birçok ülkede K-12 eğitim müfredatının bir bileşeni olarak kabul edilmiştir (Purzer vd., 2015). ABD’de Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Standartlarının bir parçası haline geldiğinden beri dünya çapında önem kazanmıştır (NRC, 1996). Günümüzün küresel ekonomisinde ise fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarında eğitim almış bir iş gücü, her bir ulusun ekonomik büyümesinin birincil itici gücü olarak kabul görmektedir (NAE & NRC, 2014). Fen ve matematik becerileri uzun yıllardır tartışıldığı için, bu bütünleşik öğretim yaklaşımında esas olarak mühendislik ve teknoloji disiplinleri odak noktası olmuştur (NRC, 2011). Bu nedenle, teknoloji ve mühendislik eğitimi (STEM’ in T ve E) son yıllarda artan ilgi görmektedir. Her ne kadar tarihsel süreçte uzun yıllar boyunca teknoloji disiplininin bütünleştirilmesine yönelik çabalar yer almış olsa da teknoloji yerine mühendislik kavramına odaklanmak gerektiği düşünülmektedir (Wicklein, 2006). Çünkü; mühendislik, matematik, fen ve teknoloji eğitimini birbirine bağlamaya hizmet eden bir "katalizör" olabilecek potansiyele sahiptir (Bybee, 2011a; Katehi vd., 2009; Moore vd., 2014). Benzer görüşte olan Wicklein (2006) de teknoloji yerine mühendislik tasarımına odaklanmanın gerekliliklerini 5 neden ile açıklamıştır:

- I. Mühendislik tasarımı, halk tarafından teknoloji eğitimine göre daha anlaşılır bulunmaktadır ve değer görmektedir.

- II. Mühendislik tasarımı, teknoloji eğitimi alanını akademik ve teknolojik seviyelere yükseltir.
- III. Mühendislik tasarımı, müfredat geliştirmek ve düzenlemek için sağlam bir çerçeve sağlar.
- IV. Mühendislik tasarımı matematik, bilim ve teknolojiyi bütünleştirmek için ideal bir platform sağlar.
- V. Mühendislik, öğrenciler için çoklu kariyer yollarına yol açabilecek odaklanmış bir müfredat sağlar (Wicklein, 2006).

Aynı şekilde, mühendislik tasarım modelleri üzerine araştırmalarında Tate, Chandler, Fontenot ve Talkmitt (2010), mühendisliğin anaokulundan 12. sınıfa kadar (K-12) bir öğrenciyi diğer STEM disiplinleri için motive etmede olumlu bir araç olabileceğini ulusal ve uluslararası raporları derleyerek göstermiştir. Bybee (2011a)'e göre öğrenciler K-12 düzeyinde aldıkları mühendislik eğitimi ile şu fırsatlara sahip olur:

- ❖ 21.yy becerileri gelişimi,
- ❖ Fen, matematik ve teknoloji disiplinleri ile bağlantı kurma,
- ❖ Mühendislik kariyeri ile ilgili fikir sahibi olma (Bybee, 2011a).

Disiplinlerarası bütünleştiriciliğinin yanı sıra mühendislik, öğrenciler tarafından kişisel olarak da bağlamsallaştırılabilir görülmektedir (K-12'de Mühendislik Eğitimi Komitesi [Committee on K-12 Engineering Education], 2008). Mühendislik eğitimi, öğrencileri günlük yaşamda mühendisliği anlamaya teşvik eder. Öğrenciler, en iyi ürünleri, işletim sistemlerini doğru seçebilir ve ihtiyaç duyduklarında teknik sorunları giderebilirler. Mühendislik ve mühendisin düşünme biçimi bilgisi, öğrencilerin teknoloji ile ilişkili ulusal meseleler hakkında muhakeme etme ve karar verme becerilerini arttırabilir (Chae, Purzer & Cardella, 2010).

Mühendislik eğitiminin sunduğu üstünlükler K-12 düzeyinde mühendislik eğitiminin yapılandırılması gerekliliğini doğurmuştur. Bu gereklilik doğrultusunda farklı görüş ve standartlar ortaya konulmuştur. K-12 seviyesinde kaliteli bir mühendislik eğitiminin nasıl yürütüleceğine dair yaygın bir gelenek ya da açıkça

bir tanımlama bulunmamakla birlikte (Arık & Topçu, 2020; Chandler, Fontenot, & Tate, 2011), standartların geliştirilmesine yönelik çabalar mevcuttur. Bybee (2011a), K-12 düzeyinde ulusal ve uluslararası mühendislik eğitimi standartları sunmanın gerekliliklerini şu şekilde özetlemiştir:

- ❖ Farklılık oluşturacak ölçüde eğitim sistemlerinin temel bileşenlerini değiştirecek potansiyele sahiptir.
- ❖ Geri dönüt vermeyi sağlar.
- ❖ İçeriğin sınırlarını belirler.
- ❖ Eğitim sistemini etkiler; çünkü eğitim sistemi için hem 'girdi' hem de 'çıkıtı' oluştururlar (Bybee, 2011a).

Benzer amaçlarla; NAE ve NRC (2009) tarafından fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi arasındaki ilişkinin gözden geçirilmesini içeren "K-12 Eğitiminde Mühendislik" başlıklı bir çalışma başlatılmıştır. NAE ve NRC' nin bu çalışması, fen eğitiminde mühendisliğin rolünü vurgulamakla birlikte ilköğretim ve ortaokul düzeyinde müfredatlarda yer almasına yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeveye göre K-12 mühendislik eğitiminin üç amacı gerçekleştirilmesi beklenmektedir: (1) tasarım ve problem çözmeye odaklanma, (2) uygun fen, teknoloji, mühendislik ve matematik kavramlarını içermesi ve (3) öğrencilerin mühendislikle ilgili düşüncelerini geliştirme (NAE & NRC, 2009).

Dünya genelinde K-12 düzeyinde gerçekleştirilen mühendislik disiplinini fen müfredatları ile bütünleştirmeye yönelik çalışmalar temelinde bu üç amacı gerçekleştirilmeyi hedeflemektedir. Mevcut çalışmada da bu amaçlar doğrultusunda, ilgili fen kavramları ile mühendislik tasarım süreç becerilerinin öğrenimini geliştirecek, mühendislik tasarımı odaklı bir ünite modelinin ortaya konulması söz konusudur.

2.3.3 Mühendislik Tasarım Temelli Ünite Geliştirme Çalışmaları

Gelecek iş gücü ihtiyacına cevap vermesi, 21. yy yetkinlikleri ile ilişkisi, fen öğretimindeki olumlu katkıları, teknolojiyi anlamlandırma, problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, inovasyon, takım çalışması vb. yaşamsal becerilere

etkisi sebebi ile mühendislik tasarımı fen eğitimi ile bütünleştirmeye yönelik çabalar uzun yıllardır bulunmaktadır ve bu çabalar güncelliğini korumaktadır. Dolayısıyla güncel literatürde ortaokul düzeyinde mühendislik tasarım odaklı birçok ünite geliştirme çalışması yer almaktadır. Uluslararası düzeyde daha sık olmakla birlikte (örn; English, Hudson & Dawes, 2013; Lie, Guzey & Moore, 2018; Mason & Evans, 2017; Mitts, 2013a; Mitts, 2013b; Razzouk, Dyehouse, Santone & Carr, 2014; Rehmat & Owens, 2016; Sabarre & Gulino, 2013; Sinatra, Mukhopadhyay, Allbright, Marsh & Polikoff, 2017; Song & Becker, 2013; Tate vd., 2018; Tuttle, Stanley & Bieniek, 2016; Walker, Ethington & Stark, 2016; Wang vd., 2013); ulusal düzeyde de birçok ünite geliştirme çalışmasında (örn; Aydoğan, 2019; Çiftçi & Topçu, 2020; Ercan & Şahin, 2015) mühendislik tasarımı ortaokul fen bilimleri müfredatlarının çeşitli konularına entegre edilmiştir. Bununla birlikte, mühendisliği teknoloji ve bilim standartları ile bütünleştirmek için çaba gösterilse de (ITEA, 2000), mevcut literatürde K-12 seviyesinde bir "Mühendislik Tasarım Süreci" nin nasıl yürütüleceğine dair yaygın bir görüş yer almamaktadır (Arık & Topçu, 2020). Mühendislik, STEM bileşenlerinin "E" si olarak diğer bileşenleri bağlama görevindedir (Hammack, Ivey, Utley & High, 2015) ve K-12 düzeyinde mühendislik eğitiminin nasıl yapılacağına ilişkin örnek oluşturmak amacıyla daha fazla örnek ünite geliştirme çalışmasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Mühendisliğin K-12 düzeyinde fen sınıflarına nasıl dâhil edilmesi gerektiği konusunda kısıtlı çalışma olsa da literatürde birkaç genel yaklaşımın öne çıktığı görülmektedir. Crotty ve arkadaşları (2017) bu yaygın yaklaşımları üç model ile belirtmiştir: (1) nihai proje odaklı yaklaşım, (2) örtük yaklaşım ve (3) mühendisliği üniteye bütünleştirmeye yönelik açık yaklaşımlar. Nihai proje odaklı yaklaşım, ünite sonunda tasarım hedefini ünite için nihai bir proje olarak kullanmaya yönelik bütünleştirmeleri tanımlamaktadır (Crotty vd., 2017). Bu yaklaşım, tasarım çalışmasını ve mühendisliği, fen ünitesinde ek bir bileşen olarak kullanmaktadır. Önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere, 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında "Mühendislik ve Tasarım Becerileri" adı altında gerçekleştirilen bütünleştirme çalışması her ünitenin sonunda bir mühendislik projesine yer verilerek fen bilimleri ünitelerine ek bir bileşen olarak sunulmuştur.

Dolayısıyla ülkemizde mevcut Fen Bilimleri Öğretim Programı kapsamında K-8 düzeyinde yürütülen mühendislik bütünleştirmesinin nihâi proje odaklı yaklaşım kapsamında olduğu söylenebilir.

Örtük yaklaşım, ünitenin başında öğrenme sürecini şekillendirmek, ünitenin sonunda ise tasarım yoluyla değerlendirme sağlamak için kullanılan çerçeveyi tanımlamaktadır (Crotty vd., 2017). Bu yaklaşımda süreç içerisinde mühendislik tanımlaması yapılmaksızın ünitenin çerçevesini ve değerlendirme metodunu oluşturmak ön plana alınmıştır. Literatürde en çok rastlanan ve tümdengelimsel bir yol izlenerek gerçekleştirilen ünite geliştirme çalışmaları (örn; Aydoğan, 2019; Çiftçi & Topçu, 2020, Gerlach, 2010; Ercan & Şahin, 2015; Tate vd., 2018) ile uyumludur. Ünitenin geliştirilmesi sürecinde var olan öğretim programına mühendislik tasarımı yaklaşımı yerleştirilir, müfredata uyum gösterdiği ölçüde, kısa süreli ve parça parça mühendislik uygulamaları deneyimlenir.

Ünite başında mühendislik biriminin tanımlanmasının ve süreç boyunca sürekli kullanımının söz konusu olduğu ünite çalışmaları ise ‘açık yaklaşımlar’ olarak ifade edilmektedir (Crotty vd., 2017). Tasarım hedefinin ünite sırasında her dersin sonunda belirtilmesi ve öğrencilerin öğrendikleri fen içeriklerini tasarıma uygulamak için sürekli tasarım problemini değerlendirmesi bakımından farklıdır. Çoğunlukla müfredat proje girişimlerinde karşılaşılan (örn. Engineering is Elementary [EIE], NASA STEM, The Engineering Community) yaklaşımda tümevarımsal bir yol izlenmektedir. Bu yaklaşım doğrultusunda, mühendislik alanı belirlenir (örn; uçak mühendisliği, inşaat mühendisliği), mühendislik alanı çerçevesinde yer alan konular listelenerek bir araya getirilir, çoklu tasarım ortamları kurularak mini tasarımlardan ana tasarıma ulaşılacak, ilgili mühendislik alanının birçok bilgi ve tasarımsal deneyimini ortaya koyacak bir öğrenme-öğretme süreci izlenir (Cunningham & Lachapelle, 2010; Kolodner vd., 2003; Wendell vd., 2010). Bu yaklaşımla, mühendislik alanı tekrarlı tasarımlar ve uzun süreli uygulama ile deneyimlenir, farklı fen kavramlarının ilişkiseliliği aynı mühendislik çerçevesinde kullanılarak kavranabilir (Lachapelle & Cunningham, 2007). Bir bağlam olarak açık yaklaşımla kullanıldığında, mühendislik tasarımının, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiğin karşılıklı ilişkisini,

çapraz standart ve müfredatlar arası öğretim içeriğine uyarlanmasına izin verdiği de söylenebilir (Daugherty, 2010).

Mühendislik ünitenin başında öğrenme için bir çerçeve sağlamak amacıyla kullanıldığında ve ondan ünite boyunca tekrarlı yararlanıldığında öğrencilerin mühendisliğe ve fen içeriklerine yönelik kazanımları, mühendisliğin yalnızca ünite sonunda nihai proje şeklinde kullanılmasına göre daha fazla olmaktadır (Crotty vd., 2017). Benzer şekilde; Penner, Lehrer ve Schauble (1998) mühendisliği ve tasarımı, problemleri çözenin yanı sıra bilimsel bilgi ve becerilerin kullanımını da gerektiren bir ünite tasarlamak için tekrarlı kullanılacak bir bağlam olarak önermektedir.

Bunun yanı sıra Katehi ve arkadaşları (2009), yaklaşımla mühendislik eğitiminin öğrenciler için bilimsel kavramları hem kendi sınıflarında hem de bu geleneksel ortamların dışında uygulama şansı vererek esnek müfredat yapısı sunduğunu vurgulamıştır.

Uluslararası literatürde sınırlı da olsa yer almakla birlikte ulusal düzeyde bu yaklaşımla geliştirilen mühendislik tasarım ünite modellerine rastlanmamaktadır. Açık yaklaşımla geliştirilen ünitelerin çapraz ve müfredatlar arası kavramsal öğretime izin vermesi, tekrarlı mühendislik uygulamaları sunarak mühendislik ve fen kazanımlarını geliştirmesi, bir mühendislik disiplini altında fen içeriklerinin ve mühendislik tasarımlarının bütünleştirilmesine imkân vermesi yaygınlaştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bir mühendislik disiplini altında içeriklerin ve tasarımların bir araya getirileceği mühendislik etkinlikleri planlamak öğretmen yetkinliği gerektirmekle birlikte öğretmenler için genellikle zorlu ve karmaşık olarak algılanmaktadır (Cunningham & Carlsen, 2014). Dolayısıyla bu yaklaşımla ortaya konulacak ünite modelleri eğitimciler ve araştırmacılar için önem arz etmektedir. Mevcut çalışmada bu gerekliliklerle, Uçak mühendisliği disiplini altında belirlenen tasarım etkinlikleri ve fen içerikleri ile çapraz ve müfredatlar arası bir ünite geliştirme süreci yapılandırılmıştır.

2.4 Mühendislik Tasarımı

K-12 düzeyinde mühendislik eğitiminin bütünleştirme çalışmalarında mühendislik tasarımı yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın aşamaları ve bileşenleri aşağıda tanımlanmaktadır.

2.4.1 Mühendislik Tasarım Süreci

Mühendislik eğitiminin temel fikirlerinden biri “tasarım” dır (NRC, 2011). Tasarım, mühendislik ve teknoloji disiplinleri için gereklidir. Mühendislik ve teknoloji disiplinlerinin temel uygulama alanı ve sürecini oluşturmaktadır. Bu nedenle tasarımın mühendislik ve teknolojide ne anlama geldiğini açıkça ifade etmek gerekmektedir. Dym ve arkadaşlarına (2005) göre:

“.....tasarım, tasarımcıların, biçimi ve işlevi müşterilerin hedeflerini veya kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılarken aynı zamanda belirli bir kısıtlama kümesini de karşılayan cihazlar, sistemler veya işlemler için kavramlar ürettiği, değerlendirdiği ve belirlediği sistematik, akılcı bir süreçtir. ”(s. 104).

Daha basit haliyle, *“tasarım, istenen ihtiyaçları karşılamak için bir sistem, bileşen veya akış tasarlama sürecidir”* (Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu [ABET] 2016, s.3). Tasarım, teknolojik gelişimin temel problem çözme süreci olarak kabul edilmektedir. Buna ek olarak tasarım sürecinde okuryazar olmak, bir eser veya sistem yapmak için bir tasarımın gerçekleştirileceği süreçlere aşina olmayı gerektirir (Uluslararası Teknoloji Eğitim Derneği [ITEA], 2007).

Tasarım, belirli bir probleme veya duruma yönelik bir çözüm arandığında planlı bir “süreç” yaratılmasıyla geliştirilir (Williams, 2000). “Tasarım süreci” kavramı, güncel literatürde teknoloji ve mühendislik eğitiminde baskın söylem olarak yer almaktadır (Mawson, 2003). Teknolojide tasarım sürecine yönelik birçok model araştırmacılar tarafından işe koşulmakla birlikte bu modellerinden herhangi birinin geçerliliği konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bununla birlikte teknoloji eğitiminde bir fikrin başlangıcından başarının değerlendirileceği bir ürün

oluşması aşamasına kadar ortak bir sırayı tanımlayan doğrusal modeller hala kullanılmaya devam etmektedir (Mawson, 2003).

Öte yandan, mühendislikteki tasarım süreci, diğer problem çözme yaklaşımlarının aksine, mühendislerin düşünme sürecinin temel unsurudur (Dym, 1994). Mühendislerin insan ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak amacıyla tasarladıkları bilinmektedir. Tasarımın doğası gereği, tasarım süreci, bir sorunun tanımlanmasıyla başlayan ve bir çözümle biten yinelemeli bir süreç olarak algılanmıştır (NRC, 2010). Mühendislik tasarım süreci, temel bilim, matematik ve mühendislik kavramlarının belirlenmiş bir hedefi karşılamak için en uygun çözümleri geliştirmek için uygulandığı, tipik olarak yinelemeli bir karar verme sürecidir (Mangold & Robinson, 2013). Tıpkı tüm bilim adamlarının uyguladığı tek bir “bilimsel yöntem” olmadığı gibi, mühendisler için de tek bir süreç yoktur. Bununla birlikte, bilimsel yöntem gibi mühendislikte de genellikle mühendislik tasarım süreci takip edilir (Boesdorfer & Greenhalgh, 2014). K-12 düzeyinde fen eğitiminde mühendislik tasarım sürecinin basamaklarına yönelik farklı araştırmacılar ve kurumlar tarafından birçok model ortaya konulmuştur.

Tablo 2.2 Mühendislik tasarım süreç basamakları

Araştırmacı/Kurum	Mühendislik Tasarım Süreç Basamakları	Araştırmacı/Kurum	Mühendislik Tasarım Süreç Basamakları
ADDIE (Smith & Ragan, 2004)	Sor Problemi araştır Hayal et Tasarla Test et ve değerlendir	Brunsell, 2012	Problemin tanımlanması Olası çözümlerin geliştirilmesi Çözümlerin analiz edilmesi Çözümlerin en uygun hale getirilmesi İletişim
Daugherty & Custer, 2003	Problemin tanımlanması Kriterlerin belirlenmesi Beyin fırtınası Fikirlerin üretimi Olası çözümlerin açıklanması Olası çözümlerden birinin seçilmesi Modelin geliştirilmesi	NRC, 2011	Problemin tanımlanması ve sınırlandırılması Olası çözümlerin geliştirilmesi Tasarım çözümünün en uygun hale getirilmesi
EIE (Lachapelle vd., 2011)	Sor Hayal et Planla Tasarla Geliştir	Wendell vd., 2010	Problemin tespit edilmesi Olası çözümlerin araştırılması En uygun çözümün belirlenmesi Prototip yapılması Prototipin test edilmesi

Tablo 2.2 Mühendislik tasarım süreç basamakları (devamı)

Hynes vd., 2011	Problemin tanımlanması Probleme yönelik ihtiyaçların belirlenmesi Olası çözümlerin geliştirilmesi En iyi çözümün seçilmesi Prototipin yapılması Çözümü test etme ve değerlendirme Yeniden tasarlama Çözümün sunulması	Mentzer, 2011	Problemin tanımlanması Çözümler Analiz/Modelleme Deneme Karar verme Takım çalışması
IBED	Problemin tanımlanması Ölçüm kriterlerinin belirlenmesi Beyin fırtınası Birden çok olası çözümün geliştirilmesi Bir veya daha fazla çözümün seçilmesi Prototip geliştirilmesi ve test etme Nihai çözüm Sürecin yansıtılması	MDOE, 2010	Problem ya da ihtiyacın belirlenmesi Problem ya da ihtiyacın araştırılması Olası çözümlerin geliştirilmesi En uygun olası çözümün belirlenmesi Prototip yapılması Çözümün test edilmesi ve değerlendirilmesi Yeniden tasarlama

**ADDIE*: Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation, *IBED*: Inquiry By Engineering Design, *EIE*: Engineering is Elementary, *NRC*: National Research Council, *MDOE*: Massachusetts Department of Education

Çeşitli araştırmacılar ve eğitim kurumları mühendislik tasarım sürecini farklı şekillerde tanımlamışlardır. Tanımlamaların ortak paydası; mühendislerin tasarımlarını test, analiz ve yeniden tasarım yoluyla sürekli olarak geliştirmelerini sağlayan bir adım veya aşama döngüsünde ilerletmeleridir.

Her ne kadar ortaya konulan mühendislik süreç tasarım basamakları farklı gibi görünse de her biri esasında üç temel aşamaya dayanmaktadır. Bu açıklamaya paralel olarak, NGSS'ye göre mühendislik tasarımı uygulamaları, problem çözmenin üç aşamasını şu şekilde ortaya koymaktadır:

“Aşama I: 'Mühendislik problemlerinin tanımlanması ve sınırlandırılması', sorunun başarı ve kısıtlamalar veya sınırlar için kriterler açısından mümkün olduğunca açık bir şekilde çözülmesini belirtmeyi içerir. Aşama II: 'Mühendislik sorunlarına çözüm tasarlamak', hangisinin sorunun kriterlerini ve kısıtlamalarını en iyi karşıladığını görmek için olası çözümleri değerlendirmeyi içerir. Aşama III: 'Tasarım çözümünün optimize edilmesi', daha önemli olanlar için daha az önemli özelliklerin kıyaslamasını yaparak nihai tasarımın geliştirildiği bir ödünleşim sürecini içerir.” (NGSS, 2013, s.2)

Bu tanımların ışığında, bir mühendislik tasarım süreci planlarken K-12 sınıflarına üç aşamayı dâhil etmemiz gerektiği açıktır:

- ❖ Problemin belirlenmesi,
- ❖ Tasarım çözümlerinin üretilmesi,
- ❖ Nihai tasarım ürününün geliştirilmesi (Berland vd., 2014; Katehi vd., 2009; Khalaf vd., 2013).

Bu çalışmada mühendislik tasarım süreci bu üç temel aşamada ele alınmış ve incelenmiştir. Bu temel üç aşamanın içerdiği işlemler bir sonraki alt başlıkta detaylandırılacaktır.

2.4.2 Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri

K-12 eğitiminde mühendislik süreç becerilerinin fen eğitimi alanına entegre edilmesi önemlidir. Yaratıcı ve rekabetçi nesiller yetiştirmek için öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerine ilişkin anlayışlarını geliştirmek gerekmektedir (NGSS, 2013; NRC, 2009; 2011). K-12' deki mühendislik eğitimi, öğrencilerin *“bir sistem tasarlama, deney tasarlama ve yürütme, çok disiplinli takımlarda birlikte çalışma, mühendislik problemlerini belirleme, formüle etme ve çözme”* becerisi kazanmasını amaçlamaktadır (Khalaf vd., 2013, s.2). Bu amaç öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini anlamlandırmaları ve uygulamaları ile gerçekleştirebilecektir (Fantz, Siller & Demiranda, 2011).

Bir önceki başlıkta da belirtildiği üzere mühendislik tasarım süreci temelde *problemin belirlenmesi, tasarım çözümlerinin üretilmesi ve nihai tasarım ürününün geliştirilmesi* olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Mühendislik tasarım süreç becerileri literatürde sınırları kesin bir şekilde çizilmiş ya da sıralanmış bir tanımla yer almasa da belirtilen aşamalarda öğrencilerin yürütmesi gereken birtakım işlemler sunulmuştur. Mühendislik tasarım sürecine yönelik öğrencilerin anlayışlarını gözlemleyebilmek ve becerilerini ortaya koyabilmek için mevcut araştırmalarda belirtilen üç aşamanın hangi işlemleri içerdiğini analiz etmek gerekmektedir. Bu amaçla; Tablo 2.3'te verilen araştırmalarda aşamaların hangi işlemler ile yürütüldüğüne yönelik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar şu şekildedir:

Tablo 2.3 Mühendislik tasarım aşamaları ve ilgili işlemler

Mühendislik Aşamaları	İşlemler	ADDIE	Daugherty & Custer, 2003	Hynes vd., 2011	EIE	Wendell vd., 2010	Brunsell, 2012	NRC, 2012	IBED	Mentzer, 2011	MDOE, 2010
Problemin belirlenmesi	Kriter belirleme	X		X	X		X	X		X	X
	Sınırlılıkların analizi	X		X	X		X	X		X	X
Tasarım çözümlerinin üretilmesi	Analiz	X	X					X			X
	Araştırma		X			X		X		X	X
	Beyin fırtınası		X	X	X	X	X	X		X	X
	Bileşen/sistem							X			
	Değerlendirme		X	X		X	X	X		X	X
	Deneysel veri				X		X			X	
	Karar verme			X			X	X		X	X
	Optimizasyon		X	X				X			X
	Ödünleşim			X				X			X
	Tahmin etme									X	
	Yorumlama									X	
Nihai tasarım ürününün geliştirilmesi	İyileştirme		X	X	X	X	X	X			X
	Prototip yapma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Sunum yapma				X		X				X
	Test etme		X	X	X	X	X	X			X

**ADDIE*: Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation, *EIE*: Engineering is Elementary, *MDOE*: Massachusetts Department of Education, *IBED*: Inquiry By Engineering Design

Bu işlemler doğrultusunda üç aşama ile ilgili alan yazın aşağıda detaylandırılmaktadır.

2.4.2.1 Problemin Belirlenmesi ve İlgili Bileşenler

“Problemin belirlenmesi” aşaması, herhangi bir tasarım projesinin başlangıç adımı olarak ortaya çıkar (Dym vd., 2005). Bu aşamada problemin tanımlanması, tasarım içeriğinin, ihtiyaçlarının veya kısıtlamalarının belirlenmesi yer alır. Tasarım zorluğu veya problemi öğrencilere bir tasarım özeti - çözülmesi gereken bir sorunu, kriterlerini ve kısıtlamalarını tanımlayan yazılı bir plan-olarak sunulur (ITEA, 2007). Bu aşamada, öğrenciler ilk kez tasarım zorluğu veya problemiyle karşılaşır, tüm süreci etkili hale getirebilmeleri için tasarımın nedenlerini ve amaçlarını açıkça tanımlamaları gerekir. Mühendislik tasarım çalışmasının başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için sorunu anlamaya ilişkin bilgilerin toplanmasına özen gösterilmesi gerektirdiği konusunda genel bir fikir birliği vardır (Berland vd., 2014).

Bu aşama, tasarım problemini ve başarılı bir tasarımın özelliklerini belirleyen kriterlerin ve sınırlamaların açıklanmasını içermelidir (NAE & NRC, 2009). *Kriter*, tasarımı gerçekleştirilecek ürün ya da sistemin başarılı olabilmesi için sahip olması gereken nitelikler; *sınırlılıklar* ise ürün ya da sistemin başarılı bir şekilde tasarlanmasının önündeki olası engeller olarak tanımlanabilmektedir (Brunsell, 2012). Tablo 2.3.’te de görüldüğü üzere problemin tanımlanması aşamasında yürütülen işlemlerin başında kriterlerin ve sınırlılıkların belirlenmesi gelmektedir. Dolayısıyla mühendislik tasarım sürecinde öğrencilerin bir problemin çözümü için gerekli kriterleri ve sınırlılıkları ortaya koyabilme becerisi mühendislik sürecini başarıyla yürütmeleri için gerekli görülmektedir. NGSS (2013)’ye göre de problemin doğru olarak tanımlanabilmesi problemin tüm ölçütleri, kısıtlamaları veya sınırlarının başarılı bir şekilde çözülebilmesi ile mümkündür (NGSS, 2013).

Başka bir deyişle, bir inşaat mühendisi sadece bir köprü tasarlamayı düşünmez; tonlarca yükü taşıyabilecek, aynı zamanda depreme dayanıklı ve gemilerin rahatça geçişi için belirli bir yükseklikte olması gereken bir köprü tasarlamayı düşünür. Bunun yanı sıra maliyet ve malzeme kalitesi gibi tasarımı sınırlandırıcı bileşenleri de mevcuttur. Bir mühendislik sürecinin doğasında problemin kriterlerinin ve sınırlılıklarının belirlenmesi lokomotif görevi görmekte ve mühendislik sürecinin olmazsa olmaz becerileri arasında yer almaktadır (Arık &

Topçu, 2020). Tasarım kriterleri ve sınırlılıkları belirlenmeden yapılan tasarımların yinelenmeli bir sürece dönüştüğü veya başka bir deyişle deneme yanılma üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Becker, Mentzer, & Park, 2012). Bu tür çalışmalarda, öğrenciler 'tasarım-test-yeniden tasarım'a dayalı bir süreç yürütürler ve öğrenme sürecinden uzaklaşarak nihai ürüne odaklanırlar. Böyle bir süreçte öğrenciler, tasarım süreci sırasında ampirik gözlem yoluyla nihai tasarım ürününü tesadüfen doğru bir şekilde inşa edebilirler.

O halde bu aşamaya yönelik öğrencilerin yürütmesi beklenen temel işlem, *“tasarım probleminin kriterlerinin ve sınırlılıklarının tam ve doğru olarak belirlenmesi”* olarak ifade edilebilir.

2.4.2.2 Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi ve İlgili Bileşenler

Olası çözümlerin geliştirilmesi ve en iyi çözümün seçilmesi tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasına girmektedir (Katehi vd., 2009). Gerçek hayattaki mühendislik tasarım problemlerinde tek bir doğru çözüm yoktur, çoğu zaman birçok çözüm vardır. İhtiyaçlara olası çözümler üretmek ise mühendislerin yaratıcılıklarını kullanarak çözümler geliştirdikleri bir süreç olarak ortaya çıkar (Dym vd., 2005). Dolayısıyla mühendislik tasarımının bir özelliği de sorunların tasarımcıların aralarından seçim yapması gereken çoklu olası çözümlere sahip olmasıdır. Bu özellik, tasarımın iki temel gerekliliğini barındırır: Birincisi, mühendisler birden çok çözüm üretmelidir; ikincisi, bu çözümler arasında seçim yapmak için sistemler geliştirmelidir (Berland vd., 2014). Tasarım çözümlerinin üretilmesine yönelik tüm işlemler bu iki özellik temelindedir. Öğrenciler genellikle tasarım sürecinin çok erken aşamalarında tek bir fikre aşırı derecede odaklanma eğilimindedirler (Berland vd., 2014). Dow ve arkadaşları (2010), yürüttükleri çalışmada tek bir oturumda analiz edilecek birden çok çözüm sunan tasarımcıların (paralel prototipleme), birden çok analiz seansı olan ancak her birinde yalnızca bir tasarım sunan tasarımcılardan (seri prototipleme) daha farklı fikirler oluşturduklarını ve tasarım kalitesi bakımından daha yüksek puan aldıklarını gözlemişlerdir (Dow vd., 2010). Öğrenciler, çok sayıda ve nitelikli analiz süreci gerçekleştirirse de fikirlerin sayısında artış olmadığında aynı fikri iyileştirmeye eğilirler (Dow vd., 2010). Dolayısıyla bu aşamada niceliksel ve niteliksel olarak

güçlü olası çözüm üretmek tasarım sürecinin etkili yürütülmesi için önemli bir gerekliliktir.

Wendell ve arkadaşları (2010) olası çözümler geliştirilmesi sürecini mühendislik tasarım sürecinin en yaratıcılık gerektiren aşaması olarak ifade etmiştir. Belirtildiği gibi, bu aşamada nitel olarak değerli ve nicel olarak çok sayıda çözümün üretilmesi beklenmektedir. Bu sebeple bu aşamada yürütülen bireysel veya grup içi “*beyin fırtınası*” süreçleri önemli görülmektedir. Mühendislik tasarım sürecinde, olası çözüm yolları üretmek ve bir soruna en iyi çözümü bulmak için *beyin fırtınası* ve *tartışma* gerekli görülmektedir (Bybee, 2011a). Benzer şekilde, Yang (2009) beyin fırtınası ve tasarım arasındaki ilişkiye yönelik bir araştırma yürütmüş ve beyin fırtınası sürecinin yürütülmesi ile tasarım ürünleri/çıktılarının niteliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit etmiştir. Bireysel ve işbirlikli tasarım süreçlerinde nitel ve nicel olarak güçlü çözüm önerileri üretmenin güçlü bir beyin fırtınası süreci ile mümkün olduğu söylenebilir.

Mühendisler, tasarım sürecinde akıllarına gelen ilk çözümü sunmak yerine problem ve geçmişte kullanılan çözümler üzerinde araştırma yaparlar. Bu çözümleri geliştirmek için neye ihtiyaçları olduğunu belirlerler (Hynes vd., 2011). Bu yüzden fen eğitiminde yürütülen mühendislik eğitimi çalışmalarında öğrencilerin ihtiyaç duydukları fen kavramlarını tanımlamaları ve analiz etmeleri önemlidir. Tablo 2.3’te de “*araştırma*” bileşeni bu süreci vurgulamaktadır.

Birçok olası çözümü belirledikten sonra mühendisler, tasarım kriterlerine ve sınırlamalarına göre doğru çözüme karar vermelidir (Silk, Schunn & Cary, 2009). Projelerin ve sorunların genellikle birbiriyle çelişebilen birden çok alt hedefi olduğundan önerilen bir çözümün değerlendirilmesi ikili bir ölçüm olmayabilir (var/yok, evet/hayır) (Jonassen, Strobel & Lee, 2006). Dahası yerine getirilen hedeflerin sayısını ve her birinin karşılanma derecesini açıklayan karmaşık bir yargı süreci söz konusu olabilir. Dolayısıyla olası çözümler içerisinde en iyi olanın belirlenmesi sürecinde Tablo 2.3’te de görüldüğü gibi “*analiz, değerlendirme, karar verme ve ödünleşim*” işlemleri öne çıkmaktadır.

Birçok olası çözüm geliştirildikten sonra, mühendisler bu çözümlerin tasarıma yönelik kriter ve sınırlılıkların nasıl ve ne kadar karşılandığını belirlemek üzere analizler ve değerlendirmeler yaparak bir karar verme süreci yürütürler (Hynes vd., 2011). Bu süreç “*optimizasyon*” olarak tanımlanmaktadır (NRC, 2011). Hangi olası çözümün somutlaştırılacağına seçimi, bu farklı hedeflerin dengelenmesini veya optimizasyonunu gerektirir. Optimizasyon sürecinde mühendislik tasarımı için en uygun çözümün seçilmesinde “*ödünleşim*” oldukça önemlidir (NRC, 2011; Hynes vd., 2011). Nitekim geliştirilen olası çözümlerden biri belirgin bir şekilde en iyi olmayabilir. Diğer bir deyişle geliştirilen çözümlerden hiçbiri tasarımın tüm kriter ve sınırlılıklarını karşılamayabilir. Böyle bir durumda öğrenciler; çözümleri kriter ve sınırlılıkları karşılama durumlarına göre değerlendirir, bazı kriter ve sınırlılıklardan ödün verir ve en iyiye ulaşmaya çalışırlar (Brunsell, 2012; NRC, 2011).

Köprü örneğine geri dönecek olursak belirli bir yükü taşıma, depreme dayanıklılık, yük gemilerinin geçebileceği yükseklikte olma gibi belirlenmiş kriterlerin üçü birden herhangi bir olası çözümle karşılanamayabilir veya malzeme/maliyet sınırlılıkları tüm kriterlerin aynı anda sağlanabilmesi önünde engel oluşturabilir. Olası çözümlerden biri üç kriterin ikisini sağlarken (örn; belli miktarda taşıma/depreme dayanıklılık); bir diğeri başka iki kriteri sağlıyor (örn; belli miktarda yük taşıma/yük gemilerinin geçebileceği yükseklikte olma) olabilir. Böyle bir durumda mühendisler “*karar verme matrislerini*” (Brunsell, 2012; NRC, 2011) kullanırlar, her çözüm önerisi için farklı kriterlerin karşılanması durumunu avantaj ve dezavantajları karşılaştırarak ortaya koyarlar ve en iyi tasarım çözümünü seçerler. Dolayısıyla istenilen bazı kriterlerden de ödün vermiş olurlar. K-12 mühendislik eğitiminde bu aşamada öğrencilerin mühendislik yeterlilikleri “*beyin fırtınası ile mümkün olduğunca olası çözüm üretebilme ve ödünleşim, analiz ve değerlendirme içeren karar verme süreçleri yürütebilme*” olarak tanımlanabilir.

2.4.2.3 Nihai Tasarım Ürününün Geliştirilmesi ve İlgili Bileşenler

“Nihai tasarım ürününün geliştirilmesi”, öğrencilerin tasarımlarını en iyi çözüm doğrultusunda inşa ettikleri son aşamadır. Mühendisler, tasarımlarını görsel

olarak sunmak veya ayrıntılarını göstermek için prototipler oluşturur, ardından prototipi test eder ve değerlendirir (NRC, 2011). Prototip, geliştirilecek son tasarıma göre bir model veya sunum olabilir. Mühendislik tasarım sorunlarına çözüm olan tasarımlar iki veya üç boyutlu olabilir (NAE & NRC, 2009). Ayrıca sorunu çözen ve teknik özellikleri gösteren bir tasarım taslağının sunulması K-12 düzeyinde uygulanan yöntemlerden biridir. Test edilmeye uygun bir prototip geliştirilirse bu aşamada kriter ve sınırlamalara göre testler ve değerlendirmeler yapılır. Test sonucunda elde edilen veriler üzerinden yürütülen değerlendirmeler, çözümün başarısı ve iyileştirilmesi ile ilgilidir (Hynes vd., 2011). Testten elde edilen veriler, tasarım ürününü veya çözümü değerlendirmek, ürün veya çözümün güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek ve bu geri bildirimden yeniden tasarımda uygulamak için kullanılmalıdır (Arık & Topçu, 2020). Test adımı, sorun ve olası çözümler başlangıçta olduğundan daha iyi anlaşılır, bu nedenle öğrenci bir ürünü yapmak için geri dönmeye teşvik edilebilir (Brand, Kasarda, & Williams, 2017).

Öğrencilerin test sonuçlarına göre ürün üzerinde yürüttükleri gelişim ve değişim faaliyetleri içeren yeniden tasarlama adımı, "*iyileştirme*" sürecini ifade etmektedir. Bu adımda, öğrenciler tasarımın görünüm ve yetenekleri üzerinde değişiklikler yapabilirler (King & English, 2016).

Mühendislik tasarımının önemli bir özelliği de yinelemeli bir süreç olmasıdır. Yineleme, tasarımın kritik bir bileşenidir ve tasarımı iyileştirmek için daha önce tamamlanan adımları yeniden gözden geçirme sürecini ifade eder (Berland vd., 2014). En az iki ölçekte ortaya çıkabilir: olası çözümleri üretmek ve değerlendirmek için kullanılan adımların veya süreçlerin fiziksel tekrarı veya zihinsel düşünce deneyleri (Jin & Chusilp, 2006).

Yeniden tasarım çabalarının mühendislik tasarım sürecini zenginleştireceği söylenebilir. Öğrenciler tasarımın terminolojisi hakkında bilgi edinebilir ve başarıya yol açabilecek kavramları kavrayabilirler. Öğrenciler ilk seferde tasarımı yapamayabilir ve bu hayal kırıklığı yaratabilir (Gerlach, 2010). Bu nedenle yinelemeli tasarım süreçleri öğrencilere tasarım ürünlerini değiştirmek ve böylece başarılı olmak için yeni fırsatlar sunar. Gerek Tablo 2.3 gerekse literatür

incelendiğinde bu aşamada öğrencilerin mühendislik yeterlilikleri “*çözüm önerisini tasarım ürünü olarak geliştirir, test eder, test veri ve değerlendirmeleri ışığında yeniden tasarlama süreci yürütür*” olarak ifade edilebilir.

Etkili bir mühendislik tasarım süreci yürütebilmek için bahsi geçen üç aşama için literatürde vurgulanan gereklilikler Tablo 2.4’te özetlenmektedir:

Tablo 2.4 Mühendislik tasarım süreci ve temel gereklilikleri

Mühendislik Tasarım Süreci	Literatürde tanımlanan temel gereklilikleri
Problemin Belirlenmesi	Sorunu tanımlayabilme Kriter ve sınırlılıkları belirleyebilme Problemin çözümü için ihtiyaçları ortaya koyabilme
Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi	Beyin fırtınası ile sayıca fazla ve niteliksel olarak güçlü olası çözüm üretebilme Ödünleşim, analiz ve değerlendirme içeren karar verme süreçleri yürütebilme
Nihai Tasarım Ürününün Geliştirilmesi	Çözüm önerisini tasarım ürünü olarak geliştirebilme Kriterler doğrultusunda tasarım ürünü test etme ve değerlendirebilme Test veri ve değerlendirmeleri ışığında yeniden tasarlama süreçleri yürütebilme

Tablo 2.4’te literatür doğrultusunda belirlenen gereklilikler öğrencilerin mühendislik tasarım süreç aşamalarını gerçekleştirebilme yetkinlikleri, dolayısıyla tasarım süreç becerileri hakkında fikir verebilmektedir. Mevcut çalışmada mühendislik tasarım süreç becerilerinde bu çerçeve kullanılmaktadır.

Gelecek neslin mühendislik yetkinliklerinin geliştirilmesi toplumsal vurgusuyla uyumlu olarak öğrencilerin mühendislik için temel olan tasarım süreçlerini ve süreçlerin alt işlemlerini anlamalarına yardımcı olmak gerekmektedir (Kolodner vd., 2003; Peppler, 2013). K-12 düzeyinde öğrencilerin mühendislik süreçlerini

anlamalarını ve bu süreçleri yürütebilmelerini sağlamak gerekmektedir (Zhou vd., 2017). Öğrenciler mühendislik tasarım süreçlerini ve ilgili işlemleri anladığında ve yürütmeye başladığında yani mühendislik tasarım süreç becerileri geliştiğinde tasarımla ilgili odaklarını tasarımın küçük ayrıntılarından (örn; malzemenin biçimi, estetik, zaman kısıtı vb.), tasarımın temel öğelerine (örn; prototipin kriterleri karşılaması, olası çözümler üretme ve seçme vb.) doğru yöneltebilirler (Atman vd., 2007; English vd., 2013; Mentzer, Becker & Sutton; 2015; Zhou vd., 2017) ve daha etkili bir mühendislik tasarım süreci gerçekleştirebilirler. Mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişmesi ile öğrenciler mühendislik zihin alışkanlıkları geliştirir ve mühendisliği uygulamanın ne anlama geldiğini kavrarlar (Daugherty, 2012). Aksi takdirde öğrenciler mühendislik tasarımı uygulamalarında olası fikirler üretme, problemi belirleme gibi mühendislik tasarımının öğrenciler için geliştirici unsurlarını atlayarak sadece deneme-yanılma yoluyla tasarımı inşa etmeye odaklanırlar (Arık & Topçu, 2020; Dohn, 2013; Gerlach, 2010). Bu sebeple mühendislik tasarım yaklaşımına göre yürütülen derslerde mühendislik süreçlerinin anlaşılmasına da zaman ayırmalı (Leonard & Derry, 2011) ve öğrencilerin bu becerilerinin gelişmesi desteklenmelidir.

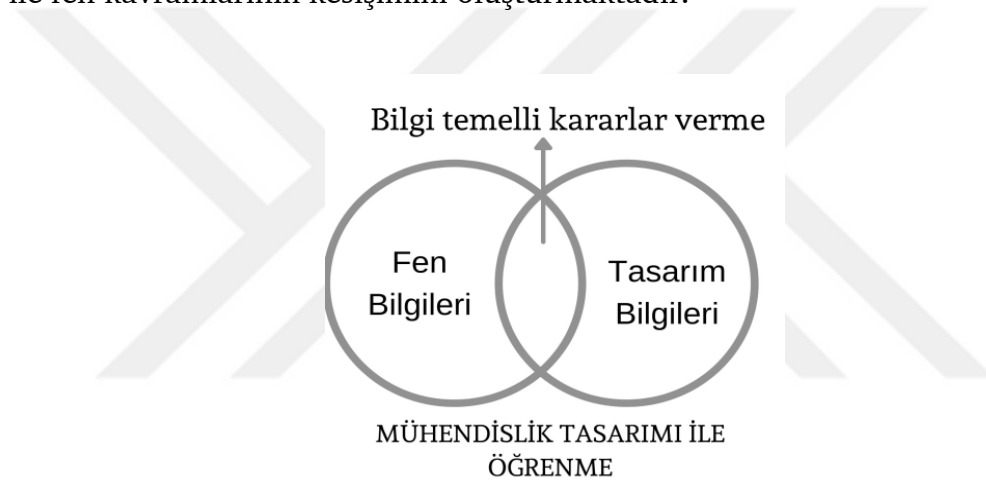
Chabalengula ve Mumba (2017) tarafından gerçekleştirilen araştırmada mevcut K-12 mühendislik eğitim programlarının bu becerileri desteklemede zayıf olduğu ortaya konulmuştur. K-12 düzeyinde geliştirilen dokuz farklı mühendislik eğitim programı incelenmiş ve mühendislik tasarım becerilerine yönelik vurgular analiz edildiğinde, tasarım çözümlerinin üretilmesi ve tasarımın geliştirilmesi becerilerine eğitim programlarında son derece kapalı yer verildiği görülmüştür (Chabalengula & Mumba, 2017). Bunun yanı sıra, problemin belirlenmesi, kriterlerin ve kısıtlamaların belirtilmesinin ise orta düzeyde vurgulandığı ifade edilmiştir. İncelenen öğretim programlarında bir mühendislik problemini tanımlama, tasarım çözümünü optimize etme, bir prototipin nasıl çalıştığını gösterme ve tasarımları geliştirmek için tekrarlar yapma becerilerine vurgunun ise düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Chabalengula & Mumba, 2017). Eğitim programlarındaki bu eğilimin ise sınıf seviyelerinde ve disipline özgü müfredat materyalleri arasında benzerlik gösterdiği görülmüştür (Chabalengula & Mumba, 2017). Mevcut öğretim programlarındaki bu eksiklikler mühendislik tasarım süreç

becerilerinin gelişimini destekleyen ve bu süreçleri vurgulayan öğretim programlarına ihtiyacı ortaya koymaktadır. Mevcut çalışmada bu ihtiyaç doğrultusunda öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerinin destekleneceği bir öğretim süreci geliştirmek hedeflenmiştir. Dolayısıyla geliştirilen öğretim sürecinin bu beceriler doğrultusunda değerlendirilmesi de söz konusu olmuştur.

2.5 Mühendislik Tasarımı ve Kavramsal Öğrenmeler

K-12 düzeyinde tüm ders öğretim programlarında olduğu gibi fen bilimleri öğretim programlarının da temel hedeflerinden biri kapsadığı soyut ve somut kavramların öğrenilmesini sağlamaktır (NGSS, 2013). Bununla birlikte fen bilimleri farklı olarak birçok disiplini barındırması nedeniyle sayıca çok ve çeşitli kavramlar içermektedir (İnel Ekici, 2014). Bu sebeple fen bilimleri öğretiminde kavramsal öğrenme önemli bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla, mühendislik tasarımının K-12 düzeyinde yaygınlaşma gerekçelerinden biri de fen ve matematik kavramsal öğrenmelerini geliştirme potansiyelidir. K-12' deki mühendislik eğitiminde, mühendislik süreci bilgi ve becerilerinin yanı sıra ilgili fen içeriklerinin öğretilmesi de eşit derecede önemlidir (Arık & Topçu, 2020). K-12 mühendislik eğitimine artan ilgi ile birlikte mühendisliğin fen öğrenimini ve başarıyı geliştirdiği iddiasının da çoğaldığını görmekteyiz (NRC, 2009). Birçok araştırma, mühendislik tasarımını fen öğrenmeyi destekleyici bir yaklaşım olarak önermektedir (Apedoe vd., 2008; Boesdorfer & Greenhalgh, 2014; Doppelt vd., 2008; Hmelo vd., 2000; Kolodner, 2002; Kolodner vd., 2003; Park vd., 2018; Purzer vd., 2015; Schnittka & Bell, 2011; Wendell & Rogers, 2013). Mühendislik tasarım etkinliklerini kullanmak, öğrencilerin farklı fen kavramlarının uygulama alanlarını öğrenmesine, kavramsal anlamlandırmalarının gelişimine olanak tanır ve öğretmenlere mühendisliği müfredata bağlamak için çeşitli fırsatlar sunar (Boesdorfer & Greenhalgh 2014; NRC, 2011). Benzer şekilde, K-12 Fen Eğitim Çerçevesi (NRC, 2011); mühendisliğin öğrencilerin geleneksel bilim içeriklerini öğrenmesi ve uygulayabilmesi için önemli olduğunu savunmaktadır.

Bu iddiaları doğrulamak için mühendislik tasarım yaklaşımının kavramsal öğrenmeleri nasıl ve hangi süreçleri ile sağladığını da açıklamak gerekmektedir. Purzer ve arkadaşları (2015) tarafından öğrencilerin fen kavramlarını mühendislik tasarımı yoluyla nasıl öğrendikleri ve uyguladıklarına ilişkin bir görüş ortaya koymak üzere bir çalışma yürütülmüş, mühendislik tasarımında en iyi çözümünün seçilmesi aşamasının fen öğrenmelerini sağlamak üzere kurgulanması gerekliliği vurgulanmıştır. Araştırmaya göre bu aşamada yürütülen analiz süreçlerinin zaman ve uygun kaynaklarla desteklenmesi durumunda etkili öğrenmeler gerçekleştirilebilmektedir (Purzer vd., 2015). Mühendislik tasarımı sürecinde verilen fen bilgileri ve kavramları odaklı kararlar mühendislik tasarımı ile fen kavramlarının kesişimini oluşturmaktadır.



Şekil 2.2 Mühendislik tasarımı ve fen öğrenme (Purzer vd., 2015)

Şekil 2.2.'de de görüldüğü üzere, mühendislik tasarım sürecinde çözüm üretme ve en iyi çözüme karar verme aşamalarında yürütülen bilgi temelli kararlar, fen kavramları ile tasarım sürecinin kesişim noktasını oluşturmaktadır (Purzer vd., 2015). Mühendislik tasarım sürecinde birden çok olası çözüm üretme ve arasından seçim yapma aşaması, öğrencilerin fen içeriklerini sürece dâhil etmeleri için bazı fırsatlar sunar.

Şekil 2.2. aynı zamanda mühendislik tasarım süreci ve fen bilgilerinin iç içe geçmişliğini vurgulamaktadır. Fen kavramsal öğrenmeleri bir tasarım görevini yönlendirmek için araç olarak hizmet ettiği gibi mühendislik tasarımı da fen öğrenmeleri için aracı görevindedir. Dolayısıyla birinci rolden bakacak olursak tasarım temelinde yatan bilime ilişkin bilgi, bireylerin tasarım fikirlerinin

uygulanabilirliğini ve etkinliğini belirlemelerine yardımcı olmaktadır (Berland vd., 2014). Bu sebeple kavramsal öğrenmelere yer verilmeyen bir mühendislik tasarım sürecinin eksik kalacağını söyleyebiliriz (Berland vd., 2013; Moore vd., 2014; Park vd., 2018; Schnittka & Bell, 2011). Sınıf uygulamalarında öğrenciler, tasarım kararlarının deney, analiz ve gerekçelendirilmesinin aksine estetik özelliklere veya inşa süreçlerine odaklandıkları için fen öğreniminin kritik yönleri bir kenara bırakılma eğilimindedir (Apedoe & Schunn, 2013). Bu sebeple mühendislik tasarım süreçlerinde yürütülecek yapılandırılmış fen süreçleri, kavramsal öğrenmelerin ve tasarım bilgilerinin öğrenilmesinin sağlanması için önemlidir. Bilgi/kavram eksikliği olduğunda öğrenciler tasarımın daha çok dış görünümü ile ilgilenmekte teknik sürece ya da çalışma prensiplerine yönelik değişiklikler yapamamaktadır (Gerlach, 2010). Terminoloji eksikliği tasarım sürecini zayıflatmakta, bilimsel terminoloji arka planına sahip olmak ise tasarım sürecini güçlendirmektedir (Gerlach, 2010). Benzer şekilde; Schnittka ve Bell (2011), çalışmalarında iki farklı grupta yürüttükleri mühendislik tasarım sürecinin birinde; öğrencilere tasarım için gerekli fen kavramlarını öğretmiş; diğerinde ise hiç öğretmemişlerdir. Sonuçlar göstermektedir ki ilgili fen kavramları öğretildiğinde tasarım ürününün başarısı ve kalitesi de artmaktadır (Schnittka & Bell, 2011).

Mühendislik tasarım temelli süreçte öğretmenler fen kavramlarının öğrenimini sağlamak ve tasarım sürecinin başarısını arttırmak için fen derslerine etkili entegre etmelidir. Fen kavramlarının mühendislik tasarım temelli süreçte etkili öğrenimini sağlamak için;

- Fen kavramlarının süreçteki değeri açık ve anlaşılır hale getirilmeli, örtük kurgulanmamalı.
- Tasarım sürecinde fen kavramları tasarım probleminin çözümünde gerekli kılınmalı.
- Fen kavramlarının açıkça araştırılacağı bir süreç geliştirilmelidir (Berland & Steingut, 2016).

Mühendislik tasarımı nispeten yeni bir alan olduğundan kavramsal öğrenmelere olumlu etkisine ilişkin iddiaların etkinliğini inceleyen araştırmalar sınırlı görülmekte ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (NAE &

NRC, 2009; Valtorta & Berland, 2015). Bu iddiaları destekleyen kimi çalışmalara değinmek gerekirse Korur ve arkadaşları (2015) tarafından basit makineler konusunda mühendislik tasarımı temelli yaklaşımla yürütülen sürecin öğrenci başarısını arttırdığını gözlemlenmiştir. Wendell ve Rogers (2013) ile Riskowski ve arkadaşlarının (2009) çalışmaları mühendislik tasarımının geleneksel fen öğretimi yaklaşımına kıyasla öğrencilerin fen öğrenmelerini arttırdığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, mühendislik tasarımı ile fen öğrenmelerine yönelik bir gelişim elde edemeyen çalışmalar da literatürde mevcuttur. Valtorta ve Berland (2015), öğrencilerle yürüttükleri 15 günlük bir mühendislik tasarımı sürecinde öğrencilerin fen kavramları ile ilgili oldukça az konuşma ve etkileşim gerçekleştirdiğini (ortalama 35dk.) ortaya koymuş; Dankenbring ve arkadaşları (2014), Güneş-Dünya-Ay kavramsal öğrenmeleri amacıyla yürüttükleri mühendislik tasarım odaklı grupta, kontrol grubuna göre kavramsal öğrenme açısından anlamlı farklılık tespit edememiştir. Araştırmalarda yer alan bu farklı bulgular mühendislik yaklaşımının kullanıldığı öğrenme ortamlarında kavramsal öğrenmelerin daha sık ve derinlemesine araştırılması görüşünü desteklemektedir (Arık & Topçu, 2020; Park vd., 2018). Bu sebeple, mevcut çalışmada farklı fen kavramlarının öğretime odaklanılmış ve kavramsal öğrenmelerin derinlemesine incelenmesi amaçlanmıştır.

2.5.1 Uçak Mühendisliği Kavramları ve Öğretimi

Bir önceki başlıkta açıklandığı üzere mühendislik tasarım yaklaşımı, kavramların öğretimi için etkili görülmekte ve avantajlar içermektedir. Uluslararası örneklerde (örn; EIE, NASA STEM) de olduğu gibi bu etkinlik ve avantajlar doğrultusunda farklı mühendislik disiplinleri altında fen kavramlarının öğretimi sağlanabilmektedir. Mevcut çalışmada farklı olarak ‘Uçak Mühendisliği’ disiplininin ünite çerçevesi olarak seçimi söz konusudur.

Uçaklar, bir mekanizma olarak çeşitli tasarımsal unsurlar içermektedir. Kanatlar, gövde yapısı, uçuş kontrol mekanizmaları, malzeme seçimi vb. birçok bileşenleri tasarımsal önlemler barındırmaktadır. Mühendislik bileşenleri çeşitli ve karmaşık olan bu tip mekanizmalar, farklı fen içeriklerinin bir arada sunulması ve kavramlar arası ilişkilerin öğretimi için bir avantaj sağlar (Gerlach, 2010). Dolayısıyla

uçakların tasarımsal bileşenleri ortaokul öğrencilerine mühendislik becerilerini ve fen içeriklerini kazandırmak için zengin bir kaynak sunmaktadır.

Aerodinamik, hız, kuvvet, hava basıncı, ağırlık vb. birçok fen içeriği uçak tasarımı ile ilişkilidir (Raymer, 2012). Örneğin uçakların kanat tasarımları aerodinamik yapısı gereği hava basıncı bilgisine dayanarak gerçekleştirilir ve alçak-yüksek basınç farkından yararlanarak kaldırma kuvveti oluşturulur (Kucheman, 1978). Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı kapsamında yer alan ve farklı sınıf düzeylerinde öğretilen *itme kuvveti, hava basıncı, dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler, hava direnci, ağırlık* gibi fen konu içeriklerinin de uçak mühendisliği terminolojisi ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Alan yazında önemli fizik kavramlarından olan kuvvet ile ilişkili bu kavramlar her düzeydeki öğrenci için öğrenimi zor olarak görülmektedir (Çevik & Kurnaz, 2019; Gilbert, Watts & Osborne, 1982; Gönen, 2008; Heywood & Parker, 2001; Parker & Heywood, 2000; Şahin & Çepni, 2012; Vosniadou & Skopeliti, 2014; Zhou, Zhang & Xiao, 2015). Kuvvet ile ilgili kavramlar soyut ve öğrenciler için zihinde yapılandırması zor olduğundan kavramsal öğrenme güçlükleri oluşmaktadır (Driver vd., 2005; Heywood & Parker, 2001). Öğrencilerin en çok zorlandıkları (Ünal & Ergin, 2006; She, 2002) fen kavramlarından biri olan 'Hava Basıncı' ile ilgili öğrencilerin birçok kavram yanılgısı literatürde ortaya konulmuştur (Bozan & Küçüközer, 2007; Rollnick & Rutherford, 1990; Ünsal, 2019). Bunun yanı sıra, 'Hava Basıncı' kavramı diğer basınç türlerinden farklı olarak etkilerinin gözlenmesi zor bir kavram olarak görülmekte ve sadece rüzgârın etkileri ve objelerin üzerine yaptığı basınçla algılanabilmektedir (Aksoy, 2003). 'Hava direnci' kavramı da benzer güçlükleri içermektedir (Nuhoğlu, 2008). Bu durum belirtilen kavramların iki boyutlu materyallerle öğreniminin yeterli olmamasına neden olmakta, üç boyutlu materyal ya da tasarımlar ile yaparak-yaşayarak öğrenmeyi gerektirmektedir (Şahin & Çepni, 2012). 'Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler', kuvvetle ilişkili bir diğer zor fen kavramı olarak görülmekte ve birçok kavram yanılgısı içermektedir (Heywood & Parker; 2001; Parker & Heywood, 2000; Driver vd., 2005). Örneğin; öğrenciler tarafından hareket halindeki bir cismin dengelenmiş kuvvetler etki ettiğinde duracağı düşünülmekte ve

dengelenmemiş kuvvetlerin etkisinde süratin ne olacağı tahmin edilememektedir (Seçer, 2008). Dolayısıyla bu kavramın öğretiminde öğrencilerin kuvvetin hareket üzerindeki etkilerini gözlemleyeceği ortamlar kurgulanmalıdır (Heywood & Parker, 2001). Newton' un birinci ve üçüncü hareket yasası ile ilişkilendirilen 'itme kuvveti' de kuvvet denge durumu ile açıklanmakta ve öğrenimi zor bir kavram olarak görülmektedir (Atasoy & Akdeniz, 2007; Kurt & Akdeniz, 2004; Sadanand & Kess, 1990). 'Ağırlık' kavramı ise genellikle bir kuvvet olarak algılanmamakta ve kütle ile karıştırılmaktadır (Koray & Tatar, 2003).

Literatürde görüldüğü üzere uçakların hareket ve tasarım unsurlarının açıklanmasında kullanılan bu kavramların ortak özelliği öğrenim zorluğudur. Dolayısıyla, uçakların çalışma prensiplerini anlamak da öğrenciler için zordur. Öğrenciler uçakları jetler gibi düşünmekte, uçakların uçabilmesi için çok hızlı olmaları gerektiğine yönelik yanlış algılar barındırmaktadır (Gerlach, 2010). Gerlach (2010) yürüttüğü araştırmada öğrencilere uçakların nasıl daimi bir şekilde uçtuklarını sorduğunda öğrencilerin düşüncelerini açıklayamadığını belirtmiştir. Bu durum kavramları anlama ve terminolojiye hâkim olmamalarından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Fen Bilimleri Öğretim Programında (MEB, 2018a) farklı ortaokul sınıf seviyelerinde yer alan; ancak uçakların tasarımsal donanım ve uçuş özellikleri bağlamında ve günlük yaşamda ilişki olan bu kavramların mevcut çalışma özelinde bir arada öğretimi söz konusudur. Bu şekilde farklı fen kavramlarının bir araya getirilmesiyle geliştirilen öğretim etkinliklerinin fen alanına ilgiyi ve öğrencilerin başarısını desteklemesi beklenmektedir (Çeken, 2010). Ayrıca Fen Bilimleri dersi sarmal ve birbiri üzerine temellendirilen kavramlar içermesi nedeniyle, bir kavramın öğrenimindeki eksiklik ya da yanlışlık diğer kavramların öğreniminde güçlükler oluşturabilmektedir (İnel Ekici, 2014). O halde bu tür farklı kavramların ilişkiselliği üzerinden gerçekleştirilen etkinliklerin, kavram yanlışlarına sebep olmadan öğrencilerin ilişkili kavramları zihinsel şemalarında yapılandırmasını sağlayabileceği söylenebilir (Çeken, 2010).

Daha önce de belirtildiği üzere, mühendislik tasarım yaklaşımı farklı fen kavramlarının ilişkiselliğinin bir mühendislik çerçevesinde incelenmesi için

kullanılabilmektedir (Lachapelle & Cunningham, 2007). Müfredat içi ve müfredatlar arası çapraz ilişkilerin çözümlenmesi için avantajlar sunmaktadır (Daugerty vd., 2010). Mevcut çalışmada da uçuş prensipleri altında incelenebilen itme/hava direnci/hava basıncı/dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler/ağırlık kavramlarının üç boyutlu tasarımlar geliştirilerek ve tasarımlar üzerinden etkilerinin gözlenerek açıklanması ile öğrenimi ön görülmektedir. Bu öngörü, mühendislik tasarım yaklaşımının fen kavramlarının öğrenimine sunduğu katkılar ve kavram öğretiminde yaparak-yaşayarak öğrenme vurgusu üzerine temellendirilmiştir.



3.1 Araştırma Modeli

Bu tezin amacı, ortaokul düzeyinde “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” geliştirmek ve bu ünitenin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin kavramsal öğrenmelerini ve mühendislik tasarım süreçlerine yönelik becerilerindeki gelişimi incelemektir. Bu doğrultuda araştırma soruları:

- I. *Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin uçuş prensiplerine yönelik kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?*
- II. *Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?*

Araştırma sorularını ele almak amacıyla çalışmada Tasarım Tabanlı Araştırma (TTA) (Design-Based Research) yöntemi benimsenmiştir (Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004). Mühendislik tasarımı temelli öğrenme odaklı bir ünite geliştirilmiştir. Ünitenin etkinliği kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerileri bakımından incelenerek ortaya konulmuştur.

Tasarım araştırmaları, önceki araştırmalardan elde edilen ilkelere dayanarak eğitim tasarımlarını test etmek ve iyileştirmek için biçimlendirici araştırma yürütmenin bir yolu olarak geliştirilmiştir (Collins vd., 2004). Tasarımdaki aşamalı iyileştirme yaklaşımı, bir tasarımın ilk durumunun nasıl çalıştığını görmek için örnekleme yerleştirilmesini içerir. Daha sonra tasarım, deneyime dayanarak geçerlilik kazanır ya da revize edilir.

Tasarım tabanlı araştırma (TTA) yöntemi 1992 yılında Brown ve Collins'in çalışmalarıyla ön plana çıkmıştır. İki araştırmacı, yöntemin isimlendirmesinde ilk olarak “tasarım denemeleri” terimini önermiş, sonrasında ise “tasarım tabanlı araştırma” yöntem için genel terim olarak kabul edilmiştir (Aşık & Yılmaz, 2017). Tasarım araştırmaları ile ilgili ilk makalelerden birinde Collins (1992), çalışmalarını eğitim bilimine dayandırmıştır. Simon (1969) ise bilimi araştırma düzlemi bakımından analitik (veya doğal) bilimler ile tasarım bilimleri olarak sınıflamış ve bunlar arasındaki ayrımı tartışmıştır. Fizik, biyoloji ve antropolojiyi analitik bilim olarak ifade eden Simon (1969), bu bilimlerin dünyadaki olayların nasıl açıklanabileceğini anlamak ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Havacılık, yapay zeka ve akustik gibi alanları ise tasarım bilimleri olarak belirtmiş ve buradaki amacın, tasarlanan eserlerin (örn. uçaklar, robotlar veya konser salonları) farklı koşullar altında nasıl davrandığını belirlemek olduğunu ifade etmiştir. Tıpkı araştırmacıların farklı tasarımların kaldırma, sürüklenme ve diğer bağımlı değişkenleri nasıl etkilediğine baktığı havacılıkta olduğu gibi farklı öğrenme-çevre tasarımlarının öğretimde bağımlı değişkenleri nasıl etkilediğini araştırdığımız bir eğitim bilimi geliştirmemiz gerektiğini savunmuştur (Simon, 1969). Günümüzde birçok eğitim araştırması bu bakış açısı ile yürütülmektedir (örn. Anderson & Shattuck 2012; Kuzu, Çankaya, & Mısırlı, 2011). TTA bir ürün elde etmek ve yenilik getirmek için öncelikle o ürünü veya yeniliği anlamının gerekliliğine vurgu yapar (Gravemeijer & Cobb, 2006). Bir ürünün ilk sürümlerini uygulamaya koymayı ve nasıl çalıştığını araştırmayı ifade eder. Bir öğrenme etkinliği, bir müfredat, bir değerlendirme yöntemi veya teknolojiye dayalı bir öğrenme ortamı tasarlamak tasarım tabanlı araştırma çalışmalarının genel uygulama alanları olmakla birlikte; çoğunlukla bir konu dahilinde öğretim yöntemi veya birimi geliştirme sürecinde bu yöntemden yararlandığı görülmektedir (Plomp & Nieven, 2013).

Tasarım tabanlı araştırmalar bir bağlam üzerinden yürütülür (sınıf, öğretim tasarımı, vb.) ve öğrenme ortamında meydana gelen deneyimlere dayanarak değerlendirilir ve geliştirilir (Zangori & Forbes, 2015). Araştırmacıların geliştirilen destek ve öğretim programlarının öğrencilere ne ölçüde faydalı olacağını ortaya koymaları bakımından bu değerlendirme önemli görülmektedir (Aşık & Yılmaz,

2017). Bu çalışmadaki bağlam araştırmacı tarafından geliştirilen “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” dir. Geliştirilen ünitenin bir örneklem üzerinde uygulanması sürecine yönelik deneyim elde edilmesi ve bu deneyimlere dayanarak değerlendirilmesi söz konusudur. Ayrıca bir tasarım araştırması, sadece bağlamları değerlendirmeyi amaçlamaz; eğer etkili olacaksa teorik soruları ve konuları da ele alması beklenir. Dolayısıyla tasarım araştırmaları her zaman hem teoriyi hem de pratiği geliştirmenin ikili hedeflerine sahip olmalıdır (Collins vd., 2004). Mevcut çalışmada bağlamı oluşturan “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” nin değerlendirilmesinin yanı sıra, “kavramsal öğrenme” ve “mühendislik tasarım süreç becerileri” nin değerlendirilmesi de söz konusudur. İlgili bağlamın deneyimlenmesi dâhilinde bu kritik tasarım öğelerinin açıklanması ve geliştirilmesi, bağlamın (ünite) bu kritik tasarım öğeleri (kavramsal öğrenmeler, mühendislik tasarım süreç becerileri) açısından öğrencilere nasıl fayda sunduğu da araştırmanın bir diğer çalışma konusunu oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu açıdan, mevcut çalışmanın tasarım tabanlı araştırmanın doğasına uygun olarak planlandığı söylenebilir.

Anderson ve Shattuck (2012)’a göre tasarım araştırması prototiplerin oluşturulması, test edilmesi ve yeniden düzenlenerek geliştirilmesi şeklinde birbirini tekrar eden döngülerle ilerler. Eğitimsel yeniliklerin pratikte nasıl, ne zaman ve neden çalıştığını anlamak için önemli bir metodoloji olarak tasarım tabanlı araştırmalar, araştırmacıların gerektiğinde programa müdahale etmelerini sağlar (Design-Based Research Collective [DBRC], 2003). Van den Akker, Gravemeijer, McKenney ve Nieveen (2006) tasarım tabanlı araştırmanın özelliklerini; müdahaleci, yinelemeli, süreç odaklı, fayda odaklı ve teori odaklı olarak özetlemiştir. TTA yaklaşımı her ne kadar deneysel eğitim araştırmalarına benzer gözükse de, deneysel çalışmalarda eğitim programı sert bir kalıp şeklinde önceden türetilmiştir ve süreçte değişim olanağı sunmaz (DBRC, 2003; Hoadley, 2004). TTA’ nın esnek bir araştırma alanı sunması, süreç içerisinde öğrencilerin yansıttıkları doğrultusunda araştırmacıya müdahale ve iyileştirmeler yapma fırsatı vermektedir. Bu çalışma kapsamında metodolojiye uygun olarak ünitenin süreç içerisinde tekrar düzenlenmesi söz konusu olmuştur. Yapılan bu değişiklikler TTA yaklaşımının sunduğu esnek araştırma doğasına uygundur. Öte yandan TTA’ da

öğretmenler araştırma sürecine etkin katılmaktadırlar ve araştırmacı ayrıca öğretmen olarak araştırmada yer alabilmektedir. Bu çalışmada da araştırmacı uygulama sürecinde öğretmen olarak yer almaktadır.

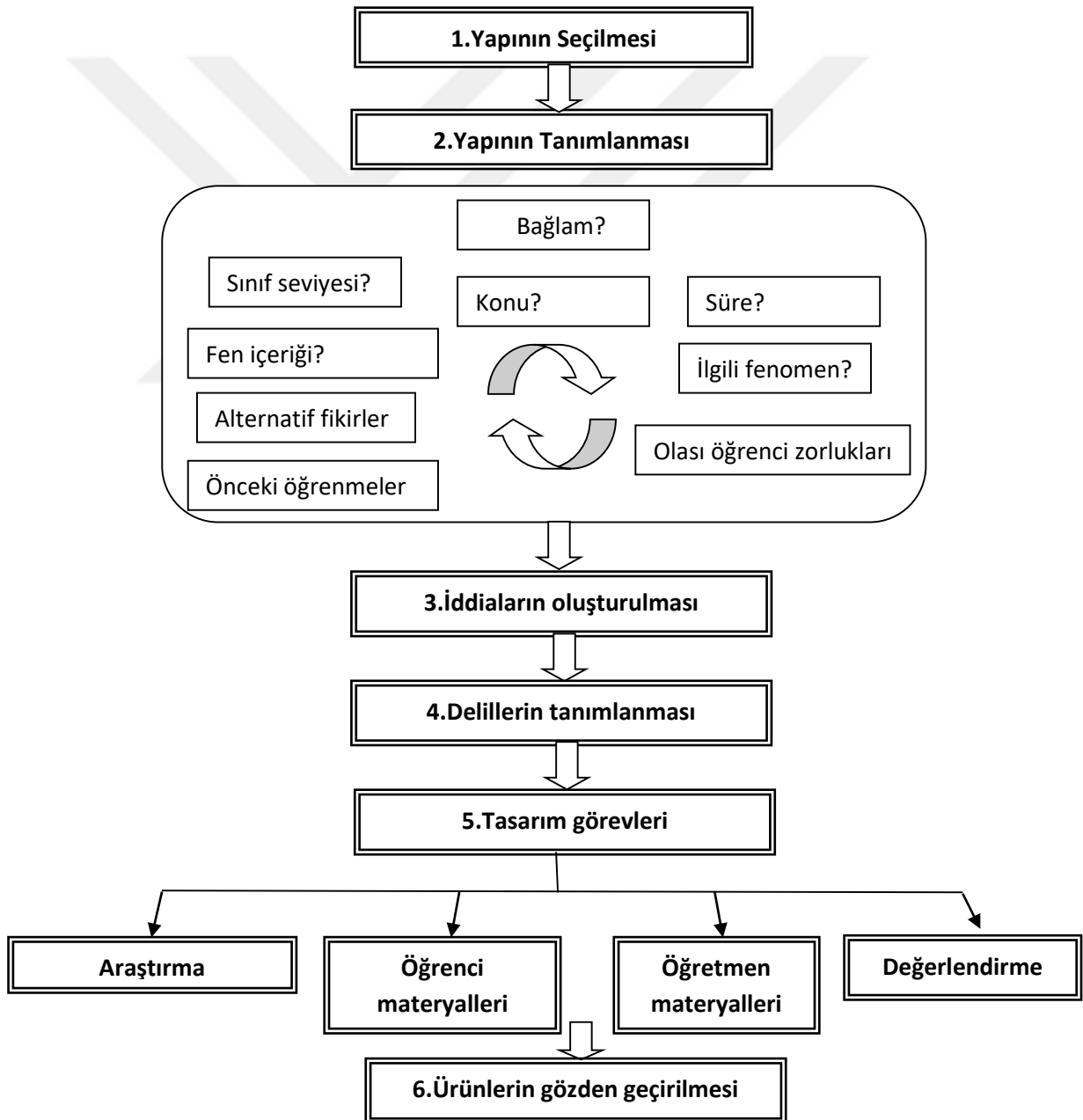
Büyük ölçekli çalışmalar, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerini değerlendirmek için nicel yöntemler sunmaktadır. Tasarım tabanlı araştırmalar ise eğitim ortamları ile bağlamsallaştırılmıştır ve ancak tasarım sürecini yönlendirmek için genellemeye odaklanılmıştır. Bu haliyle eğitim uygulamalarını geliştirmek için gerekli olan deneysel yöntemler dizisinde bir oyuğu doldururlar (Collins vd., 2004). TTA yaklaşımında bir problemi çözenin ötesinde teorik hedefler de söz konusudur (DBRC, 2003; Wang & Hannafin, 2005; Aşık & Yılmaz, 2017). TTA'larda bağlamın detaylı analizinin yapılması ve bu analizler doğrultusunda farklı uygulamalar içeren teoriye dönük genellenebilir tasarımlar oluşturulması esas amaçtır (Goldkuhl, 2013). Dolayısıyla tasarım tabanlı araştırmalar, bizi daha iyi bir eğitimsel ayrıntılandırmaya yönlendirmek için iki kritik parçayı bir araya getirir: bir tasarım odağı ve kritik tasarım öğelerinin değerlendirilmesi (Collins vd., 2004). Mevcut çalışmada tasarım odağı “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” dir ve kritik tasarım öğeleri “kavramsal öğrenmeler” ve “mühendislik tasarım süreç becerileri” olarak belirlenmiştir. Tasarım odağının etkililiği bu iki tasarım öğesinin değerlendirilmesi ile açıklanmaktadır. Tasarım odağının değerlendirilmesinde kati olarak nitel ya da nicel veri ayırımına gidilmemekte; TTA yaklaşımının doğasına uygun olarak odağa uygun veri toplama araçlarının tespit ve geliştirilmesine odaklanılmaktadır.

3.2 Araştırma Tasarımı

Bu çalışmada kritik tasarım öğeleri olan “kavramsal öğrenmeler” ve “mühendislik tasarım süreç becerileri”ne ilişkin ilerlemeleri açıklamak için TTA yaklaşımı çalışması, “yapı-merkezli tasarım” modeline dayandırılmıştır (Shin, Stevens, & Krajcik, 2010). Yapı merkezli tasarım modeli, müfredat materyalleri geliştirmede kullanılan ‘*hedef odaklı öğrenme tasarımı [learning-goal-driven design (LGD)]*’ ile değerlendirme araçlarının geliştirilmesinde kullanılan ‘*kanıt temelli tasarım [evidence-centered design (ECD)]*’ yaklaşımlarının değiştirilip geliştirilmesiyle

ortaya çıkmıştır (Shin vd., 2010). Dolayısıyla müfredat geliştirme ve değerlendirmenin iç içe geçtiği ve birbirinin desteklediği bir araştırma tasarımı olarak bilinmektedir. Bu şekilde, teori ve pratik iç içe geçmiştir, böylece son ürün hem teori değil, aynı zamanda uygulama ile de ilgilidir (Shin vd., 2010; Zangori & Forbes, 2015).

Mevcut çalışmada kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerileri ünite tasarımı içine gömülüdür ve ünitenin geliştirilmesinin bir parçasıdır. Bu sebeple yöntemleri tanımlamak için yapı merkezli tasarım adımları kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Yapı merkezli tasarım süreci (Shin vd., 2010, s.42)

Yapı merkezli tasarım sürecinin basamakları ve mevcut araştırma kapsamında bu basamaklar altında yürütülen çalışmalar aşağıda sırayla açıklanmaktadır.

3.2.1 Yapının Seçilmesi ve Tanımlanması

Yapı, öğrencilerin üzerinde çalışacakları ve öğrenmelerden sorumlu tutulacakları fikirleri tanımlar (Zangori & Forbes, 2015; Shin vd., 2010). Öğrencilerden beklenen öğrenme ilerlemesi yapı olarak seçilir. Seçilen yapı uzman bilgisine ve ilgili öğrenme araştırmalarına dayanarak tanımlanır. Bu süreç, yapı içinde yer alan fikirleri tanımlamayı içerir. Yapıyı anlamak için çok önemli olan kavramlar açıkça belirtilerek yapı daha küçük bileşenlere bölünür (Shin vd., 2010). Öğrencilerden beklenen anlayış derinliği de açıkça tanımlanır.

Araştırmada uçak mühendisliği ünitesi üzerinden ilgili fen içeriklerinin öğrenilmesinin ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin izlenmesi söz konusudur. Bu çalışmada öğrencilerin öğrenme ilerlemeleri “kavramsal öğrenmeler” ve “mühendislik tasarım süreç becerileri” olmak üzere iki başlıklıda ve dolayısıyla yapının da çift başlı olduğu söylenebilir. Bu çift yapı dahilinde:

- (1) Kavramsal öğrenmelerin tanımlanmasında öğrencilerin uçak mühendisliği ünitesinde yürütülecek uçuş prensiplerine yönelik bilgilerini belirlemek ve ölçmek amaçlanmıştır ve bu amaçla Milli Eğitim Bakanlığı İlköğretim Kurumları Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (2018) incelenmiştir. Ayrıca uçuş prensipleri ile ilgili teknik kavram ve bilgiler listelenmiştir. Öğrencilerin hazır bulunuşlukları ve öğretim programı dâhilinde iki liste eşleştirilerek ilişkili konu başlıkları belirlenmiştir:

Tablo 3.1 Fen bilimleri konu içerikleri ve uçuş prensipleri ilişkili başlıklar

MEB İlköğretim Fen Bilimleri Öğretim Programı İlgili Konu Başlıkları	Uçak Mühendisliği/Uçuş Prensipleri Konu Başlıkları
Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler	Uçuş Kuvvetleri
Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi	Ağırlık
Hava Direnci	Sürüklenme
Hava Basıncı	Kaldırma Kuvveti
Kuvvet Çeşitleri: İtme	İtme

(2) Mühendislik tasarım süreç becerilerinin tanımlanmasında, literatürde mühendislik tasarım süreçleri altında ifade edilen işlemler listelenerek belirlenmiştir:

Tablo 3.2 Mühendislik tasarım aşamaları ve yürütülen işlemler

Mühendislik Tasarım Aşaması	Yürütülen İşlemler
Problemin Tanımlanması	-Soru sorma -Kriterleri belirleme -Sınırlılıkları belirleme
Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi	- Beyin Fırtınası - Analiz Değerlendirme - Araştırma - Karar verme - Tahmin etme - Optimizasyon - Ödünleşim
Tasarım Ürününün Geliştirilmesi	-Prototip oluşturma -Test etme -Deneysel veri -Yorumlama

Yapının tanımlanması süreci konu ile ilgili bağlamın (ünite), olası öğrenci zorluklarının, hazır bulunuşluk ve planlanan süre gibi bileşenlerin açıklanmasını da içerir (Şekil 3.1). Bu bileşenler ünitenin geliştirilmesi başlığı altında detaylandırılmaktadır.

3.2.2 İddiaların Oluşturulması ve Delillerin Tanımlanması

Bu aşama öğrencilerde beklenen belirli kavramlarla ilgili bilgi ve anlayışın doğasını belirlemeyi içerir. Bu süreçte “bilmek” ve “anlamak” gibi belirsiz terimlerden kaçınılması gerektiği vurgulanmaktadır (Shin vd., 2010). Öğrenci öğrenmesinin önemli bir kısmı, ilgili fikirleri bağlama ve bilgiyi yeni durumlara uygulama becerisini, yani bilişsel görevleri içerir (Bransford, Brown & Cocking, 1999). Bu nedenle, öğrenmeye ilişkin iddiaların, öğrencilerin yapıyı bütünleşik bir şekilde nasıl anladıklarını açıklayabilmesi için, öğrencilerin hem bireysel konulardaki hem de ilgili konular arasındaki fikirlerini nasıl bağlayabilmeleri gerektiğini belirtmesi önemlidir (Shin vd., 2010).

Deliller ise öğrenci çalışmasının belirli bir iddiayı ya da iddia kümesini desteklemesi için gerekli durumları (örn. davranışlar ve performanslar) belirtir

(Shin vd., 2010). Fen bilimleri dersi konu başlıkları belirlenip; uçuş prensipleri ile ilişkiselliği çözüldükten sonra, öğrencilerin gerçekleştirmesi gereken bilişsel görevleri ifade etmek için “öğrenme performansları” geliştirilmiştir (Krajcik, McNeill & Reiser, 2008). Öğrenme performanslarının geliştirilmesi kritik bir adımdır. Fen standartları, bilimsel fikirlerin beyan edici ifadeleridir ve bu nedenle öğrencilerin bu kavramlarla ilgilenmesini istediğimiz akıl yürütmenin türünü belirtmez. Bilim reformunda önemli bir tema, öğrenmenin amacının öğrencilerin bilimsel bilgi ile akıl yürütmesi olduğu anlamlı anlayışa odaklanmak olmuştur (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Dolayısıyla bu çalışmada öğrencilerin uçuş prensiplerini tasarımsal çıkarımları üzerinden bilgi yapılandırarak gerçekleştirmesi beklendiğinden öğrenme ilerlemelerine ilişkin delil oluşturacak “öğrenme performansları” bu ilişkisellik üzerinden tanımlanmıştır. Tablo 3.1’ de belirtilen öğretim programı kapsamındaki konu başlıkları ile ilgili kazanımlar listelenmiş ve uçuş prensipleri ile ilişkilendirilerek öğrenme performansları belirlenmiştir.

Tablo 3.3 Kavramsal öğrenmelere ilişkin öğrenme performansları

MEB Kazanımı x Uçak Mühendisliği Pratikleri = Öğrenme Performansı		
MEB Kazanımı	Uçak Mühendisliği Pratikleri	Öğrenme Performansı
F.6.3.1.1. Bir cisme etki eden kuvvetin yönünü, doğrultusunu ve büyüklüğünü çizerek gösterir.	Uçakların kalkış, iniş, havada süzülme durumları ve 4 kuvvet konumunu çizerek gösterir.	Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri uçakların iniş, kalkış ve havada süzülme durumları üzerinden açıklar.
F.6.3.1.2. Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deneyerek gözlemler.		
F.6.3.1.3. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri, cisimlerin hareket durumlarını gözlemleyerek karşılaştırır.		

Tablo 3.3 Kavramsal öğrenmelere ilişkin öğrenme performansları (devamı)

F.7.3.1.1. Kütleye etki eden yer çekimi kuvvetini ağırlık olarak adlandırır. F.7.3.1.2. Kütle ve ağırlık kavramlarını karşılaştırır.	Uçakta kaldırma kuvvetine zıt yönlü etki eden kuvveti AĞIRLIK olarak tanımlar.	Ağırlık kavramını aşağı yönlü bir kuvvet olarak belirtir ve uçakta ağırlık ile ilgili tasarımsal çözümleri açıklar.
F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar. F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.	Sürüklenme kuvvetinin uçağın hareket yönüne zıt ve hava direncine bağlı bir kuvvet olarak açıklar, yavaşlatıcı etkisi ve tasarımsal durumlar.	Havada hareket eden cisimlerin sürüklenme kuvvetine yönelik çıkarımlarda bulunur ve tasarımsal çözümler sunar.
F.8.3.1.3. Gazların basınç özelliklerinin günlük yaşam ve teknolojiye uygulamalarına örnekler verir.	Bernoulli İlkesi, Kaldırma Kuvveti, Kanat tasarımı.	Havanın yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareketini havalanma ile ilişkilendirir ve havalanma için tasarımsal öneriler sunar.
F.6.3.1.2. Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deneyerek gözlemler.	Uçaklarda itme kuvvetinin oluşumu ve diğer kuvvetlerle etkileşiminin sonuçları.	Bir cisim üzerinde itme kuvveti oluşturmak için ters yönlü kuvvetten yararlanılabileceğini açıklar.

***Tabloda sunulan uçak mühendisliği pratikleri İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)- UCK111 Uçak Mühendisliğine Giriş ve Etik ders notlarından kurgulanmıştır (https://web.itu.edu.tr/yukselen/UCK111/UCK111_Index.htm Alıntılanma Tarihi 08.05.2020)

Araştırmanın bir diğer yapısı olan mühendislik tasarım süreç becerilerinde öğrenme ilerlemelerine ilişkin delilleri ortaya koymak ve öğrenme ilerlemelerini ölçmek için, mühendislik tasarım süreç becerileri literatür ışığında tanımlanarak belirlenmiş ve deliller sunulmuştur.

Tablo 3.4 Mühendislik tasarım süreç becerileri performansının tanımlanması

Mühendislik Tasarım Aşaması	Beklenen Performans
Problemin Tanımlanması	-Tasarım probleminin kriterlerini tanımlar. -Sınırlılıklarını tam ve doğru olarak belirler.
Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi	-Etkin beyin fırtınası süreci yürütür. -Probleme uygun çok sayıda çözüm önerisi geliştirir. - Ödünleşim, analiz ve değerlendirme içeren karar verme süreçleri yürütür.
Tasarım Ürününün Geliştirilmesi	-Çözüm önerisini tasarım ürünü olarak geliştirir, uygun testleri kullanarak test eder, test veri ve değerlendirmeleri ışığında gerekli iyileştirmelerle yeniden tasarlama süreci yürütür.

3.2.3 Tasarım Görevleri

Bu aşama öğrenme ve değerlendirme araçlarının geliştirilmesini içerir. İddia ve delillere dayanarak oluşturulan tasarım görevleri, ilgili iddiayı desteklemek için uygun kanıtlar sunar. Görevler, öğrencilerin talep edilen bilgi ve becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak öğrenme materyalleri veya öğrencilerin iddiada belirtilen bilgiye sahip olup olmadığını ölçen değerlendirme ürünleri olabilir (Shin vd., 2010; Zangori & Forbes, 2015).

Bu çalışma için öğrenme materyali, araştırmacı tarafından geliştirilen “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” dir. Benzer çalışmalardan farklı olarak “öğrenme ilerlemeleri” amaç değil, ünite bağlamının değerlendirilmesi için araç olarak tasarım merkezli çalışmaya yerleştirilmiştir. Öğrenme ilerlemelerinin değerlendirildiği çalışmalarda öncelikle yapı belirlenir ve yapıya uygun ünite

bağlamı tespit edilir ya da geliştirilir. Bu çalışmada ise ünitenin geliştirilmesi tasarım odağı olduğundan, üniteyi değerlendirmek için kritik tasarım öğeleri belirlenmiştir. Yapı merkezli tasarım süreci bu bakış açısı ile yürütülmüştür. Bu çalışmada mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımı dâhilinde uçak mühendisliği teması üzerinden uçak mühendisliği tasarım ünitesi geliştirmek ve bu ünitenin yapı merkezli araştırma yaklaşımı ile fen kavramlarını ve mühendislik tasarım süreçlerini öğrencilere aktarmadaki işlevliğini değerlendirecek kanıtlar toplamak amaçlanmıştır. Ünite bağlamının geliştirilmesi sürecine bir sonraki başlıkta yer verilmiştir.

Değerlendirme ürünleri, öğrenme iddiasını desteklemek için yeterli kanıtın bulunup bulunmadığına dair bir yargıda bulunulmasına fırsat oluşturmak amacıyla öğrencilerin performanslarını ortaya çıkarmak veya oluşturmak için tasarlanmıştır. Tek bir değerlendirme görevi veya durumu birden fazla talep için kanıt sağlayabildiği gibi; tek bir iddiayı değerlendirmek için birden fazla görev de gerekebilir (Shin vd., 2010; Kirsh, 2003). Mevcut araştırmada öğrenme ilerlemelerine kanıt oluşturmak için “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Soruları”, “Mühendislik Günlüğü” ve “Odak Grup Görüşme Soruları” geliştirilmiştir. “Veri Toplama Araçları” başlığı altında bu süreçler detaylı açıklanmıştır.

Özetle; bu basamak kapsamında ünite ve veri toplama araçları geliştirilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmalara yönelik ayrıntılı bilgiler gelecek bölümlerde detaylı açıklanmaktadır.

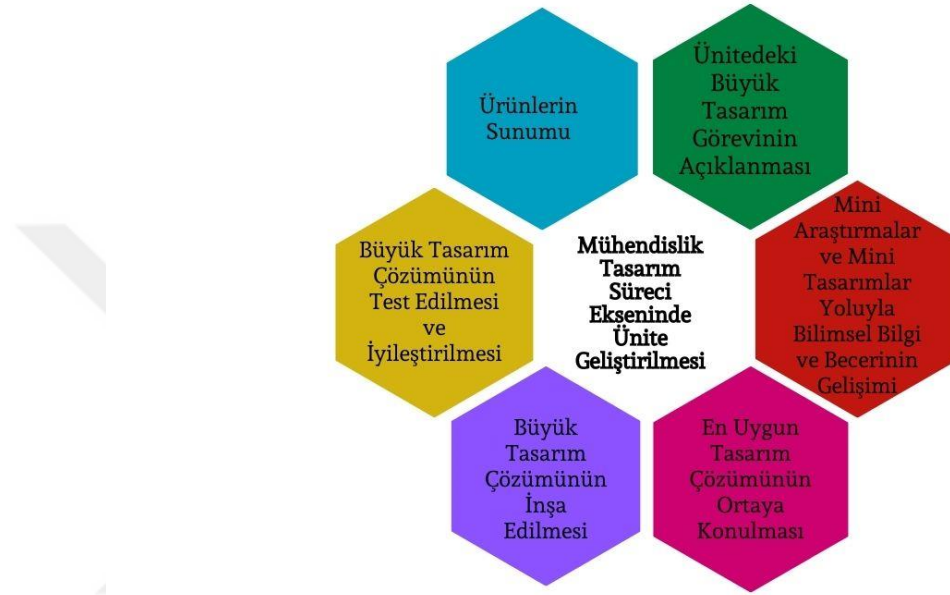
3.2.4 Ürünlerin Gözden Geçirilmesi

İddialara ve kanıtlara dayalı olarak oluşturulan öğrenme görevleri ve değerlendirme araçları, ilgili iddiayı desteklemek için uygun kanıtlar sunan bir yanıt sağlar. Değerlendirme veya öğrenme görevleri, öğrenme iddiasını desteklemek için yeterli kanıtın var olup olmadığı konusunda bir yargıya varılması amacıyla öğrencilerin performanslarını ortaya çıkarmak veya oluşturmak için tasarlanır (Shin vd., 2010). Bu aşamada toplanan veriler doğrultusunda ünite görevinin öğrenmeye katkısının değerlendirilmesi sağlanmalıdır. Çalışma kapsamında, geliştirilen ünitenin öğretimi, bir devlet ortaokulundadır.

Böylece uygulama ve veri toplama aşaması tamamlanmıştır. Uygulama öncesi, uygulama süreci ve uygulama sonrası toplanan veriler analiz edilmiştir.

3.3 Ünitenin Geliştirilmesi

Ünitenin geliştirilmesi sürecinde Wendell vd. (2010) tarafından mühendislik tasarım temelli ünite geliştirme süreci için önerilen yaklaşım benimsenmiştir.



Şekil 3.2 Mühendislik tasarım süreci ekseninde yapılandırılacak fen öğretimi (Wendell vd., 2010)

Bu yaklaşıma göre mühendislik tasarımı temelli ünite modelinde öğrenciler ünite ana tasarımı öncesinde mini araştırma ve mini tasarımlar yoluyla bilgi ve becerilerini geliştirir. Ardından ünite ana tasarımına yönelik çözümler geliştirir, en iyi çözüme karar verir, inşa ve test ederler. Dolayısıyla ünite uçuş prensipleri ile ilgili mühendislik tasarım etkinliklerinin yanı sıra farklı öğrenme aktivitelerini de içermektedir. Ünitenin genel yapısı bu doğrultuda geliştirilmiştir. Ünite ana tasarımı belirlenmiş ve ardından öğrencilerin ünite ana tasarımına bilgi ve beceri bakımından hazırlanması için mini tasarım ve etkinlikler planlanmıştır.

Ünitenin genel tasarımı tamamlandıktan sonra, üniteye yer alacak her alt mühendislik tasarım etkinliğini planlamak için Dankenbring ve arkadaşları (2014)

tarafından öğretmenlere önerilen aşamalar takip edilmiştir. Bu aşamalar ve kapsamında yürütülen çalışmalar aşağıda detaylı açıklanmıştır:

Adım1: Fen standardının tanımlanması: İlk adım, performans beklentisi ve ilgili disiplin temel fikirleri de dahil olmak üzere bir bilimsel standardın tanımlanmasıdır. Ünite tasarımında geçecek fen, matematik, mühendislik vb. kavram ve kazanımlar bu aşamada açıkça tanımlanmalıdır (Dankenbring vd., 2014). Bu adımda 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018a) kapsamında belirlenen fen bilimleri ile ilgili kazanımlar daha önce de belirtildiği gibi listelenmiş ve Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Adım2: Tasarım odaklı faaliyetler için beyin fırtınası: Bir sonraki adım, mühendislik tasarımı görevlerine uyarlanabilecek faaliyetler konusunda beyin fırtınası gerçekleştirmektir. Bu aşamada öğrencilerin bir ürün veya süreç geliştirerek çözebilecekleri ve açık uçlu bir problem halinde sunulabilecek aktivitelerin seçilip düzenlenmesi sağlanır (Dankenbring vd., 2014). Daha önce benzer kavram ve süreç odaklı yapılmış etkinlikler incelenerek listelenir ve araştırmacı tarafından yeni etkinlikler tasarlanır. Bu aşamada araştırmacı tarafından uçuş prensiplerinin öğretimine yönelik etkinlikleri listelemek üzere ulusal ve uluslararası tezler, mühendislik tasarım temelli yaklaşımla geliştirilen etkinlikler sunan makaleler, mühendislik tasarım temelli müfredat geliştirme projeleri ders içerikleri, MEB ders kitapları (5-6-7-8.sınıf fen bilimleri ve 9.sınıf fizik), uçak mühendisliği bölümü lisans eğitimi ders içerikleri incelenmiş, havacılık alanında eğitim almış ve görev yapmakta olan uzmanlar ve deneyimli fen bilimleri öğretmenlerinin görüşleri alınmıştır. Özgün ve öğrenci hazır bulunuşluk düzeyine uygun etkinlikler tasarlamak üzere beyin fırtınası süreci bu çalışmalarla yürütülmüştür. İlgili kazanımları ve bu kazanımlar ile ilişkili mühendislik süreçleri içeren dört mühendislik tasarım etkinliği geliştirilmiştir.

Adım 3: Tasarım görevi ile bir problem durumunun ilişkilendirilmesi: Bu adım, tasarım etkinliği sırasında inşa edilecek ürün veya süreçle ilgili çeşitli günlük problemler hakkında düşünmeyi içerir. Problemin açıklanması ve öğrencilerin bir fen kavramının uygulanması yoluyla problemi çözmek için çeşitli fikir ve yöntemler kullanmasına izin verecek günlük hayat problemleri hikayeleştirilerek

tasarım görevi ile ilişkilendirilir (Dankenbring vd., 2014). Bu aşamada öğrenme hedefleri ile ilişkili mühendislik tasarım görevleri belirlenmiştir.

Tablo 3.5 Fen bilimleri kazanımları ve belirlenen mühendislik görevleri

İlişkili Fen Kazanım Numaraları	Mühendislik Görevi
Hava basıncı; F.8.3.1.3., Ağırlık; F.7.3.1.1., F.7.3.1.2.	Hava akımı ile karşılaştığında bağıl ağırlığı en fazla azalacak bir kanat profili tasarlamak
İtme kuvveti; F.6.3.1.2	Havanın itme kuvvetinden yararlanarak aynı doğrultuda uzun menzil ilerleyecek bir planör tasarımı geliştirmek
Hava direnci; F.7.3.3.2	4 metre uzaklıktaki bir hedefe gönderilecek, hava sürtünmesinden etkilenmeden hızla ilerleyebilecek bir kâğıt uçak tasarlamak
Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler; F.6.3.1.1., F.6.3.1.2., F.6.3.1.3.	Basit malzemelerle dört uçuş kuvvetine yönelik tasarımsal çözümleri içeren, havada uzun süre düşmeden ilerleyecek yenilikçi uçak tasarımı geliştirmek

Adım 4: Gerekli Malzemelerin, Kaynakların ve Araçların Belirlenmesi: Aktivite temelli fen derslerinin çoğunda olduğu gibi, ucuz, güvenli, tasarım görevi ile uyumlu ve kolay ulaşılabilir materyaller araştırılarak seçilir. Bu aşamada problem durumları ile uyumlu olan malzemeler değerlendirilmiş ve öğrencilerin günlük hayatta da tasarımlarına devam edebilmesi için atık malzemeler ve uygun maliyetli bazı basit malzemeler seçilmiştir.

Adım 5: Tasarım Özeti'nin Geliştirilmesi: Tasarım özetleri, tasarım görevinin içeriğini, temel bilgileri ve öğrencilerin probleme yönelik bir çözüm bulmaları için gereken ayrıntıların açıkça belirlenmesini kapsar. Sorun, bir hedef, müşteri, son kullanıcı, kriterler ve kısıtlamalar içeren bir bağlam kullanılarak tanıtılıp detaylandırılır (Dankenbring vd., 2014). Öğrencilere yöneltilecek tasarım öncesi sorular, tasarım problemi ve tasarım sürecine yönelik yöneltilmeler için öğretmen

etkinlik planı ve öğrenci mühendislik günlüğü geliştirilmiştir. Her etkinlik planı için etkinlik şablonu oluşturulmuştur.

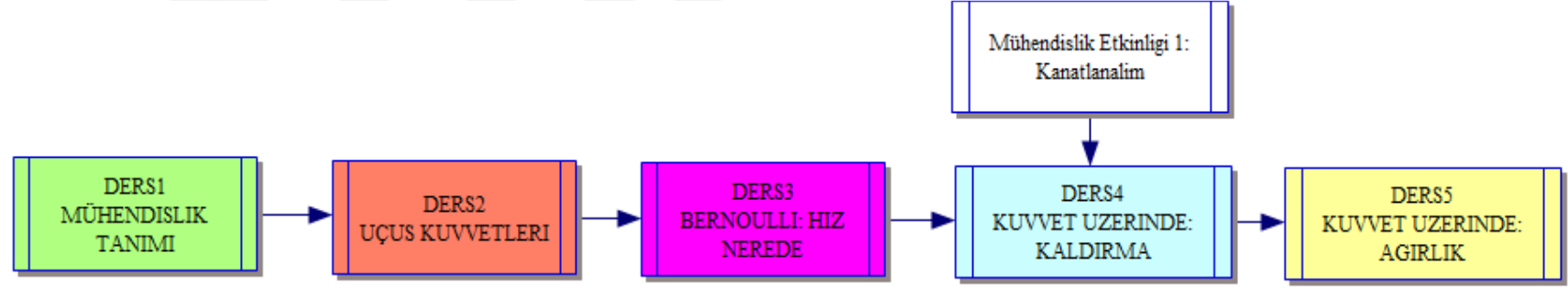
Tablo 3.6 Etkinlik planı şablonu

ETKİNLİK ADI
SINIF SEVİYESİ
ÖNERİLEN SÜRE
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ
MALZEMELER
ALİŞTİRMA ETKİNLİKLERİ
PROBLEM DURUMU
MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ
1-Problemin Tanımlanması 2-Problemin Araştırılması 3-Olası Çözümler Geliştirilmesi 4-En İyi Çözümün Seçilmesi 5-Prototip Geliştir 6-Test etme ve Değerlendirme 7-Çözümle İlişkilendirme 8-Tekrar Tasarlama 9-Karar Verme
TASARIM SONRASI

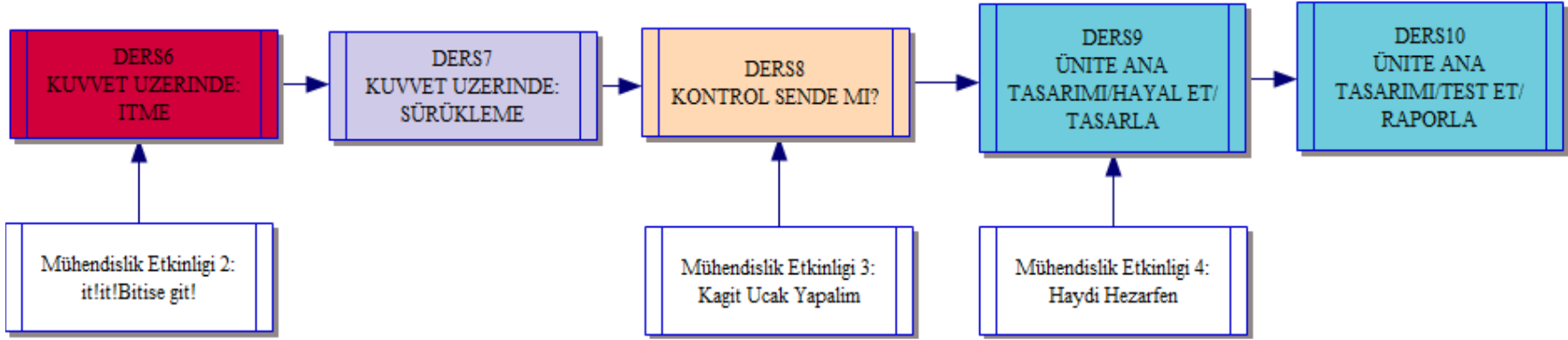
Ünitenin tüm süreci için etkinlik planları etkinlik şablonu dahilinde düzenlenmiş ve öğretmen ünite kılavuzu geliştirilmiştir (Bkz. Ek A). Öğretmen kılavuzu tüm sürecin uygulama süresi, kullanılacak malzemeler ve etkinlik şablonlarını içermektedir.

Adım 6: Tasarım Görevinin Uygulanması: Mühendislik tasarım görevleri, uygulamak için önemli miktarda zaman gerektirebilmektedir. Bu aşamada geliştirilen ünitenin uygulama ve zaman çizelgesi oluşturulmuştur. Öğrencilere tasarım sürecinin tanıtılması, tasarım görevleri, tasarım alt etkinlikleri ve büyük tasarım görevinin geliştirilmesi, ölçme ve değerlendirme etkinlikleri dikkate alınarak sınıf oturumları planlanmıştır.

Bu planlama kapsamındaki ünite etkinlik planı Şekil 3.3'te sunulmuştur. Ünitenin uygulanabilirliğini sağlamak üzere öğretmen kılavuzu ve öğrencilerin yürütecekleri süreçlere rehberlik etmesi amacıyla öğrenci mühendislik günlüğü, öğretmen ve öğrenci ünite araçları olarak geliştirilmiş ve ekte sunulmuştur (Bkz. Ek B).



63



Şekil 3.3 Uçak mühendisliği tasarım ünitesi etkinlik çizelgesi

Ünitenin geliştirilmesinin ardından fikirlerine başvurmak üzere uzmanlar belirlenmiş ve uzman görüşleri alınmıştır:

Tablo 3.7 Ünite ile ilgili görüş bildiren uzmanlar ve görüş kapsamları

Uzman	Unvan	Deneyim Yılı	Görüş Kapsamı
1	Pilot	1	Uçuş prensipleri kavram ve bilgileri
2	Pilot	6	Uçuş prensipleri kavram ve bilgileri
3	Uçak Mühendisi	5	Uçuş prensipleri kavram ve bilgileri, uçak mekaniği ile ilgili kavramsal hata ve bilgi yanlışları
4	Fen Bilimleri Uzmanı	12	Ortaokul düzeyine ve öğrenci hazır bulunuşluğuna uygunluk
5	Fen Bilimleri Uzmanı	4	İlişkili fen bilimleri kavram ve kazanımlarına uygunluk

Görüşlerin alınması ile birlikte ünite üzerindeki ortak görüşler değerlendirilmiş ve ünite düzenlenmiştir. Tasarım etkinliklerinin son düzenlemelerini yapabilmek için pilot uygulama, mühendislik tasarım odaklı dört ders etkinliği üzerinden gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışmada tasarım etkinlikleri, ders süresi, etkinlik ve malzeme uyumu, öğrencilerin yaşadığı zorluklar bakımından gözlem altına alınmıştır. Öğrencilerin tasarım etkinliklerinde harcadıkları süre değerlendirilmiş ve planlama ile karşılaştırılarak süre düzenlemesi yapılmıştır. Bunun yanı sıra öğrencilerin tasarım sürecinde belirlenen malzemeler ile tasarım etkinliğini gerçekleştirebilirliği ve yaşadıkları zorluklar (strafor kesme, delme, bağlama vb.) gözlenerek değerlendirilmiştir. Tespit edilen malzeme etkinlik uyumsuzlukları değerlendirmesi sonucu eksik malzemeler ya da değişmesi gereken malzemeler belirlenerek malzeme listesi tekrardan düzenlenmiştir.

Yapı merkezli tasarım araştırması doğrultusunda uygulanan ünitenin, kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerileri bakımından toplanan verilerle etkililiği değerlendirilerek ortaya konulmuştur.

3.4 Veri Toplama Araçları

Geliştirilen ünitenin ilgili fen kavramlarına ve mühendislik tasarım süreç becerilerine yönelik öğrenme ilerlemelerinin izlenebilmesi için kullanılan veri toplama araçları ve uygulama planı aşağıdaki gibidir:

Tablo 3.8 Veri toplama araçları uygulama süreci

Veri Toplama Amacı	Uygulama Öncesi	Uygulama Süreci	Uygulama Sonrası
Kavramsal Öğrenmelerin İzlenmesi	Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi		Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi
Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerinin İzlenmesi		Mühendislik Günlüğü	Odak Grup Görüşmeleri

3.4.1 Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi

“Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin uçuş prensiplerine yönelik kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?” araştırma sorusuna cevap bulmak için açık uçlu sorulardan oluşan bir ölçme aracı geliştirilmiştir. İlgili kavram ve kazanımları içeren ve açık uçlu sorulardan oluşan bu ölçme aracı ile “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” dâhilindeki fen bilimleri kavram ve kazanımların öğrenilme durumlarının incelenmesi planlanmıştır.

Bireysel farklılıklara bağlı olarak bir öğretme süreci sonunda öğrenciler değişik düzeylerde öğrenirler. Öğrencilerin bazıları öğretilenlerin hepsini öğrenirken, bazıları daha azını öğrenir, bir kısmı ise hedeflenen kazanımları öğrenemezler. Özetle, öğrencilerin öğrenme düzeyleri farklı olabilmektedir (Sezer, 2005). Dolayısıyla var-yok (1-0) puanlamaların yapıldığı başarı testleri öğrenme ilerlemelerini tespit etmede yetersiz kalabilmektedir. Öte yandan açık uçlu kavram

testleri öğrencilerin öğrenme ilerleme düzeyleri için daha kesin teşhisler sağlamakta ve öğrencilerin kavramsal öğrenme durumlarını ortaya koymada daha geçerli görülmektedir (Alonzo & Steedle, 2009). Farklı boyutlarda ve düzeylerde performans tanımları yapabilmeyi sağlayan açık uçlu soruların mevcut çalışmada öğrenme ilerlemelerini daha iyi ortaya koyacağı düşünülmüştür. Ölçme aracının geliştirilme sürecinde araştırmacı tarafından yürütülen süreçler aşağıda adım adım açıklanmıştır:

1. Ölçülecek kavramlar belirlenmiş ve ilgili kaynak ve sorular incelenmiştir.

(1) Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler, (2) hava basıncı, (3) ağırlık, (4) itme, (5) hava direnci olmak üzere belirlenen 5 kavrama yönelik MEB kitaplarındaki sorular, YÖK Ulusal Tez Merkezinde yayınlanmış tezlerde yer alan sorular, uçuş prensipleri ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalarda yöneltilmiş sorular incelenmiştir.

2. Bu kavramlar ile “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” konuları eşleştirilmiş ve belirtke tablosu oluşturulmuştur.

Kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla hazırlanan belirtke tablosu Tablo 3.9’ da sunulmuştur.

Tablo 3.9 Uçuş prensipleri ile ilgili açık uçlu sorulara ilişkin belirtke tablosu

FEN KONULARI		UÇUŞ PRENSİPLERİ				
		Uçuş Kuvvetleri	Kaldırma	Ağırlık	İtme	Sürüklenme
1	Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler	1,11, 13				
2	Hava basıncı		2,3,15			
3	Kuvvet ve Ağırlık ilişkisi			4,5,14		
4	İtme Kuvveti				9,10, 12	
5	Hava direnci					6,7,8

Belirtke tablosu doğrultusunda uçuş prensiplerinin öğrenimini ölçen açık uçlu sorular düzenlenmiştir. Ölçme araçlarının her ölçme alanı için en az üç soru içermesi gerektiği belirtilmektedir (Sönmez & Alacapınar, 2016). Araştırmada da her kavram için üçer soruya yer verilmiş; eşit dağılım oluşturularak kapsam geçerliliği sağlanmıştır. Ölçme aracı ünite dâhilindeki tüm fen bilimleri kazanımlarını içermektedir.

3. Önerildiği üzere (Moskal & Leydens, 2000), ölçme aracı, değerlendirilecek içerik kapsamı, kapsama yönelik beklentileri karşılama düzeyi ve değerlendirilmesi gereken tüm kapsama sahip olup olmadığı açısından uzmanlar tarafından incelenmiştir ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Uzmanların alanı ve hangi kapsamda inceleme yaptıkları detaylı verilmiştir:

Tablo 3.10 Açık uçlu sorular uzman bilgileri ve inceleme kapsamı

Uzman	Unvan	Alan	Deneyim	Kapsam
1	Dr. Öğretim Görevlisi	Fen Bilgisi Eğitimi	12	-Fen Bilimleri
2	Araştırma Görevlisi	Fen Bilgisi Eğitimi	4	kavram ve
3	Öğretmen	Fen Bilimleri	9	kazanımlarına uygunluğu -Öğrenci Düzeyi
4	Pilot	Havacılık	6	-Havacılık
5	Mühendis	Havacılık	5	teknik
6	Pilot	Havacılık	1	bilgilerine uygunluk -Aerodinamik
7	Öğretmen	Türkçe	11	-Dilsel uygunluk

Uzmanlar tarafından yapılan yorumlar değerlendirilerek gerekli düzeltmeler yapılmış ve açık uçlu sorulara pilot uygulama öncesi son hali verilmiştir. Uzman görüşleri ile tespit edilen gerekli düzeltmeler listelenmiştir:

Tablo 3.11 Açık uçlu sorularla ilgili uzman görüşleri ve gerçekleştirilen değişiklikler

Soru No	Uzman Görüşleri	Sonuç
2, 3 ve 15	“Gazların basınç özelliklerinin günlük yaşam ve teknolojideki uygulamalarına örnekler verir.” Kazanımına yönelik hazırlanmıştır, kazanımları karşılamaktadır; ancak uçuş bilgisi üzerinden verilmesi daha uygun olacaktır.	Çıkarıldı
5	“...yüzey sürtünmesi ile ilişkilendirilebilir”	“yüzey sürtünmeleri aynı olan” ifadesi eklendi
10	“açık uçlu soru analizine uygun bir soru değildir.”	Çıkarıldı
13	“Alınan yol ifadesi yanlış”	“Alınan yol”, “Yer Değiştirme” olarak değiştirildi
14	“kuvvetlerin eşit olduğu belirtilmeli”	“eşit kuvvetle” ifadesi eklendi.

5, 13 ve 14. sorularda tabloda ifade edilen değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Açık uçlu sorulardan 2, 3, 10 ve 15 numaralı sorular ise tablodaki gerekçelerle ölçme aracından çıkartılmıştır. Bu soruların yerine kapsam geçerliliğini korumak için yeni sorular yazılmış ve dört soru için uzman görüşlerine tekrar başvurulmuştur. Uzmanlar tarafından uygun olduğu ifade edilen sorular ölçme aracına dahil edilerek pilot uygulama öncesi ölçme aracına son hali verilmiştir.

4. Hazırlanan soruların pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Pilot uygulama sekizinci sınıfta öğrenim gören 56 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin sorularda anlamlandırmada güçlük çektiği kavram ve sözcükler ile cümle yapıları listelenmiş ve tespit edilen zorluklar düzeltilerek, sorulara nihâi hali verilmiştir. Bunun yanı sıra, pilot uygulamada öğrencilerin verdikleri yanıtlar

incelenerek ölçme aracının rubrik maddeleri ve puanları oluşturulmuştur. Bu çalışma ‘veri analizi’ bölümünde detaylandırılacaktır.

Sonuç olarak, uçak mühendisliği ünitesinin fen bilimleri kavram içeriğine yönelik açık uçlu 15 sorudan oluşan bir ölçme aracı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu ölçme aracı, ünite kapsamındaki etkinlikler gerçekleştirilmeden önce ve etkinlikler gerçekleştirildikten sonra öğrencilere uygulanmıştır. Bu ölçme aracı Ek C’ de verilmiştir.

3.4.2 Mühendislik Günlüğü

Mühendisin günlüğü, bir bireyin tasarımını arşivler. Tasarımcının araştırmayı ve nihayetinde tasarım problemini çözmeyi amaçladığı için ortaya çıkan düşünme, eskizler, alan notları vb. içerir. Öğrenciler, projeye ilgili veya çalıştıkları sorunla ilgili bilgileri buraya kaydeder ve dolayısıyla mühendislik günlükleri, mühendislik uygulamasına ilişkin öğrencinin bilişsel süreçlerini izlemenin en etkili yoludur (Kelley, 2011). Bu çalışmada da “Mühendislik Günlüğü” araştırmanın ikinci araştırma sorusu olan “*Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?*” sorusunu yanıtlamak üzere öğrencilerin bilişsel süreçlerini izleyebilmek için tasarlanmıştır.

Green ve Conner (1997) tarafından mühendisin not defterinde bulunabilecek öğeler şu şekilde listelenmiştir:

- ✓ Tüm tasarım düşünceleri,
- ✓ Alternatif tasarım düşünceleri,
- ✓ Sınıf arkadaşlarıyla, öğretmenle ve tasarım ekibi ile yapılan tartışmalar,
- ✓ Karşılaşılan sorunlar,
- ✓ Tasarım çözümlerinde yapılan değişiklikler,
- ✓ Deneyler, test sonuçları,

✓ Önemli çıktılar, notlar, çizimler (Green & Corner, 1997).

Görüldüğü gibi Green ve Conner (1997) tarafından önerilen öğeler tasarım süreçleri ile doğrudan ilişkilidir ve bu öğeleri barındıran bir mühendislik günlüğü öğrencilerin mühendislik süreçlerine yönelik fikir verebilmektedir.

Bu çalışmada “Mühendislik Günlüğü” hem öğrencilere rehberlik ederek ünitenin öğrenci materyalini oluşturmakta, hem de süreçten öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki çalışmalarını kayıt altına almayı amaçlamaktadır. Mühendislik tasarım süreç becerileri ile ilgili performansları izlemek ve analiz etmek için bu öğeleri içeren bir mühendislik günlüğü geliştirilmiştir. Mühendislik Günlüğü (Bkz Ek B), ders öncesi hazırlık sorularını, ders süreci sınıf tartışma içeriklerini, uygulama yönergelerini, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine ilişkin notlarını ve bağımsız notlarını içermektedir. Bu içerikler başlıklar altında aşağıda detaylı açıklanmaktadır:

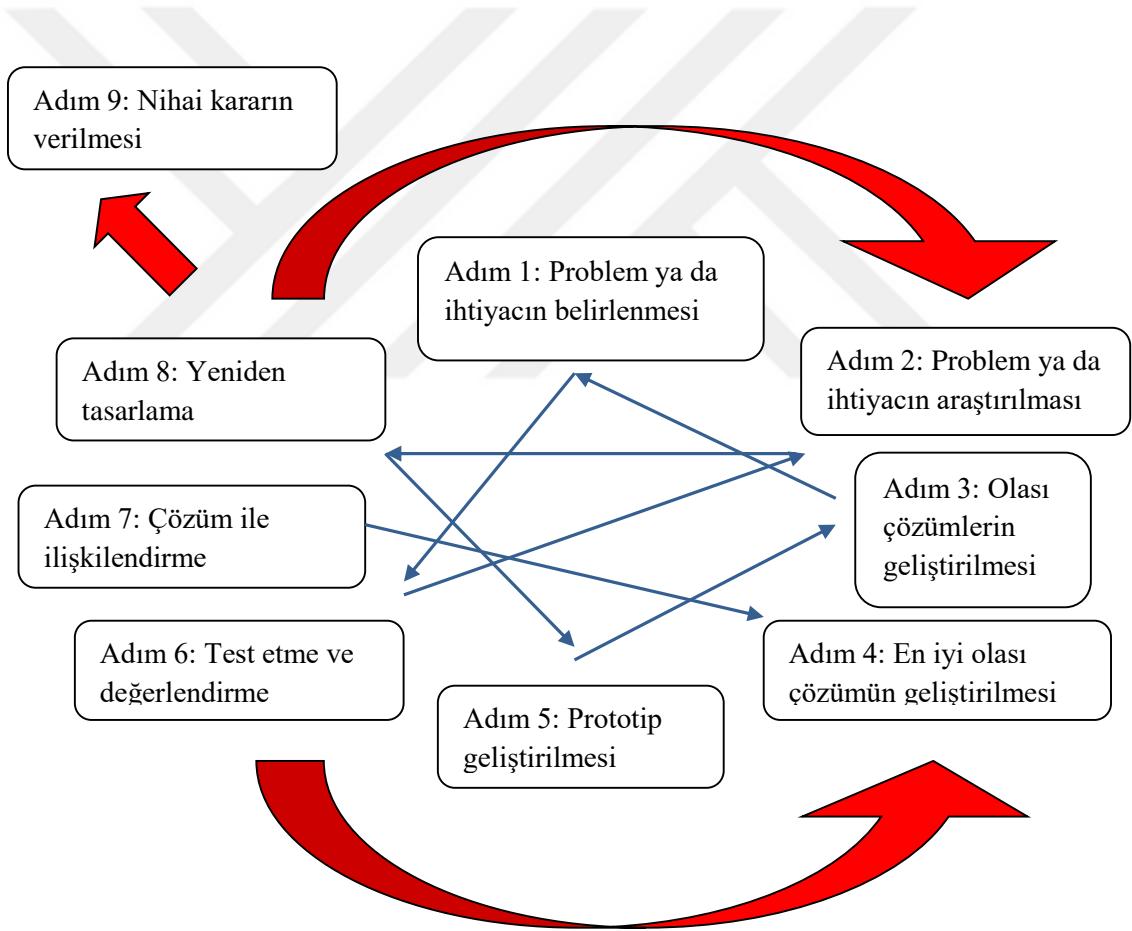
Ders öncesi hazırlık soruları: Öğrencilerin uçuş prensipleri ile ilgili fen içeriklerini sorgulamaları ve ders sürecindeki bu sorgulamalarını kaydetmeleri için günlüklerde ders öncesi hazırlık sorularına yer verilmiştir. Bu hazırlık soruları bazı derslerde açık uçlu sorular şeklinde, bazı derslerde öğrenme etkinlikleri olarak geliştirilmiştir.

Ders süreci sınıf tartışma içerikleri: Öğrencilerin uçuş prensipleri ile ilgili fen içeriklerini ve tasarımsal sorgulamalarını kaydetmeleri için günlüklerde öğrencilerin sınıf ve grup tartışmalarını kaydedecekleri alanlar oluşturulmuştur. Bu notların öğrencilerin uçuş prensipleri ile ilgili fen içeriklerine yönelik öğrenme ilerlemelerine nitel veri kaynağı oluşturması amaçlanmıştır.

Uygulama yönergeleri: Öğrencilerin bir mühendisin not defterini nasıl tutmaları gerektiğine yönelik talimatlar, mühendislik günlüğü tutmak için motive edici metinler ve yapılacak aktivitelerle ilgili uygulama talimatları bulunmaktadır. Günlüğün ilk sayfasına Kelley (2011, s.32-33) tarafından önerilen mühendislik günlüğü talimatları Türkçe’ye uyarlanarak ve sınıf seviyesine adapte edilerek eklenmiştir. Öğrencileri not tutmaya motive etmek için bir mühendisin not tutmasının önemi Edison ve Tesla’nın patent tartışmalarını içeren bir metin ile

günlüğe yerleştirilmiştir. Günlüğün bu kısmı veri toplama amacı taşımasa da, veri toplama amacına yönelik olarak öğrencilerin not tutma disiplin ve motivasyonunu sağlamak üzere eklenmiştir. Bunu yanı sıra deney ve etkinliklerle ilgili talimatlar da uygulama yönergelerikapsamındadır. Bu kısım öğrenci materyali olarak öğrencilere rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Mühendislik tasarım süreç notları formu: Veri toplama aracı olarak mühendislik günlüğünün temel içeriği ikinci araştırma sorusu dâhilinde öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerinin izlenmesi amacıyla günlüğe yerleştirilen ve Hynes ve arkadaşları (2011) tarafından geliştirilen mühendislik döngüsünün (Şekil 3.4) açık uçlu formudur (Bkz. Ek B).



Şekil 3.4 Mühendislik tasarım süreci (Hynes vd., 2011, s.9)

Mühendislik günlüğünün bu bölümü ünite içerisinde yer alan tasarım geliştirmeye yönelik dört dersin içeriğinde yer almaktadır. Bu formun öğrenciler tarafından ünite içindeki dört tasarım sürecinde tekrarlı olarak doldurulması sağlanmıştır. Şekil

3.4' te gösterilen dokuz bölüm açık uçlu olarak günlüğe yerleştirilmiştir. Öğrencilerin olası mühendislik tasarım süreç becerileri gelişim ya da değişiminin izlenmesi bu araçla sağlanmıştır.

3.4.3 Odak Grup Görüşmesi

İkinci araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerine ilişkin olası bulguları derinlemesine açıklamak ve anlamlandırmak için nitel veri kaynağı olarak “odak grup görüşmesi” kullanılmıştır. Öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerine yönelik destekleyici veri kaynağı oluşturmak üzere işbirlikli öğrenme grupları ile odak grup görüşmesi gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

Odak grup görüşmesi “*ılımlı ve tehditkâr olmayan bir ortamda önceden belirlenmiş bir konu hakkında algıları elde etmek amacıyla dikkatle planlanmış bir tartışmalar serisi*” olarak tanımlanmaktadır (Şimşek & Yıldırım, 2011, s.152). Bir konu ile ilgili ortak görüş ya da geçmişi olan bireylerle düzenlenen görüşmeler bir sürecin işleyişi ile ilgili bilgi verebilmektedir. Odak grup görüşmeleri eğitimde özellikle katılımcıların bir politika ya da eğitim programının uygulanması gibi benzer deneyimlere sahip olduğu araştırmalarda çoklu bakış açılarını ifade edebilmeleri için kullanışlıdır (Glesne, 2013). İşbirlikli grup süreçlerinin, dinamizmi ve yaratıcılığı nedeniyle odak grup görüşmeleri yoluyla araştırılması problemler hakkında daha derin ve zengin bilgiye ulaşmayı sağlar (Krueger, 2014).

Bu çalışmada öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerinin mühendislik günlüğü veri toplama kaynağı ile açıklanması söz konusudur. Bu kaynak bireysel bir kaynak olup; bireysel çıkarımlar sağlamaktadır. Öte yandan tasarım süreçleri işbirlikli ortamlarda gerçekleştirilmekte ve bu süreçteki aksaklık, eksiklik ya da olumlu işleyişlerin işbirlikli grupların çalışmalarının incelenmesi ile derinlemesine açıklanabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla odak grup görüşmesi formu “yarı yapılandırılmış” olarak hazırlanmış ve nihai hali için uzman görüşüne başvurulmuştur. Nitel araştırma konusunda uzman bir akademisyen ile

araştırmacı birlikte soruları analiz etmiş ve sonuç olarak dokuz sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanmıştır.

Araştırmacı tarafından STEM çalışmaları yürütülen bir sekizinci sınıftan seçilen bir işbirlikli grupta (5 öğrenci) odak grup görüşmesinin pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Şimşek ve Yıldırım (2011) tarafından odak grup görüşmelerinde pilot çalışma gerçekleştirmenin önemi şöyle açıklanmaktadır:

“...pilot deneme sürecinde araştırmacı sadece kullanacağı görüşme yönergesini denemekle kalmaz; ayrıca araştırmanın gerçekleşeceği ortamı ve kullanılacak kayıt cihazları gibi malzemeleri de deneme fırsatı bulur”(s.159).

Benzer görüşle pilot çalışma olabildiğince gerçeğe uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Asıl araştırmada beşer kişilik öğrenci grupları ile görüşme gerçekleştirileceğinden pilot görüşme de 5 kişilik bir öğrenci grubuyla yürütülmüştür. Pilot görüşmede anlaşılmayan cümlesel yapılar Türkçe uzmanı ile birlikte düzenlenmiş ve bu forma nihâi hali verilmiştir. Asıl görüşme için cihaz ve ortam değerlendirmesi de yapılmıştır. Görüşme soruları (i) genel süreç öğrenci izlenimi, (ii) mühendislik tasarım süreçlerine yönelik öğrenci bilgisi, (iii) mühendislik süreç döngüsü aşamalarının öğrenciler tarafından nasıl yürütüldüğü ve algılandığı olmak üzere üç odakta yapılandırılmıştır. Bu sorulara aşağıda yer verilmiştir:

1. Uçak Mühendisliğine yönelik bir öğrenme süreci geçirdiniz. Uçaklarla ilgili bilgi ve tasarım odaklı bir süreç deneyimlediniz. Bu süreçten neler öğrendiniz?
2. Bir mühendisin teknolojik bir araç tasarlaması sürecinde, başlangıçtan bitişe kadar yürütmesi gereken aşamaları adım adım ifade eder misiniz?
3. Bahsettiğiniz *problemin belirlenmesi aşamasında* hangi çalışmalarını yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?

4. Bahsettiğiniz *tasarım çözümlerinin üretilmesi* aşamasında hangi çalışmaları yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?
5. Bahsettiğiniz *tasarım çözümlerinin geliştirilmesi* aşamasında hangi çalışmaları yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?
6. Süreçte grup olarak diğer gruplara göre *en güçlü /avantajlı* olduğunuz aşama hangisiydi? Neden?
7. Uçak tasarımınızı gerçekleştirirken hangi adımda *en çok zorlandınız*? Sizce neden? Bu zorluklara karşın ne gibi çözüm önerilerinde bulunabilirsiniz?
8. Sizden sonra aynı tasarım sürecini gerçekleştirecek öğrencilere bu aşamalarda nelere dikkat etmelerini önerirsiniz? Neden?
9. Mühendis olmayı düşünürseniz, hangi becerilerinizi/yönlerinizi geliştirmeniz gerekir? Neden?

Odak grup görüşmeleri birlikte çalışan her işbirlikli grup ile ünite uygulaması sonrasında gerçekleştirilmiştir. Glesne (2013) tarafından önerildiği üzere; görüşme öncesinde görüşme yeri, grup görüşmesindeki kişi sayısı, görüşülecek grup sayısı, ortalama görüşme süresi araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Gruplara araştırmacı tarafından önceden saat ve gün olmak üzere randevu bilgisi verilmiştir. Görüşme süreleri ortalama 30-40 dk. olarak belirlenmiş ve katılımcıların dikkatinin dağılmaması için sessiz ve güvenli bir görüşme ortamı seçilmiştir. İşbirlikli grupların tamamı ile görüşülmesine karar verilmiş, dolayısıyla 4'er kişilik 5 grup ile odak grup görüşmeleri yürütülmüştür. Araştırmacı tarafından tüm görüşmeler olası bir aksilik göz önünde bulundurularak iki ses kayıt cihazı tarafından kaydedilmiştir. Yöneltilen sorular ayrıca görüşme esnasında katılımcıların önüne çıktı olarak konulmuş ve soruları gözden geçirerek üzerine düşünceleri sağlanmıştır.

3.5 Çalışma Grubu

Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi, ortaokul için önerilen bağımsız bir ünite modeli olarak planlanmıştır. Böylece ünite içerikleri beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci sınıf olmak üzere ortaokul tüm düzeylerinden uçak mühendisliği teması ile ilişkili farklı kazanımlarla kurgulanmıştır. Planlanan kazanım ve etkinliklerin uygulaması için öğretim program incelenmiş ve sekizinci sınıf öğrencilerinin hazır bulunuşluk düzeylerine uygun görülmüştür. Esnek müfredat yapısı nedeniyle uygulamanın 'Seçmeli Bilim Uygulamaları' dersi kapsamında gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

Şimşek ve Yıldırım (2011) tarafından da belirtildiği gibi nitel doğası olan araştırmalarda derinlemesine inceleme yapabilmek için birden fazla örnekleme yöntemi aynı anda kullanılabilir. Araştırmanın farklı aşamalarında farklı örnekleme yöntemleri kullanılması, çalışılan durumla ilgili daha zengin, betimsel ve derinlemesine veri seti oluşturulmasını sağlar (Şimşek & Yıldırım, 2011). Bu çalışmada amaçlı örnekleme yöntemlerine yer verilmiştir. Uygulamanın yapılacağı alanın (okul) belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden 'kolayda örnekleme' (Patton, 1990) kullanılırken; katılımcıların seçiminde 'ölçüt örnekleme' den (Patton, 1990) yararlanılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemleri nitel çalışmalarda olgu ve olayların derinlemesine açıklanmasında yararlı görülmektedir (Coyne, 1997).

Uygulamanın gerçekleştirileceği okul, İstanbul ili Esenyurt ilçesine bağlı olan ve araştırmacının öğretmen olarak görev yaptığı devlet okulu olarak belirlenmiştir. Farklı bir kurum seçimi, kurum iç yapısına hâkim olunmaması, kurumun işbirliğine açık olmaması, öğrencilerin doğal ortamına farklı bir öğreticinin dâhil olması ile müdahale edilmesi gibi sonuçlar doğurmaktadır. Bir kurum içerisindeki farklı bir öğretmen ile uygulamanın yürütülmesi ise, öğretmenin gönüllülüğü, çalışma konusu ile ilgili bilgi yeterliliği, öğretmen eğitimi, kurum yönetimi ile etkili iletişim kurma gibi gereklilikleri barındırmakta ve ulaşım, tespit ve iletişime yönelik güçlükler doğurmaktadır. Bu durum araştırmanın maliyet ve zaman planına da olumsuz yansımaktadır (Glesne, 2013). Glesne (2013) tarafından 'arka bahçe

araştırmaları' olarak belirtilen bu alan seçiminde kolayda örnekleme yöntemi öğretmen araştırmaları için uygun ve güçlü görölmekte; öğrenciler için araştırmacı rolü konusundaki karışıklığı ortadan kaldırdığı düşünölmektedir (Glesne, 2013). Araştırmacı MEB' e bağlı okullarda 11 yıldır kadrolu öğretmen olarak görev yapmakta; ortaokul düzeyinde Fen Bilimleri dersi vermektedir. Bunun yanı sıra aldığı birçok STEM Eğitimi ve Kodlama içerikli hizmet içi ve bağımsız kurslarla Mühendislik Eğitimi konusunda yetkinleşmiştir. Doktora öğrenimi sırasında bu alandaki araştırmaları ve yayınları ile yetkinliğini geliştirmiştir. Gerek araştırmacı kimliği ile gerekse öğretmenlik deneyimi ile araştırmanın uygulanma sürecinde objektif ve güvenilir bir yaklaşım benimsemektedir.

Alanın belirlenmesinin ardından çalışma grubunu belirlemek için amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu örnekleme yönteminde, önceden belirlenmiş ölçütlere önem verilmektedir (Şimşek & Yıldırım, 2011). Amaçlı örnekleme dâhilinde belirlenen okulda daha önce mühendislik tasarım temelli öğrenme etkinlikleri gerçekleştirilmemiş, kazanımlara uygun olarak sekizinci sınıf düzeyindeki sınıflar gözden geçirilmiştir. İşbirlikli ve mühendislik tasarım temelli öğrenmenin çalışma doğasına uygunluğun yanı sıra derinlemesine çalışmaya imkân verebilmesi için sınıf mevcudu düşük bir sınıf tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda örneklem, 2020-2021 eğitim-öğretim yılının güz döneminde İstanbul ili Esenyurt ilçesinde araştırmacının görev yaptığı devlet okulunda, belirlenen sekizinci sınıfta öğrenim gören 9 kız, 11 erkek olmak üzere 20 öğrenciden oluşmaktadır. Öğrenciler başarı ortalamalarına göre heterojen olmak üzere dörder kişilik 5 gruba ayrılmış ve süreç boyunca aynı grup üyeleri birlikte çalışmalar yürütmüştür. Öğrencilere ve öğretmene ait demografik bilgiler Tablo 3.12' de sunulmuştur.

Tablo 3.12 Öğrencilere ve öğretmene ait demografik bilgiler

Sınıf Mevcudu	Öğrencilerin Cinsiyeti		Öğrencilerin Yaş Aralığı	Öğretmenin Cinsiyeti	Öğretmenin Yaşı	Kıdem yılı
	Kız	Erkek				
20	9	11	13-14	Kadın	33	11

3.6 Uygulama Süreci

Üniteye başlamadan önce uçuş prensiplerine ilişkin ön bilgileri ölçmek amacıyla “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi” ölçme aracı tüm sınıfa uygulanmıştır. Uygulama sürecine başlamadan önce dörder kişiden oluşan 5 grup oluşturulmuştur. Öğrencilerin uygulamadaki aşamaları daha kolay takip edebilmeleri için “Öğrenci Mühendislik Günlüğü”, ölçme aracı olmanın yanı sıra öğrencilere rehberlik edecek yönergelerle de donatılmıştır. Öğrencilerin ilgisini çekecek, doldurmaları için motive edecek aktivite ve uyaranlar eklenmiş ve renkli basımı çoğaltılarak bir kitapçık olarak öğrencilere dağıtılmıştır. Öğrenciler bu günlüğü her ders süresince yönergeler doğrultusunda bireysel olarak doldurmuşlardır. Mühendislik tasarımı aktivitelerinde Hynes vd. (2011) tarafından belirtilen 9 aşamalı süreç (Şekil 3.2) öğrenciler tarafından yürütülmüş ve bu 9 aşama ile ilgili gerçekleştirdikleri çalışmalara ilişkin açıklamalar öğrencilerce günlüğe kaydedilmiştir. Öğrenciler araştırma ve tasarım odaklı etkinlikler yoluyla bilgiyi yapılandırmış; mühendisliğin dokuz adımını dört tasarım görevi süresince tekrarlı deneyimlemiştir. Ünitenin tamamlanmasının ardından uçuş prensipleri açık uçlu sorularını tüm sınıf tekrar yanıtlamıştır. Son olarak; işbirlikli gruplarla odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiş ve çalışma sonlandırılmıştır. Araştırma sürecinin zaman çizelgesi ve gerçekleştirilen etkinlikler Tablo 3.13’ te özetlenmiştir:

Tablo 3.13 Araştırma süreci zaman çizelgesi ve gerçekleştirilen etkinlikler

Hafta	Etkinlik	Süre	Etkinlik
1	Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Sorularının Uygulanması (Kavramsal Öğrenmeler)	40dk.	Ön Uygulama
2	Mühendislik Tanımı Uçuş Kuvvetleri	40dk. 40dk.	Ünite Etkinlikleri
3	Bernoulli: Hız Nerede Kuvvet Üzerinde: Kaldırma (Kanatlanalım)	80dk.	Mühendislik Tasarımı1
4	Kuvvet Üzerinde: Ağırlık	40dk.	Ünite Etkinliği
5	Kuvvet Üzerinde: İtme (İt!İt!Bitişe Git!)	80dk.	Mühendislik Tasarımı2
6	Kuvvet Üzerinde: Sürüklenme	40dk.	Ünite Etkinliği
7	Kontrol Sende mi? (Kağıt Uçak Yapalım)	80dk.	Mühendislik Tasarımı3
8	Ünite Ana Tasarımı (Haydi Hezarfen)	80dk.	Mühendislik Tasarımı4
9	Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Sorularının Uygulanması	40dk.	Son Uygulama
10	Odak Grup Görüşmelerinin Yürütülmesi	30-40dk. (Her grup için)	Son Uygulama

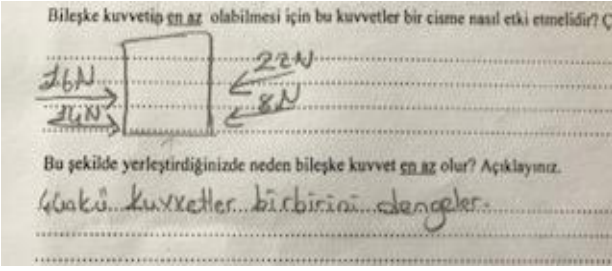
Araştırma süreci ön ve son uygulamalar ve odak grup görüşmeleri dahil olmak üzere toplam 10 hafta sürmüştür. Ünitenin uygulanması 14 ders saati (14x40dk.) almıştır.

Verilerin çözümlenmesi sürecinde her veri kaynağı için ayrı çözümleme yolları geliştirilmiştir.

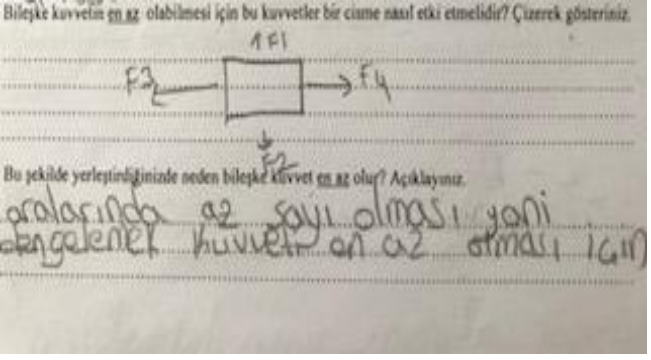
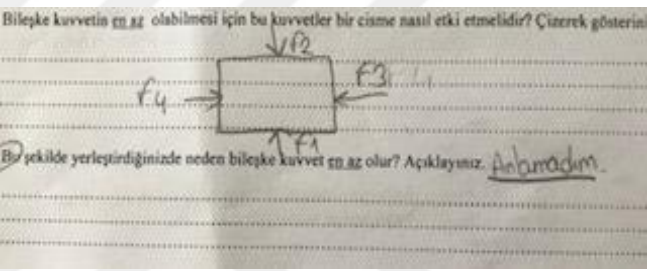
4.1 Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testinin Analizi

Öğrencilerin açık uçlu sorulardan oluşan ölçme aracına uygulama öncesi ve uygulama sonrasında verdikleri cevaplar değerlendirilmiştir. Açık uçlu soruların analizi için açık uçlu kavram testinin pilot uygulamasından toplanan veriler doğrultusunda her soru için dereceli puanlama anahtarı geliştirilmiştir. Ölçme aracının pilot uygulamasına katılan 56 öğrencinin uçuş prensipleri ile ilgili 15 açık uçlu soruya verdikleri cevaplar, TIMSS ve PISA sınavlarında olduğu gibi ‘doğru cevap’, ‘kısmen doğru cevap’, ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok/açıklama yok’ şeklinde değerlendirilmiştir. Öğrencilerin hem sorulara verdikleri cevaplar hem de cevaplarına ilişkin yaptıkları açıklamalar üzerinden değerlendirme kriterleri belirlenmiş ve her cevap tipi için örneklendirilmiştir. Öğrencilerin aldıkları ortalama puanları hesaplayabilmek amacıyla ‘doğru cevap’ 2 puan, ‘kısmen doğru cevap’ 1 puan, ‘yanlış cevap’ ve ‘yanıt yok’ için 0 puan olarak hesaplanmıştır. Aşağıda öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri cevapların nasıl analiz edildiğini göstermek için örnek ifadeler verilmiştir:

Tablo 4.1 Birinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Toplamları eşit olan kuvvetleri zıt yönlü olarak modeller ve denge kavramı ile açıklar. (Doğru cevap/2 puan)</p>	 <p>Bileşke kuvvetin sıfır olabilmesi için bu kuvvetler bir cisme nasıl etki etmelidir? Çizim yapınız.</p> <p>Bu şekilde yerleştirdiğinizde neden bileşke kuvvet sıfır olur? Açıklayınız.</p> <p>Çünkü kuvvetler birbirini dengeler.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tablo 4.1 Birinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama (devamı)

<p>Toplamları eşit olan kuvvetleri zıt yönlü olarak modelleyemez; ancak denge kavramı ile açıklar veya toplamaları eşit olan kuvvetleri zıt yönlü olarak modeller; ancak denge kavramı ile açıklayamaz.</p> <p>(Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	
<p>Toplamaları eşit olan kuvvetleri zıt yönlü olarak modelleyemez ve denge kavramı ile ilişkilendirmez.</p> <p>(Yanlış cevap/0 puan)</p>	

Tablo 4.2 İkinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Doğru kanat profilini seçer ve hava basıncı ilişkisini doğru yorumlar.</p> <p>(Doğru cevap/2 puan)</p>	<p>Ferman'ın notlarını ve tasarımlarını inceleyen öğretmeni doğru bulgulara ulaştığını ifade ettiğine göre; Ferman'ın birinci modelim dediği tasarım hangisidir? İşaretleyiniz. Nedenini açıklayınız. (Tüm kanat tasarımları aynı maddeden yapılmış, eşit kütle ve uzunluktadır.)</p> <p>1. bence çünkü üstü sıkın olduğunda basınç az olacak ve uçacak</p>
<p>Doğru kanat profilini seçer; ancak hava basıncı ile ilişkilendiremez veya yanlış kanat profilini seçer; ancak hava basıncı ilişkisini doğru yorumlar.</p> <p>(Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	<p>Ferman'ın notlarını ve tasarımlarını inceleyen öğretmeni doğru bulgulara ulaştığını ifade ettiğine göre; Ferman'ın birinci modelim dediği tasarım hangisidir? İşaretleyiniz. Nedenini açıklayınız. (Tüm kanat tasarımları aynı maddeden yapılmış, eşit kütle ve uzunluktadır.)</p> <p>3. Çünkü daha hızlı gider. İnce olduğu için daha kolay uçar.</p>
<p>Yanlış kanat profilini seçer ve hava basıncı ile ilişkilendiremez.</p> <p>(Yanlış cevap/0 puan)</p>	<p>(Tüm kanat tasarımları aynı maddeden yapılmış, eşit kütle ve uzunluktadır.)</p> <p>en sağdaki yan 3. dir. Neden kanatın kenarlarındaki yerlerin eğimin suya karşı emmesini sağlar. Rahatlıkla hareket etmesini sağlar. Yani çok rahat sürülebilir.</p>

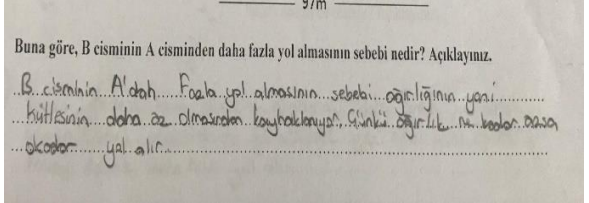
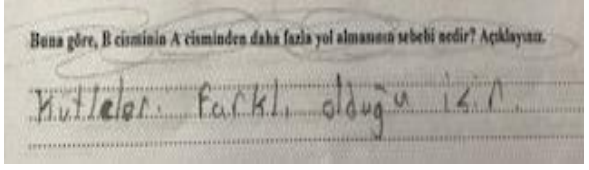
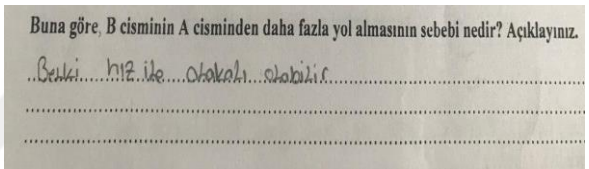
Tablo 4.3 Üçüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Örnek durumu hava hızı ve hava basıncı ters orantısı ile açıklar. (Doğru cevap/2 puan)</p>	<p>Soru5: Semih mahallede arkadaşları ile misket oynarken yanlarından bir araba hızla geçiyor. Arabanın geçişi sırasında, Semih ve arkadaşları yerdeki misketlerin, çöplerin, tozların ve hatta yaprakların bile arabaya doğru hızla bir süre sürüklendiğini gözlemliyorlar. Bu durumun neden Semih ve arkadaşlarına nasıl açıklarsınız? Yazınız.</p> <p>Arabanın, havasında etkisizlik basıncı düşürüp... kime kuvveti.</p>
<p>Örnek durumu hava basıncı ile ilişkilendirir; ancak hava hızı-basınç ilişkisine değinmez. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	<p>Soru3: Semih mahallede arkadaşları ile misket oynarken yanlarından bir araba hızla geçiyor. Arabanın geçişi sırasında, Semih ve arkadaşları yerdeki misketlerin, çöplerin, tozların ve hatta yaprakların bile arabaya doğru hızla bir süre sürüklendiğini gözlemliyorlar. Bu durumun nedenini Semih ve arkadaşlarına nasıl açıklarsınız? Yazınız.</p> <p>Araba hızı geçiş için araba basıncı uygulayarak havaya kaldırır.</p>
<p>Örnek durumu hava basıncı dışında farklı kavramlarla açıklar. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	<p>Soru3: Semih mahallede arkadaşları ile misket oynarken yanlarından bir araba hızla geçiyor. Arabanın geçişi sırasında, Semih ve arkadaşları yerdeki misketlerin, çöplerin, tozların ve hatta yaprakların bile arabaya doğru hızla bir süre sürüklendiğini gözlemliyorlar. Bu durumun nedenini Semih ve arkadaşlarına nasıl açıklarsınız? Yazınız.</p> <p>Arabanın tekerlekleri dönerince çekim kuvveti... kaldırır.</p>

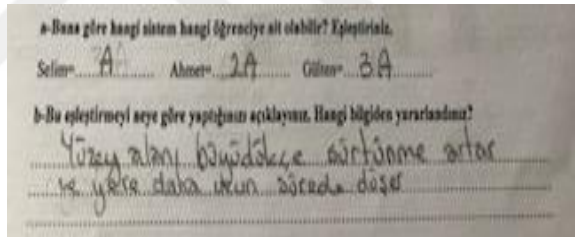
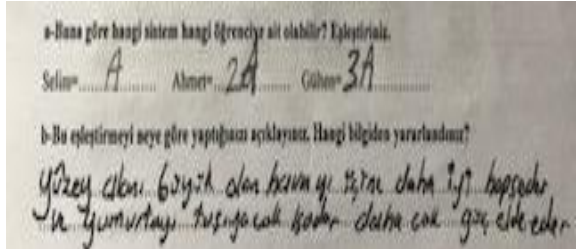
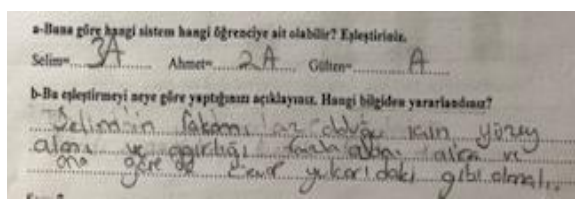
Tablo 4.4 Dördüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Çöp poşetini tasarım malzemesi olarak seçer ve ağırlık-uçuş ilişkisi kurar. (Doğru cevap/2 puan)</p>	<p>Sizce Ali'nin bu malzemelerden hangisini uçurtma tasarımında kullanması daha uygun olur? Nedenini açıklayınız.</p> <p>Çöp Poşeti çünkü havada daha fazla kalır ve havada ağır sigar varsa hızı daha da artırır.</p>
<p>Çöp poşetini tasarım malzemesi olarak seçer; ancak ağırlık-uçuş ilişkisi kuramaz. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	<p>Sizce Ali'nin bu malzemelerden hangisini uçurtma tasarımında kullanması daha uygun olur? Nedenini açıklayınız.</p> <p>Çöp Poşeti çünkü havada daha fazla kalır ve havada ağır sigar varsa hızı daha da artırır.</p>
<p>Farklı bir materyal seçimi yapar ve ağırlık ilişkisi kuramaz. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	<p>Sizce Ali'nin bu malzemelerden hangisini uçurtma tasarımında kullanması daha uygun olur? Nedenini açıklayınız.</p> <p>Musamba çünkü Musamba diğer malzemelere göre daha sağlamdır.</p>

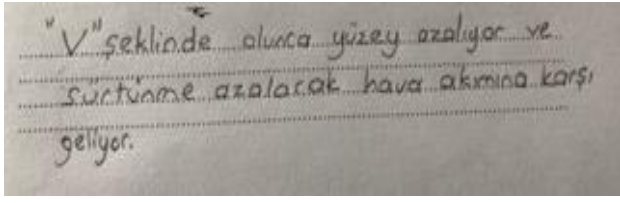
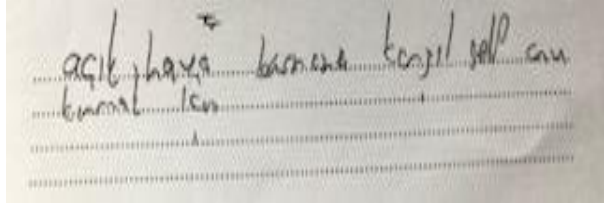
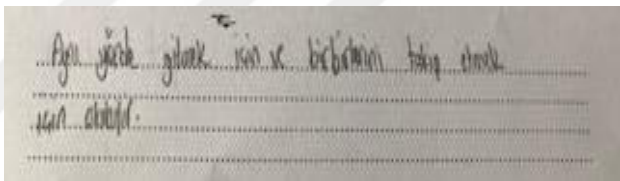
Tablo 4.5 Beşinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Eşit kuvvetle hareket ettirilen iki cisim için ağırlık-yol ters orantısını açıkla. (Doğru cevap/2 puan)	
Alınan yol ile kütle arasında ilişki kurar; ilişkiyi açıkla ya da yanlış açıkla. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Alınan yolun farklı olmasını kütle dışında bir değişkenle yorumla. (Yanlış cevap/0 puan)	

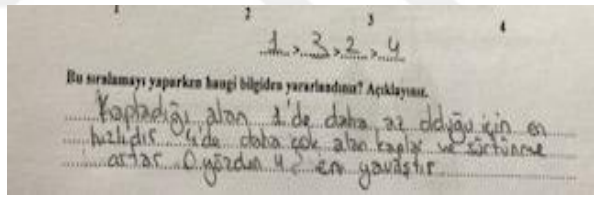
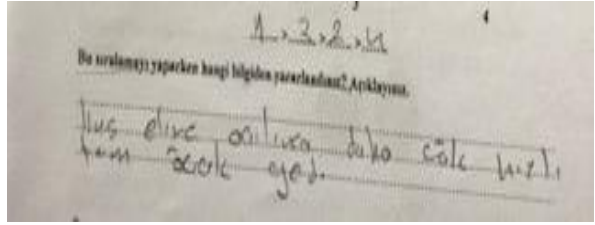
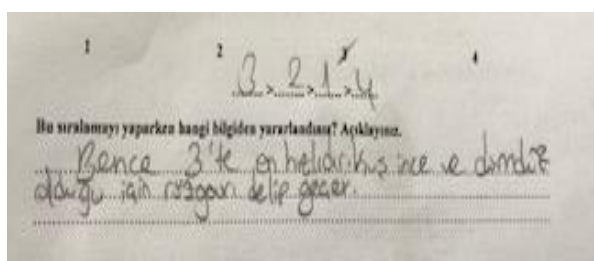
Tablo 4.6 Altıncı açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Öğrenci ve paraşüt eşleştirmesini doğru yapar ve yüzey alanı-sürtünme kavramlarını ilişkilendirerek açıkla. (Doğru cevap/2 puan)	
Öğrenci ve paraşüt eşleştirmesini doğru yapar; ancak yüzey alanı-sürtünme kavramları ile ilişkilendirmez, veya yanlış eşleştirme yapar; ancak yüzey alanı-sürtünme kavramları ile ilişkilendirerek açıkla. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Yanlış eşleştirme yapar ve yüzey alanı-sürtünme ilişkisine değinmez. (Yanlış cevap/0 puan)	

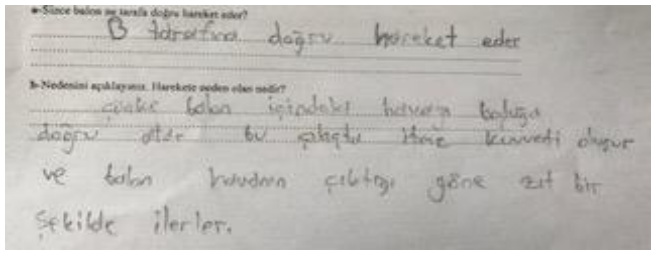
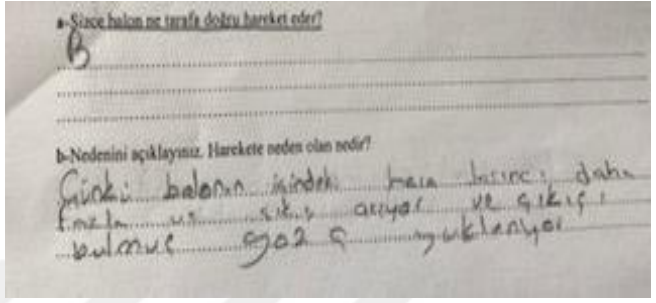
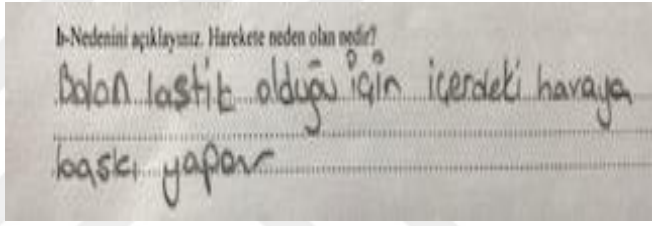
Tablo 4.7 Yedinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Örnek durumu hava direnci ve yüzey alanı ilişkisi ile yorumlar. (Doğru cevap/2 puan)	
Örnek durumu hava direnci-yüzey alanı kavramlarından birine değinerek açıklar; ilişkilendirmez veya sadece hız durumunu yorumlayarak açıklar. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Örnek durumu farklı kavramlarla açıklar. (Yanlış cevap/0 puan)	

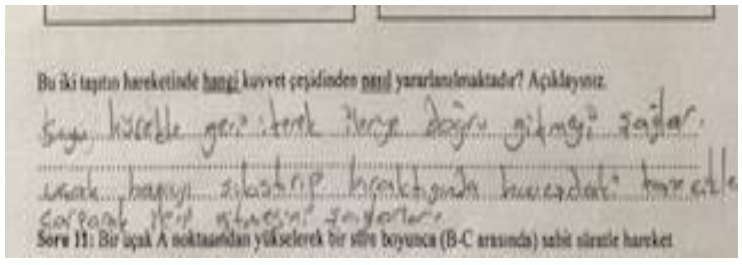
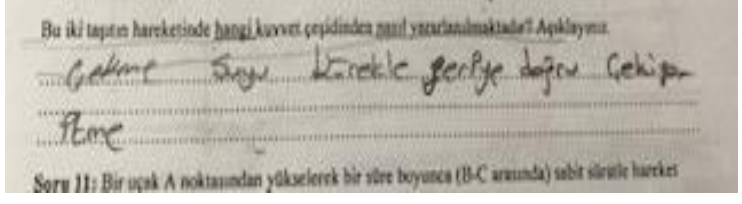
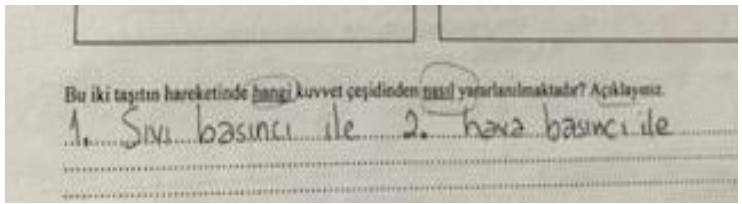
Tablo 4.8 Sekizinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Hızları doğru olarak sıralar ve yüzey alanı-hava direnci ilişkisi ile açıklar. (Doğru cevap/2 puan)	
Hızları doğru sıralayamaz; ancak yüzey alanı-hava direnci ilişkisini kurar veya hızları doğru sıralar; ancak yüzey alanı-hava direnci ilişkisi ile yorumlamaz. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Hızları doğru sıralayamaz ve hava direnci-yüzey alanı ilişkisini kurmaz. (Yanlış cevap/0 puan)	

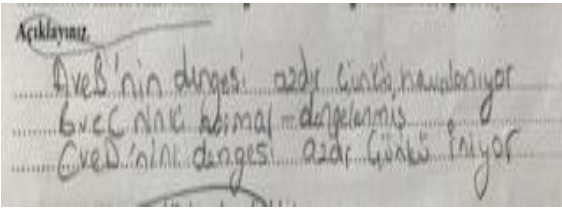
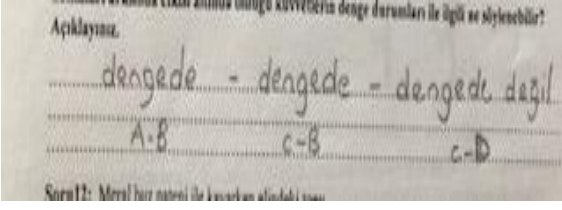
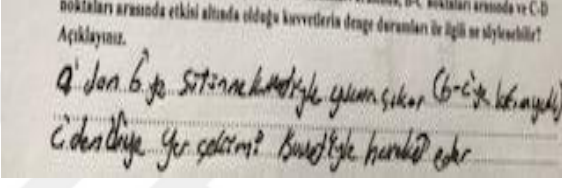
Tablo 4.9 Dokuzuncu açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Balonun hareket ettiği yönü doğru tahmin eder ve itme kuvveti ile açıklar. (Doğru cevap/2 puan)	
Balonun hareket ettiği yönü doğru tahmin edemez; ancak itme kuvveti ile açıklar veya yönü tahmin eder; ancak itme kuvveti ile ilişkilendiremez. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Balonun hareket ettiği yönü tahmin edemez ve itme kuvveti ile ilişkilendiremez. (Yanlış cevap/0 puan)	

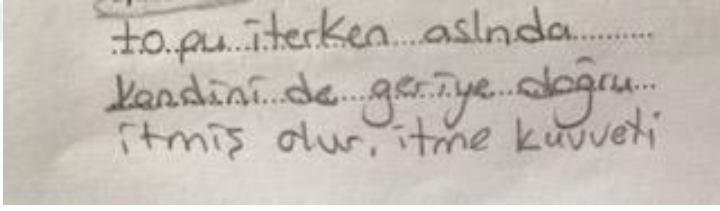
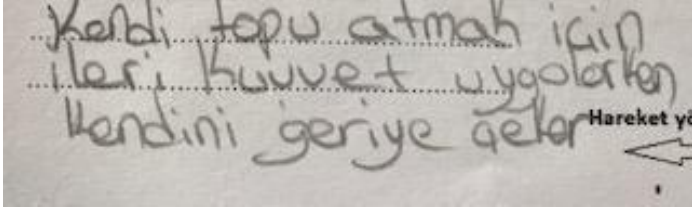
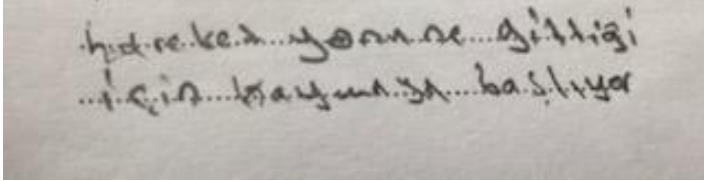
Tablo 4.10 Onuncu açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Cisimlerin ileri gitmek için itme kuvvetinden yararlanabileceğini ifade eder ve açıklar. (Doğru cevap/2 puan)	
İtme kuvvetini belirtir; ancak oluş biçimini açıklayamaz. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Cisimlerin ileri yönlü hareketini itme kuvveti ile açıklayamaz. (Yanlış cevap/0 puan)	

Tablo 4.11 On birinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Dengelenmemiş/Dengelenmiş/Dengelenmemiş olarak ifade ederek tüm kuvvet durumlarını doğru belirtir. (Doğru cevap/2 puan)</p>	
<p>Dengelenme ve dengelenmeme durumlarının bir ya da ikisini doğru belirtir. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	
<p>Dengelenme ve dengelenmeme durumlarının tamamını yanlış belirtir. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	

Tablo 4.12 On ikinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Örnek durumu itme kuvveti ile açıklar ve itmenin zıt yönlü etkisine değinir. (Doğru cevap/2 puan)</p>	
<p>Örnek durumu doğru açıklayarak; 'itme kuvveti' kavramına değinmez. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	
<p>Örnek durumu açıklayamaz ve itme kuvveti kavramına değinmez. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	

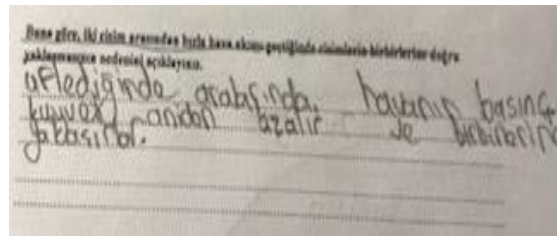
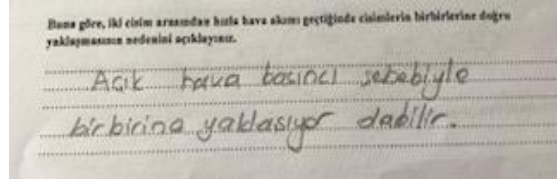
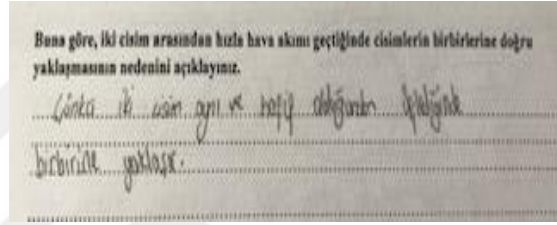
Tablo 4.13 On üçüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>Tüm kuvvet yönü ve açıklamalar doğrudur. (Doğru cevap/2 puan)</p>	
<p>Kuvvet yönü ve/veya açıklamaların bir kısmı doğrudur. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	
<p>Kuvvet yönü ve açıklamaların tamamı hatalıdır. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	

Tablo 4.14 On dördüncü açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

<p>B cisminin daha fazla yükseleceğini ifade eder ve ağırlıkla ilişkilendirir. (Doğru cevap/2 puan)</p>	
<p>Doğru tahminde bulunamaz; ancak ağırlık ilişkisi kurar veya doğru tahmin eder; ancak ağırlık ilişkisi kuramaz. (Kısmen doğru cevap/1 puan)</p>	
<p>Tahmini yanlış ve ağırlık ilişkisi kurulmamıştır. (Yanlış cevap/0 puan)</p>	

Tablo 4.15 On beşinci açık uçlu soru ile ilgili örnek yanıtlar ve puanlama

Örnek durumu “hava akımının hızlanması” ve “yüksek basınç-alçak basınç” ilişkisi üzerinden açıklar. (Doğru cevap/2 puan)	
Örnek durumu ilgili kavramlara kısmen değinerek açıklar. (Kısmen doğru cevap/1 puan)	
Örnek durumu ilgili kavramlar dışında farklı durumlarla açıklamaya çalışır. (Yanlış cevap/0 puan)	

Bu tip dereceli puanlama ölçekleri, eşit aralıklı ölçekler sınıfında değerlendirildiğinden, elde edilen veriler sınıflamaya ve sıralamaya çevrilebilir (Sönmez & Alacapınar, 2016). Bu tür ölçeklerle toplanan veriler üzerinde toplama ve çıkarma, yüzde ve frekans işlemleri, korelasyon, aritmetik ortalama, standart sapma, varyans vb. istatistiksel işlemler yapılabilir (Sönmez & Alacapınar, 2016). Bu çalışmada veriler açık uçlu soruların yapılandırıldığı 5 öğrenme alanı (itme, hava basıncı, dengelenmiş/dengelenmemiş kuvvetler, ağırlık, sürtünme) altında ön ve son uygulamaların frekans ve ortalama puanları hesaplanarak karşılaştırılmış; her öğrenme alanındaki öğrenme durumları hem skorlarla hem de grafiklerle kısmi ve tam puan gibi öğrenme derecelendirmesi bakımından incelenmiştir.

Tüm ölçme araçlarında olduğu gibi dereceli puanlama anahtarlarında da güvenilirlik çalışmalarının yapılmış olması gerekmektedir. Dereceli puanlama anahtarları için iki tür güvenilirlikten bahsedilebilir: puanlayıcılar arası uyum ve puanlayıcılar arası güvenilirlik (Akkaş Baysal & Ocak, 2019). Puanlayıcılar arası uyum, dereceli puanlama anahtarının kullanımı sonucunda puanlayıcılar arasındaki tutarlılık (Tinsley & Weiss, 2000); puanlayıcılar arası güvenilirlik ise

farklı puanlayıcıların puanları arasındaki korelasyondur (Tinsley & Weiss, 2000). Bir dereceli puanlama anahtarının puanlayıcılar arasındaki uyumu, puanların verileceği ölçütlerin detaylı bir şekilde tanımlanmasıyla arttırılabilir (Akkaş Baysal & Ocak, 2019). Puanlamada belirli talimatlar olmazsa, puanlayıcılar farklı noktalara odaklanabilirler. Bu sebeple güvenilirlik için;

- ▶ Belirtildiği gibi her soru için her puan düzeyinde örnek öğrenci cevapları pilot uygulamada toplanan 56 doküman üzerinden tanımlanmıştır. Bu durumda farklı puanlayıcıların öznel fikirlerini en aza indirerek uyumluluk amaçlanmıştır.
- ▶ Puanlayıcılar arası güvenilirlik için ise, araştırmacının yanı sıra 11 yıllık deneyimi olan bir fen bilimleri öğretmeni tarafından 56 dokümanın 14'ü (%25) geliştirilen dereceli puanlama anahtarları ile bağımsız okunmuştur. Puanlayıcılar arası güvenilirliği hesaplamak için 'Pearson Momentler Çarpımı Korelasyonu' kullanılmıştır. Korelasyon analizi eşit aralıklı ölçekle gerçekleştirilen ölçümler arasında ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü (pozitif/negatif) ve düzeyini (düşük/orta/zayıf) göstermek amacıyla gerçekleştirilmiştir (Seçer, 2015). Bağımsız puanlayıcıların puanlamaları arasındaki korelasyonu tespit ederek dereceli puanlama anahtarlarının güvenilirliğini belirlemek için araştırmalarda sıkça korelasyon analizlerinden yararlanılmaktadır (Kan, 2005). Bağımsız puanlamaların Pearson Momentler Çarpımı hesaplaması sonucu puanlamalar arası tutarlılık, .88 olarak tespit edilmiştir. Büyüköztürk (2011), "r" değerinin .70 ile 1.0 arasında bulunmasının yüksek düzey bir ilişkiye işaret ettiğini belirtmektedir. Bu durumda tespit edilen .88 korelasyon değerinin, puanlayıcılar arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki gösterdiği söylenebilmektedir. Bu durumda ölçeğin puanlama güvenilirliğinin de sağlandığı görülmüştür. Korelasyon değeri olarak saptanan .88 görüş birliği dışında kalan puanlamalar araştırmacı ve bağımsız puanlayıcı tarafından birlikte tekrar okunmuştur ve puanlama anahtarlarında oluşan kararsızlıklar giderilmiştir. Ön ve son uygulamada toplanan verilerin (20+20=40 doküman) %25'i aynı bağımsız puanlayıcı ve araştırmacı

tarafından değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucu puanlama uyumu %100 olarak tespit edilmiştir. Diğer dokümanlar (%75) araştırmacı tarafından puanlanmaya devam edilmiştir.

4.2 Mühendislik Günlüğünün Çözümlemesi

“Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?” araştırma sorusuna yanıt aramak için çözümlenen bu ölçme aracında yer alan “Mühendislik Tasarım Süreç Notları Formu”nun analizi Kelley (2014) tarafından geliştirilen “Mühendisin Not Defteri Rubriği (Engineer’s Notebook Rubric)” ile gerçekleştirilmiştir. Bu rubriğin öncelikle Türkçe’ye uyarlaması mütercim tercümanlık uzmanı bir öğretim görevlisi tarafından gerçekleştirilmiştir. Ardından araştırmacı tarafından tekrar İngilizce’ye uyarlaması gerçekleştirilmiş (back translation) ve uyumluluk tespit edilmiştir. Dil uzmanı ile anlaşılmayan ifadeler birlikte değerlendirilerek çeviri tamamlanmıştır. Ardından Türkçe Eğitimi alanında doktora öğrenimine devam eden bir uzman ile birlikte rubrik maddeleri okunarak dil bakımından sadeleştirilmiş ve nihâi hali verilmiştir. Rubriğin Türkçe’ye uyarlanmış hali Ek E’de sunulmuştur.

Rubrik, Tablo 3.4’te belirtilen mühendislik tasarım becerileri aşamaları ve beklenen performanslar doğrultusunda incelenmiş ve analiz edilmiştir. Rubriğin alt başlıkları Tablo 3.4’te açıklanan mühendislik tasarım süreç becerileri performans göstergeleri başlıkları ile eşleştirilmiştir ve Tablo 4.16’da sunulmuştur.

Tablo 4.16 Mühendislik tasarım aşamaları ve ilgili rubrik maddeleri

Mühendisin Not Defteri Rubrik Maddesi	Madde İçeriği	Mühendislik Tasarım Aşaması
Problemin Tanımı	Tasarım problemine ilişkin çözümün mantığı ve buna neden ihtiyaç duyulduğuna yönelik açıklamalar	Problemin belirlenmesi
Kısıtlama/Kriterler	Çözüme yönelik kısıtlama ve kriterlerin belirlenmesine ilişkin açıklamalar	Problemin Belirlenmesi

Tablo 4.16 Mühendislik tasarım aşamaları ve ilgili rubrik maddeleri (devamı)

Beyin Fırtınası	Tasarım probleminin çözümüne yardımcı olacak tasarım öncesi fikirlerini ortaya konulmasına ilişkin açıklamalar	Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi
Araştırma	Tasarım problemi kısıtlama ve kriterlerinin gerekçelerinin araştırılmasına yönelik açıklamalar	Problemin Belirlenmesi
Olası Çözümler Üretme	Tasarım problemine yönelik geliştirilen çözümlere ilişkin açıklamalar	Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi
Analiz	Ortaya konulan bir çözümü seçmek için yapılan açıklamalar	Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi
Prototip	Tasarlanan çözümün işlevselliğini gösteren çalışır bir model oluşturmaya ilişkin açıklamalar	Tasarım Ürününün Geliştirilmesi
Test Etme	Prototipin uygunluğunu tespit etmeye yönelik yürütülen testlere ilişkin açıklamalar	Tasarım Ürününün Geliştirilmesi
Teknik Özellikler	Nihai tasarımın teknik özelliklerine ilişkin açıklamalar	Tasarım Ürününün Geliştirilmesi
Kitap Kuralları	Arşivleme standartlarına uygunluk	İlişkili Değil

Tablo 4.16’da görüldüğü üzere 10 maddeden oluşan rubriğin son maddesi mühendislik tasarım süreç becerileri ile ilişkilendirilememiş ve dolayısıyla analizde bu maddeye yer verilmemiştir. Buna göre; rubriğin 1, 3 ve 4 numaralı maddeleri mühendislik tasarım süreç aşamalarından “Problemin Belirlenmesi”ne, 3, 5 ve 6 numaralı maddeler “Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi”ne, 7, 8 ve 9 numaralı rubrik maddeleri ise “Tasarım Ürününün Geliştirilmesi”ne ilişkin becerileri ölçmektedir. Bu maddeler Türkçe’ye uyarlama sürecinde aşamaların sıralamasına göre dizilmiştir.

Bunun yanı sıra, rubrik puanlaması, puanlayıcılar arası uyumluluğu sağlamak amacıyla düşük düzey (1 puan), orta düzey (2 puan) ve yüksek düzey (3 puan) olarak revize edilmiştir. Analitik bir değerlendirme rubriği altında incelenebilen (Kelley, 2014) bu rubrikle toplanan veriler puanlanmış ve aritmetik ortalamaları

alınmıştır. Aritmetik ortalamaların değişim grafiği çizilerek süreçte mühendislik tasarım süreç becerilerine ilişkin değişim görselleştirilmiştir.

Toplam puanların analizi süreçteki değişimi ortaya koyarak uygulamaların değerlendirilmesine yönelik bulgu sağlamaktadır. Bununla birlikte, tasarım temelli araştırmalarda bir bağlamın araştırılmasının yanı sıra teorik açıklamaların da geliştirilmesinin söz konusu olduğu belirtmişti. Araştırma konusu ve soruları dâhilinde mühendislik süreç becerilerine yönelik ilerlemelerin daha detaylı çözümlenerek açıklanabilmesi için tek başına ortalama puanların açıklanmasının yeterli olmayacağı düşünülmüştür. Bu sebeple, her basamak için alınan puanların (düşük/orta/yüksek) frekans hesaplamaları yapılmış ve tablolarla sunulmuştur. Bu analiz ile mühendislik tasarım süreç becerilerine yönelik öğrenme ilerlemelerinin hangi alt başlıklarda ne yönde değiştiği daha detaylı olarak ortaya konulmuş, tartışmaya ve yorumlamaya açılmıştır.

- ▶ Geçerlilik çalışmaları için Kelley (2011) tarafından geliştirilen rubrik dil uzmanı tarafından Türkçe'ye çevrilmiş, rubrik maddeleri dile uyumluluk açısından sadeleştirilmiştir. Mühendislik tasarım süreç becerileri ile mevcut rubrik maddeleri literatür taraması doğrultusunda eşleştirilerek; mühendislik tasarım süreçleri ile uyumluluğu ve ölçülebilirliği ortaya konulmuş ve geçerliliği sağlanmıştır.
- ▶ Güvenirlik çalışmaları için toplamda 20 defterin 5'i (%25) fen eğitiminde doktora çalışmasına devam eden başka bir fen uzmanı tarafından puanlanmış, puanlama sonuçları karşılaştırılmıştır. Puanlama uyumluluğu; %97,2 olarak tespit edilmiş; farklı puanlamalar birlikte değerlendirilerek fikir birliğine ulaşılmış ve kalan 15 defter araştırmacı tarafından puanlanmıştır.

Mühendislik Günlüğü, öğrencilerin ünitenin uygulanması süresince tüm notlarını, ünite soru ve etkinliklerini içerdiğinden öğrenciler bağımsız notlar da alabilmektedir. Öğrencilerin aldıkları notlar kavramsal öğrenmelerin ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin değişimlerinin anlamlandırılmasında nitel

kaynak sunmaktadır. Bu amaçla bulguları destekleyici öğrenci notlarına tırnak içi ifadelerle analizde yer verilmiştir.

4.3 Odak Grup Görüşmelerinin Çözümlemesi

Odak grup görüşmelerinin çözümlemesi amacıyla odak grup görüşmeleri kayıtları yazıya dökülerek incelenmiştir. Görüşme yoluyla elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle incelenmiş ve yorumlanmıştır. İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır (Şimşek & Yıldırım, 2011). İçerik analizinde temelde yapılan işlem, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği şekilde yorumlamaktır (Şimşek & Yıldırım, 2011). Araştırma amacı ile ilgili toplanan veriler sınıflama-tanımlama ve tanımlama-sınıflama biçiminde ilerlemiştir (Glesne, 2013).

Görüşmeleri analiz etmek için Berland ve arkadaşları (2014) tarafından sunulan üç aşamalı bir süreç kullanılmıştır. Önce "tanımlayıcı kodlar" (Miles & Huberman, 1994, s. 57) atanarak "kategorizasyon" yapılmıştır (Kvale & Brinkmann, 2008, s. 203). Bu süreçte görüşmeler ele alınan mühendislik tasarım süreci adımlarına (problemin belirlenmesi, tasarım çözümlerinin üretilmesi, nihâi tasarım ürününün geliştirilmesi) göre bölümlere ayrılmıştır. Bunu yaparken bir kategori bölümü, bu kategorinin yorumlanmasını destekleyen görüşme sorularına ek olarak görüşmenin tamamında aranmıştır. Çünkü görüşmenin doğal akışında tek bir ifade birden çok mühendislik tasarım aşamasına atıf yapabileceği gibi, her adım görüşme boyunca birçok kez ele alınabilmektedir (Berland vd., 2014).

İkinci olarak, görüşme soruları bağlamında her aşama ile ilgili olarak iletilen bilgi türleri incelendi. Bu bilgiler;

- Mühendislik adımının tanımlanması,
- Mühendislik adımının önemi,
- Mühendislik adımında yürütülen işlemler.

Odak grup görüşmeleri bir müzakere süreci olarak ele alındığından, üç aşamaya ilişkin bu üç bilgiye dayalı doğrudan sorular yöneltilmemiştir. Bunun yerine, araştırmacı yukarıda belirtilen üç merkezi bilgiyi ele almak için çeşitli sorulara verilen öğrenci yanıtlarını yorumlamıştır.

Üçüncü olarak 'anlam yorumlama' (Kvale & Brinkmann, 2008, s. 207) gerçekleştirilmiş, odak görüşme gruplarının mühendislik tasarım aşamasını anladığının bir tanımını geliştirmek için tek bir kategori tüm bilgi örneklerinde sentezlenmiştir. Örneğin, her grubun problemin belirlenmesi aşamasını tanımlaması, değerini ortaya koyması ve içerdiği bileşenleri açıklaması yorumlanmıştır. Bu anlam yorumlamasının bir sonucu olarak, öğrencilerin üç tasarım aşamasının her biri hakkında söyledikleri hakkında iddialarda bulunulmuştur (Berland vd., 2014). Örneğin, tanımlarının netliği, önemine yönelik beyanlar ve aşamaların literatürde de desteklenen işlemlerine ilişkin açıklamalar incelenerek yorumlanmıştır. Bu yorumlama süreci, doğası gereği öznelidir. Görüşmelerin analizine katılan iki araştırmacı ile yinelemeli tartışmalar yoluyla geliştirilmiştir. Bu çalışmada odak grup görüşmelerinin analizindeki amaç, ikinci araştırma sorusuna yönelik mühendislik günlüğü formu ile tespit edilen mühendislik tasarım süreç becerileri öğrenme ilerlemelerine ilişkin bulguları daha detaylı tartışacak ve anlamlandıracak veriler elde etmek ve desteklemektir.

Bu bölümde, öğrencilerin kavramsal öğrenmelerine yönelik açık uçlu soruların ön ve son uygulamalarına ilişkin bulguları verilmiştir. Bununla birlikte, öğrencilerin mühendislik öğrenci günlüğünde yer alan açıklamaları incelenerek mühendislik süreç becerilerine ilişkin bulgular ortaya konulmuştur. Ayrıca öğrencilerin uçak mühendisliği tasarım ünitesi uygulama sürecindeki mühendislik süreçlerine ilişkin anlayışları üzerinden yürütülen odak grup görüşmelerinde ortaya koydukları görüşler mühendislik tasarım süreç becerileri için destekleyici veriler olarak açıklanmıştır. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular, 2 araştırma sorusu kapsamında ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

5.1 Uçuş Prensipleri Kavramsal Öğrenmelerine İlişkin Bulgular

“Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin uçuş prensiplerine yönelik kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?” araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin uçuş prensipleri açık uçlu kavram testine ön ve son uygulamalar sırasında verdikleri yanıtlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Öğrencilerin ölçme aracında yer alan 15 açık uçlu soru için verdikleri yanıtlar; ‘doğru cevap’, ‘kısmen doğru cevap’, ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok/açıklama yok’ şeklinde analiz edilmiştir. Bu kapsamda elde edilen bulgular; (1) Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler, (2) Hava Basıncı, (3) Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi, (4) İtme Kuvveti ve (5) Hava Direnci olarak belirlenen kavramsal öğrenme alanlarına ilişkin soruların ön ve son uygulama yanıtlarının incelenmesiyle belirlenmiştir. Her kavramsal öğrenme alanı için yanıtlar frekansları ile birlikte ayrı ayrı tablolandırılmıştır.

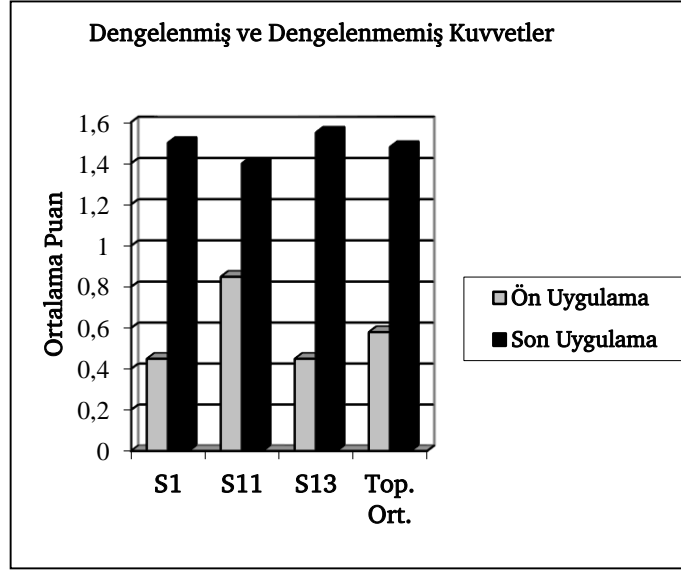
5.1.1 Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular

“Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler” öğrenme alanına ilişkin ön ve son uygulama bulguları Tablo 5.1’ de sunulmuştur:

Tablo 5.1 Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular

Soru No	Uygulama	Cevaplar (f)			
		Doğru Cevap	Kısmen Doğru Cevap	Yanlış Cevap	Cevap yok
1	Ön Uygulama	3	3	4	10
	Son Uygulama	13	4	2	1
11	Ön Uygulama	7	3	7	3
	Son Uygulama	12	4	3	1
13	Ön Uygulama	2	5	4	9
	Son Uygulama	14	3	3	0

Tablo 5.1’de görüldüğü gibi, “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi”nde yer alan ve ‘dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler’ kavramsal öğrenme alanını ölçmek için geliştirilen 1, 11 ve 13 numaralı soruların tamamında ‘tam doğru cevap’ sayısı artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, puanlaması “0” olan ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok’ yanıtlarının sayısı yine ilgili tüm sorularda azalmıştır. Şekil 5.1’de öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplara ilişkin aldıkları ortalama puanların değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.1 Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar (S: Soru)

Öğrencilerin ön uygulamada ‘dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler’e ilişkin cevapladığı 1, 11 ve 13 numaralı soruların toplam ortalama puanı ön uygulamada 0.58 iken, son uygulamada 1.48’dir. Şekil 5.1 incelendiğinde öğrencilerin birinci soruda ortalama puanlarının ön uygulamada 0.45 iken, son uygulamada 1.50’ ye ilerlediği, on birinci soruda puan ortalamalarının 0.85’ten 1.40’a ilerlediği ve son olarak on üçüncü soruda puan ortalamalarının 0.45’ten 1.55’e ilerlediği görülmektedir.

Ünite bağlamında “Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler” kavramı uçakların itme, kaldırma, sürüklenme ve ağırlık olmak üzere 4 kuvvet durumu ile ilişkilendirilmiştir. Öğrenciler, mühendislik tasarımı etkinliği üzereinden kavrama ilişkin yapılandırdıkları bilgilere mühendislik günlüklerinde de yer vermektedir. Öğrencilerin bu ilişkilendirmeleri aşağıda örneklendirilmektedir:

“Uçaklar 4 kuvvete sahip ve kuşlar da bu kuvveti kullanıyorlar. Uçağın sabit hızla gitmesi için kaldırma ve ağırlık kuvvetlerinin eşit ve ayrıca sürüklenme ve itme kuvvetlerinin de eşit olması gerekir. Havalanırken ise “Kaldırma Kuvveti > Ağırlık” ve “ İtme > Sürüklenme” olması gerekmektedir. İniş yaparken ise tam tersi olur.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö1

“Hangi tarafa daha çok kuvvet uygularsak o tarafa gider. Eğer kalkış istiyorsak itme ve kaldırma arttırılacak, aynı yerde kalmak istiyorsak sabit, incekse ağırlık ve sürüklenme olmalıdır.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö20

İfadelerde de görüldüğü gibi öğrenciler uçakların iniş ve kalkış mekanizmaları üzerinden denge durumlarını açıklamaktadır. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetlere yönelik kavramsal öğrenmelerini yürüttükleri tasarım etkinliği üzerinden geliştirdikleri söylenebilmektedir.

5.1.2 Hava basıncı kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular

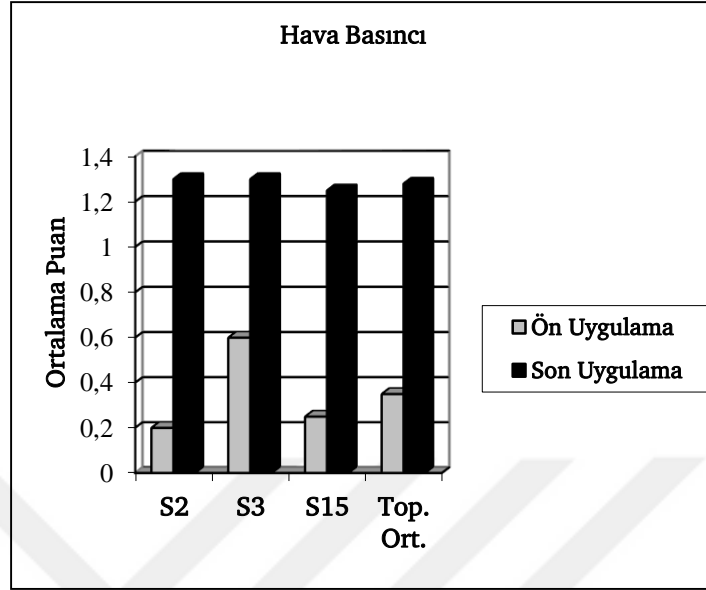
‘Hava Basıncı’ öğrenme alanına ilişkin açık uçlu soruların ön ve son uygulama bulguları Tablo 5.2.’ de frekansları ile verilmiştir:

Tablo 5.2 Hava basıncı kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular

Soru No	Uygulama	Cevaplar (f)			
		Doğru Cevap	Kısmen Doğru Cevap	Yanlış Cevap	Cevap yok
2	Ön Uygulama	0	4	11	5
	Son Uygulama	9	8	3	0
3	Ön Uygulama	3	6	8	3
	Son Uygulama	9	8	3	0
15	Ön Uygulama	0	5	8	7
	Son Uygulama	11	3	6	0

Tablo 5.2’ de görüldüğü gibi, “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi”nde yer alan ve ‘Hava Basıncı’ kavramsal öğrenme alanına yönelik geliştirilen 2, 3 ve 15 numaralı soruların tamamında ‘tam doğru cevap’ sayısı artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, puanlaması “0” olan ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok’ yanıtlarının sayısı yine

ilgili tüm sorularda azalmıştır. Şekil 5.2’ de öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplara ilişkin aldıkları ortalama puanların değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.2 Hava basıncı kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar (S: Soru)

Öğrencilerin ön uygulamada ‘hava basıncı’ na ilişkin cevapladığı 2, 3 ve 15 numaralı soruların toplam ortalama puanı ön uygulamada 0.35 iken, son uygulamada 1.28’dir. Şekil 5.2 incelendiğinde öğrencilerin ikinci soruya verdikleri yanıtların ortalama puanlarının ön uygulamada 0.20’ den son uygulamada 1.30’ a ilerlediği; üçüncü soruda 0.60’tan 1.30’a ilerlediği ve son olarak on beşinci soruda 0.25’ten 1.25’e ilerlediği görülmektedir. Ünite bağlamında “Hava Basıncı” kavramı uçakların kanat tasarımı ile ilişkilendirilmiştir. Öğrencilerin bu ilişkilendirmesine yönelik örnekler aşağıda sunulmaktadır:

“Hızlı hareket havanın hareketli olduğu zaman basıncı da düşer. Eğer uçak yaparken uçağın altının basıncını yüksek tutup, üstteki tarafını alçak tutarsak uçağı kaldırabiliriz.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö2

“Cisimlerin dış bükey şekilde tasarlanması hava basıncı farkı ile daha fazla yükselmesine neden olur.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö6

“İç bükey olan kanat ağır geldi, dış bükey olan kanat ise hafifledi. Demek ki dış bükeyde hava basıncı daha etki ediyor.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö18

İfadelerde de görüldüğü gibi öğrenciler kanatların tasarımı üzerinden hava basıncını açıklamaktadır. Öğrencilerin kanat tasarımlarını geliştirme sürecinde hava basıncı kavramına ilişkin öğrenmeler geliştirdiği söylenebilir.

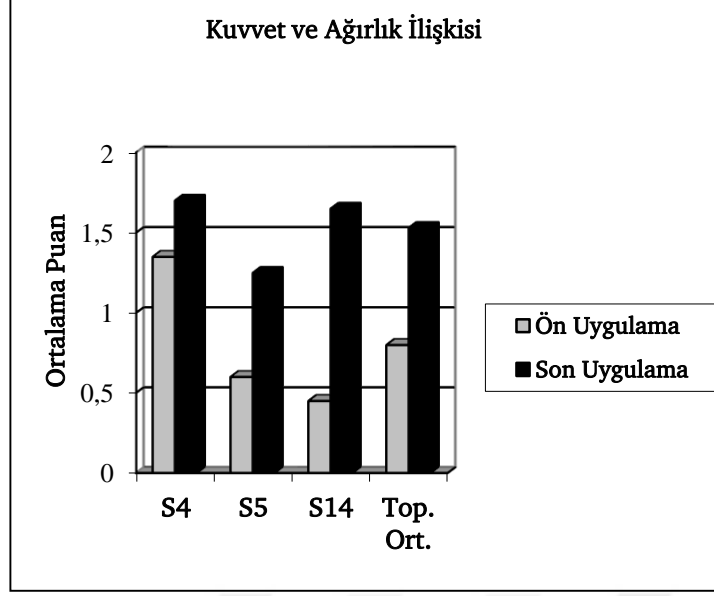
5.1.3 Kuvvet ve ağırlık ilişkisi kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular

‘Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi’ öğrenme alanına ilişkin açık uçlu soruların ön ve son uygulama bulguları Tablo 5.3’ te frekansları ile verilmiştir:

Tablo 5.3 Kuvvet ve ağırlık ilişkisi kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular

Soru No	Uygulama	Cevaplar (f)			
		Doğru Cevap	Kısmen Doğru Cevap	Yanlış Cevap	Cevap yok
4	Ön Uygulama	9	9	2	0
	Son Uygulama	17	0	3	0
5	Ön Uygulama	4	4	7	5
	Son Uygulama	11	3	5	1
14	Ön Uygulama	3	3	6	8
	Son Uygulama	16	1	3	0

Tablo 5.3’ te görüldüğü gibi, “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi”nde yer alan ve ‘Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi’ kavramsal öğrenme alanına yönelik geliştirilen 4, 5 ve 14 numaralı soruların tamamında ‘tam doğru cevap’ sayısı artış göstermiştir. Bunun yanı sıra puanlaması “0” olan ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok’ yanıtlarının toplam sayısı yine ilgili tüm sorularda azalmıştır. Şekil 5.3’ te öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplara ilişkin aldıkları ortalama puanların değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.3 Kuvvet ve ağırlık ilişkisi kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar (S: Soru)

Öğrencilerin ön uygulamada ‘kuvvet ve ağırlık ilişkisi’ ne ilişkin cevapladığı 4, 5 ve 14 numaralı soruların toplam ortalama puanı ön uygulamada 0.80 iken, son uygulamada 1.53’tür. Şekil 5.3 incelendiğinde öğrencilerin dördüncü soruya verdikleri yanıtlara ait puanlarının ön uygulamada 1.35’ ten son uygulamada 1.70’ e ilerlediği, beşinci soruda 0.60’tan 1.25’e ilerlediği ve son olarak on dördüncü soruda 0.45’ten 1.65’e ilerlediği görülmektedir.

Ünite bağlamında “Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi” kavramı uçakların tasarımında malzeme seçimi ile ilişkilendirilmiştir. Öğrencilerin bu ilişkilendirmeleri örneklendirilmektedir:

“Uçaklardaki malzemeleri bölümleri daha hafif yapıp ve azaltırsak ağırlığı azalır ve daha iyi havalanır, hızlanır. Yani uçakların kapasitesini arttırmak istiyosak ağırlığını azaltmalı.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö15

“Uçmasını istediğimiz bir cisim yapacaksa hafif malzemeler kullanmalıyız. Bu onun ağırlığını azaltır ve yükselmesini sağlar.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö1

İfadelerde de görüldüğü gibi öğrenciler uçakların malzeme tasarımı üzerinden kuvvet- ağırlık ilişkisi kurmakta ve kavramı açıklamaktadır. Öğrencilerin tasarımları üzerinden kavramsal öğrenmelerini geliştirdikleri söylenebilir.

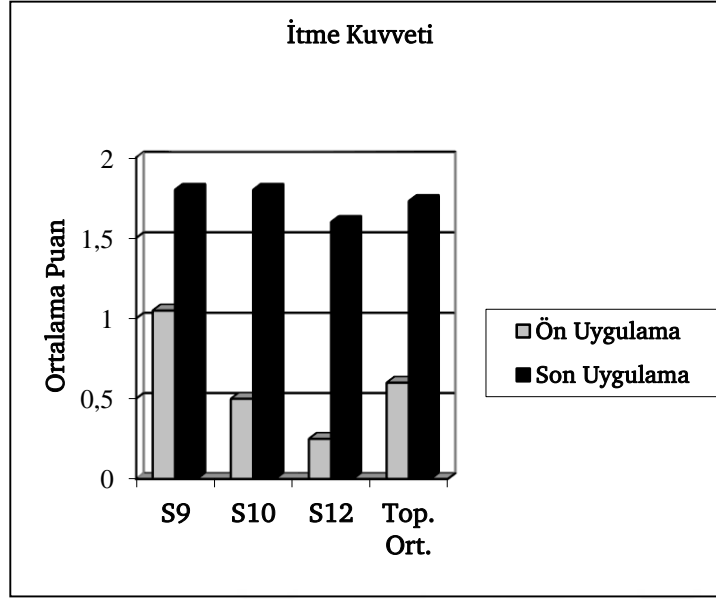
5.1.4 İtme kuvveti kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular

‘İtme Kuvveti’ öğrenme alanına ilişkin açık uçlu soruların ön ve son uygulama bulguları Tablo 5.4’te frekansları ile verilmiştir:

Tablo 5.4 İtme kuvveti kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular

Soru No	Uygulama	Cevaplar (f)			
		Doğru Cevap	Kısmen Doğru Cevap	Yanlış Cevap	Cevap yok
9	Ön Uygulama	4	13	2	1
	Son Uygulama	17	2	1	0
10	Ön Uygulama	2	6	5	6
	Son Uygulama	17	2	1	0
12	Ön Uygulama	1	3	15	1
	Son Uygulama	14	4	2	0

Tablo 5.4’ te görüldüğü gibi, “Uçuş Prensipleri Açık Kavram Testi”nde yer alan ve ‘İtme Kuvveti’ kavramsal öğrenme alanına ilişkin öğrenmeleri ölçmek için geliştirilen 9, 10 ve 12 numaralı soruların tamamında ‘tam doğru cevap’ sayısı artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, puanlaması “0” olan ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok’ yanıtlarının sayısı yine ilgili tüm sorularda azalmıştır. Şekil 5.4’ te öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplara ilişkin aldıkları ortalama puanların değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.4 İtme kuvveti kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar (S: Soru)

Öğrencilerin ön uygulamada 'itme kuvveti' ile ilgili cevapladığı 9, 10 ve 12 numaralı soruların toplam ortalama puanı ön uygulamada 0.60 iken, son uygulamada 1.73'tür. Şekil 5.4 incelendiğinde öğrencilerin dokuzuncu soruya verdikleri yanıtların ortalama puanlarının ön uygulamada 1.05' ten son uygulamada 1.80' e ilerlediği; onuncu soruda 0.50 'den 1.80' e ilerlediği ve son olarak on ikinci soruda ilişkin 0.25' ten 1.60' a ilerlediği görülmektedir. Ünite bağlamında "İtme Kuvveti" kavramı uçakların tasarımında motorların havayı geriye itmesi ile ilişkilendirilmiştir. Öğrencilerin de ünitedeki bu ilişkilendirme doğrultusunda gerçekleştirdikleri mühendislik tasarım etkinliği üzerinden kavramı yapılandırdıkları söylenebilir. Öğrencilerin mühendislik günlüklerinde yer verdikleri aşağıdaki açıklamalar bu görüşü destekler niteliktedir:

"Havanın itme kuvvetinin cisimler üzerinde etkisi vardır. Eğer bir cismi ileri doğru fırlatırsak cisim ileri biz ise geriye doğru gideriz. Çünkü etkiye karşı tepki oluşur. Uçakların ilerlemesinde de bunun etkisi vardır. Motorlar havayı geriye iter ve ileri gider."

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö1

“Tasarladığımız planörde gördük ki balondan hava geriye doğru çıktıkça planör ileri doğru hızlanıyor. Uçaklar bu şekilde hızlanır. Geriye etki ileriye iter.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö8

İfadelerde de görüldüğü gibi öğrenciler tasarımları üzerinden ve uçakların hareket mekanizmasından yola çıkarak itme kuvvetini ve etki-tepki yasasını açıklamaktadır.

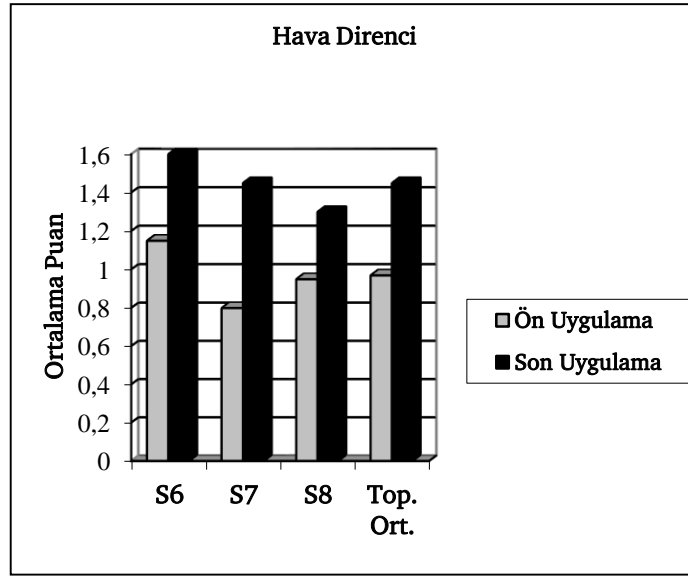
5.1.5 Hava direnci kavramsal öğrenme alanına ilişkin bulgular

‘Hava direnci’ öğrenme alanına ilişkin açık uçlu soruların ön ve son uygulama bulguları Tablo 5.5.’ te frekansları ile verilmiştir:

Tablo 5.5. Hava direnci kavramsal öğrenme alanı ile ilgili açık uçlu sorulara verilen cevaplara ilişkin bulgular

Soru No	Uygulama	Cevaplar (f)			
		Doğru Cevap	Kısmen Doğru Cevap	Yanlış Cevap	Cevap yok
6	Ön Uygulama	7	9	4	0
	Son Uygulama	14	4	2	0
7	Ön Uygulama	5	6	9	0
	Son Uygulama	11	7	2	0
8	Ön Uygulama	3	13	3	1
	Son Uygulama	11	4	5	0

Tablo 5.5’ te görüldüğü gibi, “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi”nde yer alan ve ‘Hava Direnci’ kavramsal öğrenme alanını ölçmek için geliştirilen 6, 7 ve 8 numaralı soruların tamamında ‘tam doğru cevap’ sayısı artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, puanlaması “0” olan ‘yanlış cevap’ ve ‘cevap yok’ yanıtlarının sayısının 6 ve 7 numaralı sorularda azaldığı görülmektedir. Sekiz numaralı soruda yanlış sayısı artarken; ‘kısmen doğru cevap’ ların ‘tam doğru cevap’ olarak yer değiştirdiği görülmektedir. Şekil 5.5’ te öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplara ilişkin ortalama puanların değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.5 Hava direnci kavramsal öğrenme alanına ilişkin ortalama puanlar (S: Soru)

Öğrencilerin ön uygulamada ‘hava direnci’ ne ilişkin cevapladığı 6, 7 ve 8 numaralı soruların toplam ortalama puanı ön uygulamada 0.97 iken, son uygulamada 1.45’tir. Şekil 5.5 incelendiğinde öğrencilerin altıncı soruya verdikleri yanıtların ortalama puanlarının ön uygulamada 1.15’ ten son uygulamada 1.60’ a ilerlediği, yedinci soruda 0.80’ den 1.45’e ilerlediği ve son olarak sekizinci soruya ilişkin puan ortalamasının 0.95’ten 1.30’ a ilerlediği görülmektedir.

Ünite bağlamında “Hava Direnci” kavramı uçakların tasarımsal durumları ile ilişkilendirilmiştir. Uçakların daha hızlı uçabilmesi için tasarımsal önlemler geliştiren öğrenciler, hava direnci kavramını tasarımları üzerinden yapılandırmıştır. Öğrencilerin mühendislik günlüklerinde yer verdikleri aşağıdaki açıklamalar bu görüşü destekler niteliktedir:

“Uçağın tüm bölümlerinde sivrilik var ve hava direnci fazla. Tasarımı yaparken ucunu sivriltince daha iyi uçtuğunu gördük.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö4

“Deney sonuçlarına ve sürüklenme kuvvetine göre yüzey alanı büyük olan büyük araçlar daha yavaş, yüzey alanı küçük ve ucu sivri araçlar daha hızlı gider. Bunları da kullanarak uçak, paraşüt, zeplin ve roket tasarlayabiliriz.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Ö20

İfadelerde de görüldüğü gibi öğrenciler tasarımları üzerinden yüzey alanı ve sürtünme kuvveti kavramlarını ilişkilendirmekte ve tasarım çözümlerine yansıtılmaktadır.

5.2 Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerine İlişkin Bulgular

“Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?” araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerileri literatürde belirtilen üç aşama altında incelenmiştir: (1) Problemin tanımlanması, (2) Tasarım çözümlerinin üretilmesi, (3) Tasarım ürününün geliştirilmesi. Bu başlıklar altında öğrenci günlükleri rubrik doğrultusunda okunmuş, ‘düşük’, ‘orta’ ve ‘yüksek’ olarak her rubrik maddesi işaretlenmiştir. Üniteye yer alan “Kanatlanalım”, “İt!İt!Bitişe Git!”, “Kağıt Uçak Yapalım”, “Haydi Hezarfen” isimli dört tasarım etkinliği için bu analiz tekrarlanmış ve analiz sonuçları frekansları ile tablolaştırılmıştır. Odak grup görüşmelerine ilişkin dökümantasyon aynı üç kategori altında çözümlenmiştir. Bu üç kategori, literatürde yer alan aşamaların temel bileşenleri doğrultusunda kodlanmış ve literatürdeki bulgularla öğrenci görüşleri arasındaki ilişkiler tırnak içi ifadelerle örneklendirilmiştir. Öğrencilerin uygulama sonrasında mühendislik tasarım sürecine ilişkin ortaya koydukları görüşler, mühendislik tasarım süreç becerilerinde gerçekleşen değişime nitel destek sunmaktadır.

5.2.1 Problemin Belirlenmesi Aşamasına Yönelik Bulgular

Problemin belirlenmesi aşamasına yönelik ilişkili rubrik maddeleri ve bileşenler; problemin tanımlanması, araştırma ve kısıtlama/kriterler şeklindedir. Bu aşamaya yönelik bulgular Tablo 5.6’ da sunulmuştur:

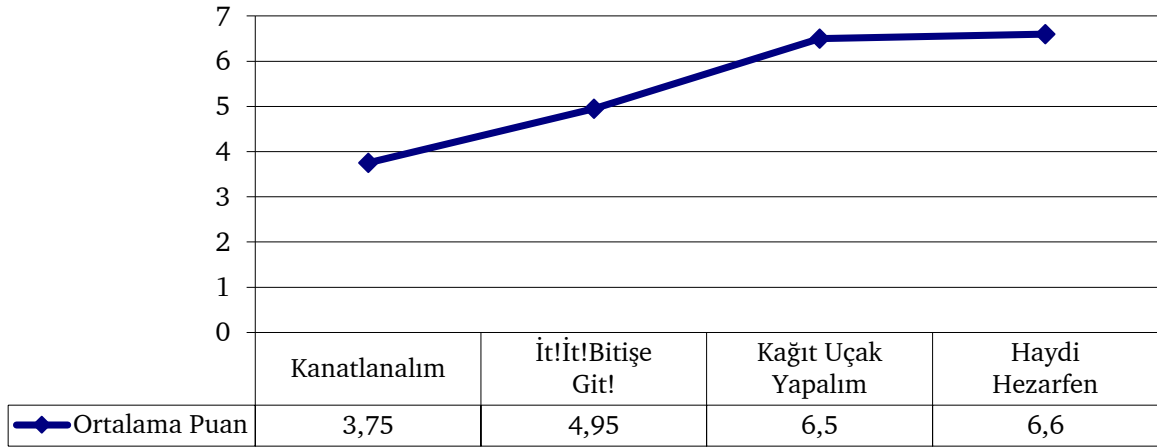
Tablo 5.6 Problemin belirlenmesine yönelik bulgular

Tasarım adı	İlgili Rubrik Maddesi								
	Problemin Tanımlanması (f)			Araştırma (f)			Kısıtlama/Kriterler (f)		
	D	O	Y	D	O	Y	D	O	Y
Kanatlanalım	19	0	1	11	7	2	18	2	0
İt! İt! Bitişe Git!	13	4	3	10	6	4	9	8	3
Kâğıt Uçak Yapalım	7	8	5	5	10	5	2	4	14
Haydi Hezarfen	6	5	9	5	11	4	3	4	13

*D:Düşük, O:Orta, Y:Yüksek

Mühendislik tasarım sürecinde *problemin belirlenmesi* aşaması ile ilişkili alt bileşenler doğrultusunda öğrenci beceri düzeyleri Tablo 5.6’ da görülmektedir. *Problemin belirlenmesi* aşaması ile ilişkili bileşenler, dolayısıyla rubrik alt maddeleri; ‘problemin tanımlanması’, ‘araştırma’ ve ‘kısıtlama/kriterler’ olarak belirlenmiştir. Tablo 5.6 incelendiğinde bu aşama kapsamındaki tüm alt bileşenlerde öğrenci düzeylerinin ilerlediği görülmektedir. *Problemin belirlenmesi* mühendislik tasarım süreci aşamasında öğrencilerin en çok ‘kısıtlama/kriterler’ bileşeni doğrultusunda yüksek düzey beceriler gösterdiği, dolayısıyla bu aşamaya yönelik becerilerin ‘kısıtlama ve kriterlerin belirlenmesi’ noktasında en çok ilerleme gösterdiği söylenebilir.

Analizler dahilinde rubrik maddeleri, ‘Düşük’ 1 puan, ‘Orta’ 2 puan, ve ‘Yüksek’ 3 puan olarak puanlanmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin *problemin belirlenmesi* mühendislik tasarım süreci aşamasında alabilecekleri en yüksek puan 9, en düşük puan 3 olarak belirlenmiştir. Bu aşamadaki ortalama puanların dört tasarım durumuna yönelik değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.6 Problemin belirlenmesi süreç becerilerine yönelik ortalama puanlar

Şekil 5.6’da görüldüğü gibi problemin belirlenmesi aşamasına yönelik ortalama puanlar dört tasarım durumu süresince artış göstermiştir. Öğrenci ortalama puanları süreç başında 3,75 iken; süreç sonunda 6,60’a yükselmiştir. Dolayısıyla öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinden *problemin belirlenmesi* aşamasına yönelik becerilerinin geliştiği söylenebilir. Bunun yanı sıra, ortalama puanların artışına en çok ‘kısıtlama/kriterler’ alt bileşenin etki ettiği görülmektedir.

Grupların problemin belirlenmesine ilişkin odak grup görüşmelerinde belirttikleri görüşleri ve mevcut literatürde yer alan temel bileşenler ilişkilendirilerek Tablo 5.7’de sunulmuştur.

Tablo 5.7 Mühendislik tasarımında problemin belirlenmesi konusunda öğrenci görüşleri

Literatürdeki temel gereklilikler	Öğrenci Görüşleri
Çözülecek problemin belirlenmesi	Problemin belirlenmesi gerekliliğini vurgulamakta
Probleme yönelik kriterlerin belirlenmesi Probleme yönelik sınırlılıkların belirlenmesi	Kriterlerin ve sınırlılıkların belirlenmesi gerekliliğine yönelik niceliksel olarak çok sayıda, niteliksel olarak güçlü ifadeler sunmakta
Problem durumunun araştırılması	Problem durumunun araştırılmasına yönelik görüşler var olmakla birlikte; araştırmaya yönelik vurgulama yetersiz görülmekte

Odak grup görüşmelerinde problemin belirlenmesi aşamasında öğrenciler, literatürde de sıkça bu aşama altında tartışılan “problemin tanımlanması, kriter ve sınırlılıkların belirlenmesi ve problemin araştırılması” bileşenlerinden söz etmiştir. Öğrencilerin bu bileşenlere ilişkin görüşleri ayrı ayrı örneklendirilerek incelenmektedir.

Tablo 5.8 Problemin tanımlanmasına yönelik öğrenci görüşleri

Grup	Öğrenci görüşleri
Grup 1	<p><i>“Problemi belirlemeli”</i></p> <p><i>“Evet. Çünkü neyin üzerine çalışacağını tam olarak bilinmesi gerekli. Yoksa amacının dışına sapabilir, farklı noktalara kayabilir.”</i></p> <p><i>“Probleme yoğunlaşılmalı ki sorun çözülsün”</i></p>
Grup 2	<p><i>“Problemi belirlemezsek bir şeyin üzerine çalışamayız.”</i></p> <p><i>“Problem belli olmazsa ne onun üzerine fikir geliştirebiliriz ne amacımızı biliriz, ne de problemi çözebiliriz”</i></p> <p><i>“Öncelikle problemi belirlemeliyiz ki devamında ne yapacağımızı bilelim.”</i></p> <p><i>“Sanırım bir inşaatın temeli neyse mühendis için de problemin tanımlanması o demek.”</i></p>
Grup 4	<p><i>“Neye çözüm getireceğini iyi tanımlamak gerek ki çözüm geliştirilebilsin.”</i></p>
Grup 5	<p><i>“Problem yokken; yapacağımız şey belli olmaz. Problem yapacağımız şeyi belirliyor.”</i></p>

Tablo 5.8’ de görüldüğü üzere üçüncü grup dışında tüm gruplar problemin bu aşamada tanımlanmasının gerekliliği ve önemi üzerinde durmuştur. İkinci gruptan bir öğrencinin *“..bir inşaatın temeli neyse mühendis için de problemin tanımlanması o demek”* ifadesi problemin tanımlanmasının mühendislik tasarım sürecindeki güçlü rolünü vurgulamaktadır.

Grupların bu aşamada problemin kriter ve sınırlılıklarının belirlenmesine yönelik tartışma süreçlerinden kesitler Tablo 5.9’da örneklendirilmiştir:

Tablo 5.9 Kriter ve sınırlılıkların belirlenmesine yönelik öğrenci görüşleri

Grup	Öğrenci görüşleri
Grup 1	<p><i>“Biz problemi elimizdeki bilgileri okuyarak kriterleri ve sınırlılıkları belirledik. “</i></p> <p><i>“Mesela biz problemi çözmek istiyoruz ama bazen bir mühendisin onu çözmelerini engelleyen durumlar da vardır; örneğin biz malzememiz eksik ya da zaman dar gibi durumlardan en iyi çözüme gidemedik bazen.”</i></p> <p><i>“Bu bütün engelleri ve gerekenleri en başta problemle ortaya koyarsak aslında ne yapacağımızı görürken; ne yapamayacağımızı da görürüz.”</i></p>
Grup 2	<p><i>“Problemi belirlemek için, kriterleri ve sınırlılıkları oluşturduk.”</i></p> <p><i>“Başarı kriterleri oluşturduk, kısıtlamalar yazdık. “</i></p> <p><i>“Başarmak istediğimiz şeyi belirledik ve bunu başarmak için ne engelimiz var onu düşündük. Mesela biz belki bambaşka çözüm bulacağız ama malzememiz izin vermiyor, para yetmiyor bunu önceden bilmek gerekli.”</i></p>
Grup 3	<p><i>“Maliyet, süre gibi engelleri ve kriterleri başarmak için belirledik. Ortaya çıkacak ilerdeki şeylere zorluklara karşı bunları belirlemek önemli.”</i></p>
Grup 4	<p><i>“Problemi çözmek nasıl mümkün olacak, nasıl bileceğiz çözmüş olduğumuzu mesela. Bunu görmek için problemin içinde verilen gereken şeyleri tespit edip önce anlamaya çalıştık.”</i></p> <p><i>“Bir de engelleri de düşündük. Mesela biz uçağımızı balsa ile yapmak isteriz ama balsamız yok. Bu bir engel. O yüzden elimizdekilere göre hareket etmemiz gerekiyor. Bunları belirlemek de önemli.”</i></p> <p><i>“Biz hep zamanda sorun yaşadık. Zaman bizim için çok önemli bir engeldi hep. Onu başta hesaba daha çok katsaydık, değerlendirseydik daha iyi olurdu.”</i></p>
Grup 5	<p><i>“Önce bizden ne istediğine baktık, bunla ilgili kısıtlamalar neler baktık.”</i></p> <p><i>“Bir de kriterleri belirledik.”</i></p>

Tablo 5.9’da görüldüğü üzere tüm gruplar odak grup görüşmelerinde problemin belirlenmesi aşamasında kriter ve sınırlılıkların belirlenmesinin gerekliliğine yönelik görüş bildirmektedir. Öyle ki; birinci ve dördüncü grup tasarım sürecinin geri kalanında yaşadıkları bazı sorunları (maliyet, zaman, malzeme) problemi belirlerken bu sınırlılıkları ortaya koymamaları ile ilişkilendirmektedir.

Grupların bu aşamada problemin araştırılmasına ilişkin tartışma süreçlerinden kesitler Tablo 5.10’ da örneklendirilmiştir:

Tablo 5.10 Araştırmaya yönelik öğrenci görüşleri

Grup	Öğrenci görüşleri
Grup 2	<i>“Sonra araştırma yaptık; ama biz grup olarak biraz orayı atladık, atlamamız gerekirdi.”</i>
Grup 3	<i>“Problemi belirledikten sonra bu probleme nasıl yol çizeceğimizi belirlemek için, problemin çözümüne ulaşmak için gerekli bilgileri öğrenmek için araştırma yapmamız gerekiyor.”</i>
Grup 4	<i>“Araştırarak bilgi toplanmalı problemle ilgili.”</i> <i>“Araştırmada mesela o problem daha önce çözülmüş mü ona bakmalıyız.”</i>
Grup 5	<i>“Problemi çözmek için nasıl yapabileceğimizi araştırdık.”</i>

Tablo 5.10 incelendiğinde beş grubun dördünün bu aşamada araştırma bileşenine değindiğini; ancak güçlü ifadeler kullanmadıklarını söyleyebiliriz. Araştırma ile ilgili tartışma sürecini uzun tutmamakta ve geniş açıklamalara yer vermemektedirler. Öyle ki; ikinci grup araştırmaya yönelik çalışma sürecini genellikle atladıklarını belirtmektedir.

Problemin belirlenmesine yönelik grup görüşleri incelendiğinde tüm grupların mühendislik aşamasını doğru şekilde tanımladığı, değerini açıkladığı ve ilgili işlemleri sıraladığı görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin günlüklerinde gerçekleştirdikleri dökümantasyonlarında tespit edilen mühendislik tasarım süreçlerine ilişkin açıklamalarının gelişimini desteklemektedir. Bu iki veri toplama aracından elde edilen bulgular birlikte yorumlandığında öğrencilerin problemin

belirlenmesine ilişkin süreç becerilerinin geliştiği söylenebilir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin günlük puanları bu aşamada en fazla ‘kriter ve sınırlılıkların belirlenmesi’ bileşeninde ilerleme göstermiştir. Benzer şekilde görüşmelerde de öğrenciler bu bileşene aşamanın önemini açıklarken sıkça vurgu yapmaktadır.

5.2.2 Tasarım Çözümlerinin Üretilmesi Aşamasına Yönelik Bulgular

Tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasına yönelik ilişkili rubrik maddeleri ve bileşenler; ‘beyin fırtınası’, ‘olası çözümler üretme’ ve ‘analiz’ olarak belirlenmiştir. Bu aşamaya yönelik bulgular Tablo 5.10’da sunulmuştur:

Tablo 5.11 Tasarım çözümlerinin üretilmesine yönelik bulgular

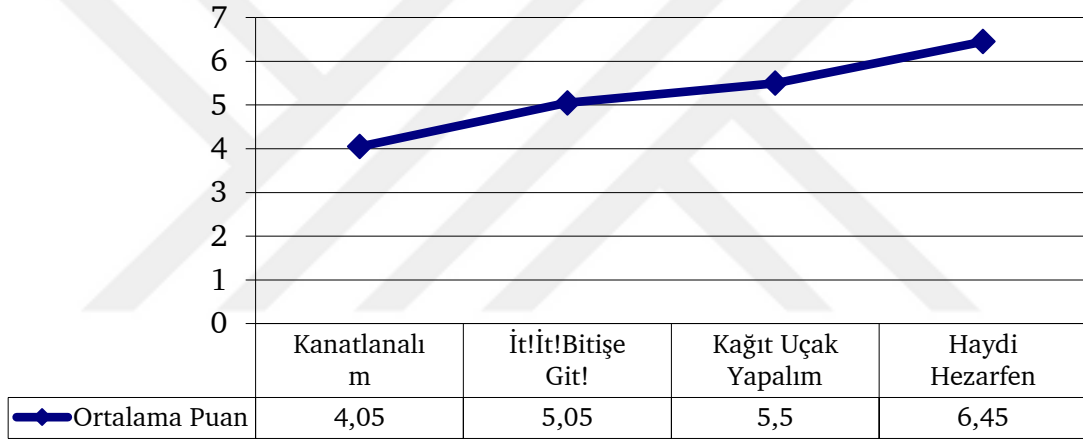
Tasarım adı	İlgili Rubrik Maddesi								
	Beyin fırtınası (f)			Olası Çözümler Üretme (f)			Analiz(f)		
	D	O	Y	D	O	Y	D	O	Y
Kanatlanalım	9	11	0	18	2	0	13	6	1
İt!İt!Bitişe Git!	12	5	3	14	3	3	5	9	6
Kâğıt Uçak Yapalım	10	7	3	13	4	3	4	5	11
Haydi Hezarfen	7	8	5	6	8	6	2	5	13

*D:Düşük, O:Orta, Y:Yüksek

Mühendislik tasarım sürecinde *tasarım çözümlerinin üretilmesi* aşaması ile ilişkili alt bileşenler doğrultusunda öğrenci beceri düzeyleri Tablo 5.11.’de görülmektedir. Tablo 5.11 incelendiğinde bu aşama kapsamındaki bileşenlerden ‘olası çözümler üretme’ ve ‘analiz’ bileşenlerinde öğrenci düzeylerinin ilerlediği görülmektedir. Bu iki bileşen dâhilindeki analizlerde düşük düzeyde beceriler azalırken; orta ve yüksek düzeyde becerilerin arttığı görülmektedir. Bu artışın en belirgin görüldüğü bileşen ise ‘analiz’ bileşeni olmuştur. Bunun yanı sıra, ‘beyin fırtınası’ alt bileşenini incelediğimizde, ‘Kanatlanalım’ etkinliğinde ‘orta düzey’ beceriler yoğunlukta; ‘Planör Yapalım’ ve ‘Uçak ve Sanat’ etkinliklerinde orta düzey becerilerin azaldığı, yüksek düzey becerilerin arttığı görülmektedir. Ancak

bu noktada düşük düzeyde beceriler de artış göstermiştir. Dolayısıyla bu bileşen dâhilinde artış ya da azalışa yönelik bir eğilim tespit edilememiştir. *Tasarım çözümlerinin üretilmesi* mühendislik tasarım süreci aşamasında öğrencilerin en çok ‘analiz’ bileşeni doğrultusunda yüksek düzey beceriler gösterdiği görülmektedir.

Analizler dâhilinde rubrik maddeleri, ‘Düşük’ 1 puan, ‘Orta’ 2 puan ve ‘Yüksek’ 3 puan olarak puanlanmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin *tasarım çözümlerinin üretilmesi* mühendislik tasarım süreci aşamasında üç madde toplamında alabilecekleri en yüksek puan 9, en düşük puan 3 olarak belirlenmiştir. Bu aşamadaki ortalama puanların dört tasarım durumuna ilişkin değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.7 Tasarım çözümlerinin üretilmesi süreç becerilerine yönelik ortalama puanlar

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasına yönelik ortalama puanlar dört tasarım durumu süresince artış göstermiştir. Öğrenci ortalama puanları süreç başında 4.05 iken; süreç sonunda 6.45’e yükselmiştir. Dolayısıyla öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinden *tasarım çözümlerinin üretilmesi* aşamasına yönelik becerilerinin geliştiği söylenebilir. Bu gelişime en çok katkı sunan bileşen ise ‘analiz’ becerisidir. Süreçte analiz becerilerinin puanlarındaki artışın en yüksek olduğu görülmektedir. Önemli bir değişim ortaya sunulamayan bileşen ise, ‘beyin fırtınası’dır.

Grupların tasarım çözümünün üretilmesine ilişkin görüşleri ve mevcut literatürde yer alan temel bileşenler ilişkilendirilerek Tablo 5.12’de sunulmuştur.

Tablo 5.12 Tasarım çözümlerinin üretilmesi ve öğrenci görüşleri

Literatürdeki temel bileşenler	Öğrenci Görüşleri
Sayısız fazla ve niteliksel olarak güçlü olası çözüm üretebilme	Olası çözüm önerilerinin niceliksel yönü vurgulanmaktadır.
Ödünleşim, analiz ve değerlendirme içeren karar verme süreçleri yürütebilme	Çözümler arasından seçim yapmak için kriter ve sınırlılıkların analizi vurgulanmaktadır.

Grupların bu aşamada olası çözüm önerilerinin geliştirilmesine yönelik tartışma süreçlerinden kesitler Tablo 5.13’ te örneklendirilmiştir:

Tablo 5.13 Olası çözüm önerileri üretmeye yönelik öğrenci görüşleri

Grup	Öğrenci görüşleri
Grup 1	<p><i>“Herkes kendi fikrini ortaya koydu. Herkesi dinledik, sonra ortak yol bulmaya çalıştık. Biri A fikrini söyledi, ben B, diğeri C, diğeri D.”</i></p> <p><i>“Bu mühendisin birden çok düşünme yetisine sahip olması demektir. Tek bir kişinin gözünden bakmıyor, herkesin gözünden bakıyor.</i></p> <p><i>“Neredeyse herkes farklı fikir üretirse problem çıkmaz.”</i></p>
Grup 2	<p><i>“Sonra çözümler geliştirdik. Neler yapabiliriz söyledi herkes.”</i></p> <p><i>“Çözüm geliştirirken tek yolla değil, farklı farklı çözümler bulmak gerek.”</i></p> <p><i>“Her şeyin tek bir çözümü yok. Her çözümün sonucu da başkadır. Bu çözümleri ortaya koymak gerekli ki sonrasında B planımız olsun.”</i></p>
Grup 3	<p><i>“Olası çözüm yolları geliştirmek gerekli.”</i></p> <p><i>“Çok sayıda çözüm üretmeliyiz”</i></p> <p><i>“Bizi en iyi sonuca ulaştıracak olanı bulmak için beyin fırtınası yapmalıyız.”</i></p> <p><i>“...birçok belirlemeliyiz ki bize her konuda en uygunu tespit edelim.”</i></p> <p><i>“Bir sürü fikri analiz eder öyle işe başlarız. Bir tane de fikir olabilir ama o zaman riskli hadi bunu yapalım dediğimizde ya olmazsa uymazsa.”</i></p> <p><i>“Bir de herkesin fikrini dinlemiş olmayız o zaman. Birçok fikir geliştirip eleme yaptık biz.”</i></p>

Tablo 5.13 Olası çözüm önerileri üretmeye yönelik öğrenci görüşleri (devamı)

Grup 4	<i>“Yaptığımız icadın daha verimli olması için onunla ilgili çok çözüm bulmalıyız. Bir icat yaptığımızda ilk önce çalışmayabilir. Belki problemin çok çözümü varsa biz bunları listelersek en iyisini bulabilir ya da hepsini bir araya getirebiliriz.”</i>
Grup 5	<i>“Birçok çözüm ortaya koyduk ve içinden her arkadaşımızın katkı sunduğu durumları listeledik.”</i>

Tablo 5.13'te görüldüğü üzere tüm gruplar olası çözüm önerilerinin ortaya konulmasının gerekliliğinden bahsetmiştir. Olası çözüm önerilerinin özelliklerinden bahsederken ise genellikle niceliksel ifadeler kullandıkları, sayısal olarak yüksek sayıda ve farklı çözümün en iyi çözüme ulaşmada önem taşıdığını vurgulamışlardır. Üçüncü grup açık bir şekilde, birinci grup ise örtük bir şekilde bu süreçte beyin fırtınasının gerekliliğine değinmiştir.

Tablo 5.14 En iyi çözümün seçilmesine yönelik öğrenci görüşleri

Grup	Öğrenci görüşleri
Grup 1	<i>“Bizim problemimize en uygun çözümü seçmeye özen gösterdik. Karşılıklı tartışarak çözümlerin eksiklerini iyi yönlerini tartışarak karara vardık.”</i>
Grup 2	<i>“...ve bazı çözümlerden neden vazgeçtiğimizi bilmek de önemli. Olası sonuçları görmemiz gerekli. Bir uçağı yaparken sadece 5m değil 10la 18le de tasarlamak gerekli.”</i> <i>“En iyi çözüm için başarı kriterlerine en uygunu düşündük. Bazen aslında daha istediğimiz çözümden vazgeçmemiz gerekti. En iyi kanadı tasarlamak için mesela ağırlık arttırdık. “</i>
Grup 3	<i>“Belki iyi bir çözümümüz var mesela ama malzeme ile olmuyor ya da kriterleri karşılamıyor ya da engeller var.”</i>
Grup 4	<i>“En iyi çözüme biz deneyerek karar verdik. Prototip sırasında bulduk aslında.”</i>

Öğrenci görüşleri incelendiğinde olası çözümlerden en iyisini seçmek için öğrencilerin ‘tartışma’, ‘deneme-yanılma’, ‘ödünleşim’, ‘kriter ve sınırlılıkların

analizi' gibi bileşenlerden söz ettiğini görmekteyiz. Birinci, ikinci ve üçüncü gruplarda kriter ve sınırlılıkların uygunluk analizinden söz edilmekle birlikte; üçüncü grupta bu kriter ve sınırlılıklar dahilinde 'ödünleşim' e yer verilebileceği vurgulanmıştır.

Öğrenci günlüklerinden alınan rubrik puanları ve odak grup görüşmeleri birlikte değerlendirildiğinde öğrencilerin tasarım çözümlerinin üretilmesine ilişkin beyin fırtınası, analiz, olası çözümler üretme durumlarının gerekliliğinin farkında oldukları ve bu aşamada becerilerinin ilerleme gösterdiği görülmektedir.

5.2.3 Tasarım Ürününün Geliştirilmesi Aşamasına Yönelik Bulgular

Tasarım ürününün geliştirilmesi aşamasına yönelik ilişkili rubrik maddeleri ve bileşenler; 'prototip', 'test etme' ve 'teknik özellikler' olarak belirlenmiştir. Bu aşamaya yönelik bulgular Tablo 5.15' te sunulmuştur:

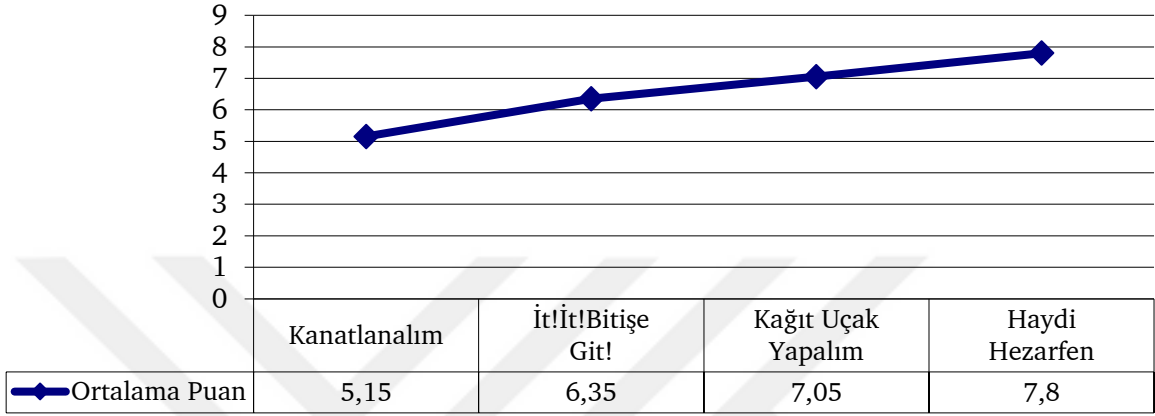
Tablo 5.15 Tasarım ürününün geliştirilmesine yönelik bulgular

Tasarım adı	İlgili Rubrik Maddesi								
	Prototip (f)			Test Etme (f)			Teknik Özellikler(f)		
	D	O	Y	D	O	Y	D	O	Y
Kanatlanalım	9	10	1	10	6	4	9	5	6
İt!İt!Bitiş Git!	7	7	6	6	7	7	4	5	11
Kâğıt Uçak Yapalım	2	7	11	7	3	10	3	5	12
Haydi Hezarfen	1	8	11	1	7	12	0	5	15

*D:Düşük, O:Orta, Y:Yüksek

Mühendislik tasarım sürecinde *tasarım ürününün geliştirilmesi* aşaması ile ilişkili alt bileşenler doğrultusunda öğrenci beceri düzeyleri Tablo 5.15'te görülmektedir. Tablo 5.15 incelendiğinde bu aşama kapsamındaki tüm bileşenlerde öğrenci düzeylerinin ilerlediği görülmektedir. Tüm bileşenlerde 'düşük' düzey beceriler azalırken; 'yüksek' ve 'orta' düzey becerilerin arttığı görülmektedir.

Analizler dahilinde rubrik maddeleri, ‘Düşük’ 1 puan, ‘Orta’ 2 puan, ve ‘Yüksek’ 3 puan olarak puanlanmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin *tasarım ürününün geliştirilmesi* mühendislik tasarım süreci aşamasında üç madde toplamında alabilecekleri en yüksek puan 9, en düşük puan 3 olarak belirlenmiştir. Bu aşamadaki ortalama puanların dört tasarım durumuna yönelik değişimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.8 Tasarım ürününün geliştirilmesi aşamasına yönelik ortalama puanlar

Şekil 5.8.’de görüldüğü gibi tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasına yönelik ortalama puanlar dört tasarım durumu süresince artış göstermiştir. Öğrenci ortalama puanları süreç başında 5,15 iken; süreç sonunda 7,80’e yükselmiştir. Dolayısıyla öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinden *tasarım ürününün geliştirilmesi* aşamasına yönelik becerilerinin geliştiği söylenebilir.

Grupların nihai tasarım ürününün geliştirilmesine ilişkin görüşleri ve mevcut literatürde yer alan temel bileşenler ilişkilendirilerek Tablo 5.16’ da sunulmuştur.

Tablo 5.16 Nihai tasarım ürününün geliştirilmesi ve öğrenci görüşleri

Literatürdeki temel bileşenler	Öğrenci Görüşleri
Çözüm önerisini tasarım ürünü olarak geliştirebilme	Prototip geliştirme gerekliliğini açıklamaktadır.
Kriterler doğrultusunda tasarım ürününü test etme ve değerlendirebilme	Test etme ile uygunluk analizini vurgular
Test veri ve değerlendirmeleri ışığında yeniden tasarlama süreçleri yürütebilme	Yeniden tasarlama sürecine yer vermemektedir

Örnek öğrenci görüşlerine aşağıda yer verilmiştir:

“Prototip geliştirmek eksikleri görmemiz için gereklidir. Denemeden yararlı olup olmadığını anlayamayız. Eksikleri belirleyip onları da katmak için test ettik.”

Grup 1-Odak Grup Görüşmesi

“Prototip ile aracımızı test etme şansı oluyor. Bazen bir mühendis mesela bir arabayı bir anda yapması zor. Onun küçük modelini yapıp görebilir. Belki arabayı yapacak ama hiç çalışmayacak. Bunu minik şekilde test edip görmek gerekli. Böylece bir sürü zaman ve maliyette kazanmış oluruz.”

Grup 2-Odak Grup Görüşmesi

“Ürünü ortaya sunmadan önce prototiple deneriz ki sıkıntısı varsa görebiliriz. Ve böylece olası problemlerden kurtulabiliriz. Önce küçük modelde testler yapmalıyız ki görelim.”

Grup 3-Odak Grup Görüşmesi

“Prototip geliştirmek test etme imkanı sunar. Tasarlayıp gözlemlememiz gere. İşe yarayabilir yaramayabilir bunu görmeliyiz.”

Grup 4-Odak Grup Görüşmesi

“İlk önce prototip geliştiriyoruz ki hatalarımızı sunmadan önce görebilelim. Aslında çözümün sıkıntılarını görmek için de gerekli.”

Grup 5-Odak Grup Görüşmesi

Öğrenci görüşlerinden de anlaşıldığı üzere öğrenciler prototip geliştirmenin test imkânı vermesinin önemine vurgu yapmıştır. Test etmenin gerekliliği ise aşağıdaki örneklerde açıklanmaktadır.

“Test etme aşaması var sonra. Test edince hata ve doğru yanları görürüz. Hatalar varsa gideririz. Test edersek başarı kriterlerine ne kadar uyup uymadığını görebiliriz. Test etmezsek bunu göremeyiz.”

Grup 1-Odak Grup Görüşmesi

“Ürünü kullanılacağı alana göre test ederiz. Böylece aynı şekilde ürünün düzgün çalışıp çalışmadığını, alanına hizmet edip etmediğini görmüş oluruz.Bunu dememiz için testlerin doğru çıkması lazım. Hem testlere göre başarı kriterlerine uyduysa o zaman doğru bir cisim oluşturduk dedik ve sunmaya karar verdik. Bu aşamada her mühendis ortaya koyduğu ürünü en gelişmiş en başarılı şekilde ortaya çıkarmak ister o yüzden doğru karar vermek çok önemli. Burada da başarı kriterleri ve test sonuçlarına kalıyor iş.”

Grup 2-Odak Grup Görüşmesi

“Prototip geliştirmek test etme imkanı sunar. Tasarlayıp gözlemlememiz gere. İşe yarayabilir yaramayabilir bunu görmeliyiz.”..... “Karar vermede birden çok icat yapmışsak hangisinin daha verimli olacağına karar veririz. Genellikle tek bir ürün yaptık.”

Grup 3-Odak Grup Görüşmesi

“Sonra karar verdik bu geliştirdiğimiz doğru ürün mü değil mi. Karar verme aşamasında amacımıza en uygun şeye karar veriyoruz.”

“Hatalarımızı görmek için test ediyoruz. Yanlış ürün sunmamak için. Ürünü en doğru haline getirmek için. Karar vermezsek ürün ortaya çıkmaz. Biz bu kararı verirken edindiğimiz bilgilerden yararlandık. Hataları yoksa seçtik, varsa düzeltmeye çalıştık.”

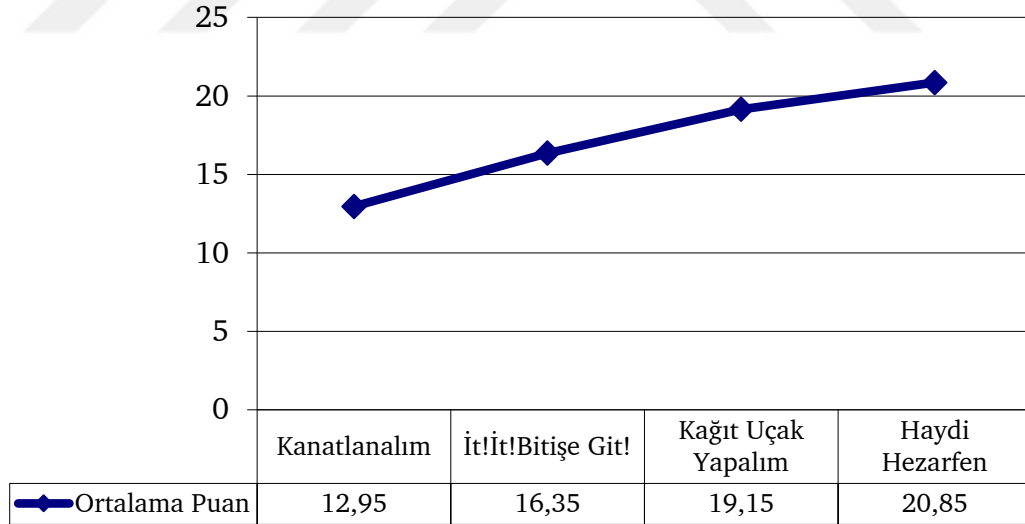
Grup 5-Odak Grup Görüşmesi

Görüşlerden anlaşılacağı üzere öğrenciler test etmenin problem çözümünde uygunluk analizine imkân vermesi üzerinde durmaktadır. Ayrıca test sonuçlarının

nihâi ürünün kararındaki önemi vurgulanmıştır. Öğrenciler bu aşamadaki prototip geliştirme, test etme ve karar verme bileşenlerini de vurgulamaktadır. Dolayısıyla *nihâi ürünün geliştirilmesi* aşamasını doğru tanımlamakta ve önemine değinmektedirler.

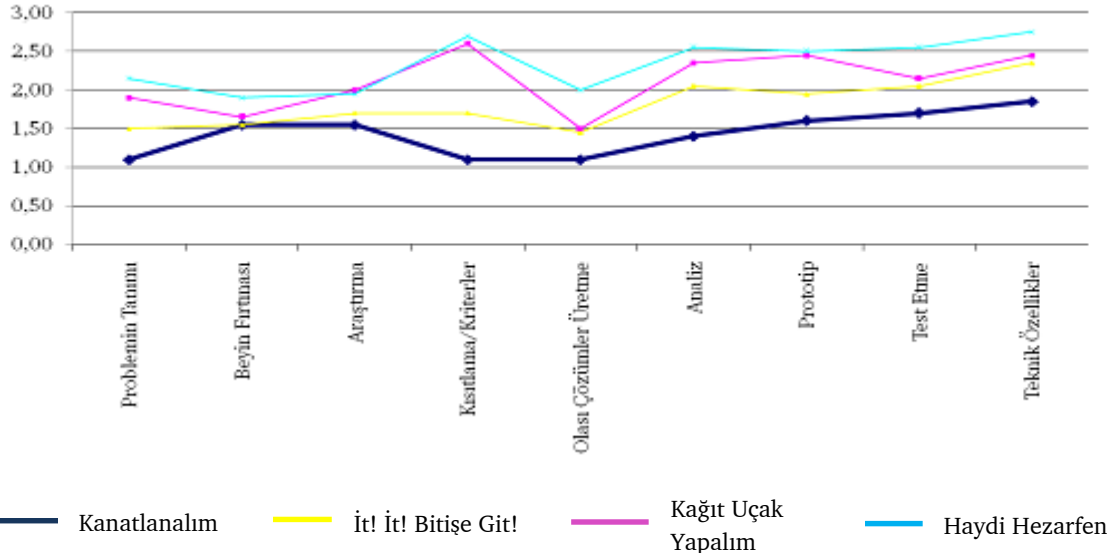
Öğrencilerin *nihâi ürünün geliştirilmesi* aşamasında tasarım süreç becerilerinin unite süresince ilerlediği görülmüştür. Ünite sonunda gerçekleştirilen odak grup görüşmelerinde öğrenciler bu aşamanın gerekliliğini literatürle uyumlu bileşenler doğrultusunda tartışmakta ve ortaya koymaktadır. Dolayısıyla süreç sonunda mühendislik tasarım sürecine ilişkin becerilerinin ve anlayışlarının geliştiği görülmektedir.

Öğrenci mühendislik günlüklerinden alınan toplam puanların ortaya konulması sürece ilişkin bütünsel bir fikir verebilmektedir. Öğrenci mühendislik günlüklerinden bir tasarım süreci içerisinde alınabilecek toplam puan en fazla 27, en az 9 olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda öğrencilerin toplam puanları da hesaplanmış ve dört tasarım durumuna yönelik değişimi karşılaştırılmıştır:



Şekil 5.9 Mühendislik tasarım süreç becerileri öğrenci toplam ortalama puanları

Ortalama puanların her bir rubrik maddesi için süreç boyunca değişimini gözlemlemek ve süreç ilerlemeleri üzerine daha derinlemesine inceleme yapabilmek için tüm rubrik maddelerinin puan ortalamaları 4 tasarım süreci için grafikte sunulmaktadır:



Şekil 5.10 Rubrik maddelerinin süreç boyunca ortalama puan değişimi

Şekil 5.9. ve 5.10' da da görüldüğü gibi öğrencilerin mühendislik tasarım süreç becerilerini gözlemlemek amacıyla açıklamaları üzerinden toplanan puanlar dört tasarım süreci boyunca artış göstermiştir. 5.10'da rubrik maddeleri doğrultusunda inceleme yapıldığında daha önce de belirtildiği gibi 'Beyin Fırtınası' ve 'Araştırma' rubrik maddelerine yönelik artışın kısıtlı olduğu görülmektedir.

Bu bölümde, mevcut çalışmanın başlıca sonuçları ilgili literatür ışığında tartışılmaktadır. Başlıca sonuçlar araştırma soruları ve çalışma hedefi doğrultusunda (1) Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi, (2) Kavramsal Öğrenmeler, (3) Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri olmak üzere 3 başlıkta tartışılmaktadır. Bunun yanı sıra, ilerideki çalışmalar için çıkarımlar ve öneriler de bu bölümde ele alınmaktadır.

6.1 Tartışma

Çalışmanın amacı, ortaokul düzeyinde uçak mühendisliği tasarım ünitesi geliştirmek, bu ünitenin ilgili fen kavramlarının öğrenilmesine ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimine etkisini incelemektir. Bu amaçla uçak mühendisliği tasarım ünitesi ortaokul düzeyinde bağımsız bir ünite modeli olarak geliştirilmiş, uygulanmış, belirlenen ölçme araçları ile kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerileri izlenmiştir. Bu başlık altında, araştırma kapsamında gerçekleştirilen ünitenin geliştirilmesine, kavramsal öğrenmelerin ve mühendislik tasarım süreç becerilerinin izlenmesine ilişkin süreçler ve bu süreçlerin sonuçları tartışılmaktadır.

6.1.1 Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi

Gelecek iş gücü ihtiyacına cevap vermesi, 21. yüzyıl yetkinlikleri ile ilişkisi, fen öğretimine olumlu katkısı, teknolojiyi anlamlandırma, problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, inovasyon, takım çalışması vb. yaşamsal becerilere etkisi sebepleri ile mühendislik tasarımını fen eğitimine bütünleştirmeye yönelik çabalar uzun yıllardır bulunmakta ve güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmada literatürde sunulan gereklilikler ve ihtiyaçlar doğrultusunda güncel bir mühendislik tasarım ünitesinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Hedef doğrultusunda mühendisliği

fen eğitim ortamlarına bütünleştirme yaklaşımları incelenmiş, ünite geliştirme süreci yürüten araştırmalar taranmıştır.

Bu çalışmada mühendisliğin fen öğretimi ile bütünleştirilmesinde 'açık yaklaşım' (Crotty vd., 2017) olarak ifade edilen yaklaşım izlenmiştir. Tümevarımsal bir süreç içeren bu bütünleştirme anlayışına uluslararası müfredat geliştirme proje çalışmalarında rastlanmaktadır (örn. Engineering is Elementary [EIE], NASA STEM, The Engineering Community). Bu yaklaşım doğrultusunda, mühendislik alanı belirlenmiş (uçak mühendisliği), belirlenen mühendislik alanı çerçevesinde yer alan konular listelenerek bir araya getirilmiştir (hava basıncı, hava direnci, itme kuvveti, dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler, ağırlık). Çoklu tasarım ortamları kurularak mini tasarımlardan ana tasarıma ulaşılması sağlanmış, ilgili mühendislik alanının birçok bilgi ve tasarımına ilişkin etkinlikler kurgulanmıştır. Böylece mühendislik alanının tekrarlı tasarımlar ile deneyimlenmesi, ilişkili fen kavramlarının aynı mühendislik çerçevesinde kullanılması ile öğrenimine destek olmak (Cunningham & Lachapelle, 2010; Lachapelle & Cunningham, 2007) amaçlanmıştır.

Öte yandan mühendislik tasarımının kullanıldığı çalışmaların genelinde tümdengelsel bir yol izlendiği görülmektedir (Aydoğan, 2019; Çiftçi & Topçu, 2020; English vd., 2013; Lie vd., 2018; Mason & Evans, 2017; Mitts, 2013a; Mitts, 2013b; Razzouk vd., 2014; Rehmat & Owens, 2016; Sabarre & Gulino, 2013; Sinatra vd., 2017; Song & Becker, 2013; Tate vd., 2018; Tuttle, Stanley & Bieniek, 2016; Walker vd., 2016; Wang vd., 2013). Tüm bu çalışmalarda, var olan bir ünite ya da fen kazanımına mühendislik tasarımı yaklaşımının yerleştirildiği, öğretim programına uyum gösterdiği ölçüde kısa süreli ve zaman aralıklı mühendislik uygulamaları kurgulandığı görülmüştür. Fen ve mühendisliği tamamen bütünleştirmek yerine iki disiplinden birini diğerinin öğrenimi için araç olarak kullanan bir yaklaşım yaygındır (Ercan, 2014). 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda da mühendislik tasarımının bütünleştirilmesi ünite sonunda yer alan ve öğretilen fen konusunu pekiştirme amacı taşıyan mühendislik tasarım görevleri ile gerçekleştirilmiştir. Ünite sonunda tasarım hedefini ünite için nihâi bir proje olarak kullanmaya yönelik bu bütünleştirme literatürde 'nihai proje odaklı

yaklaşım' olarak tanımlanmaktadır (Crotty vd., 2017). Kısa süreli ve aralıklı gerçekleşen bu tip mühendislik uygulamalarının öğrencilerin mühendisliği bir disiplin olarak anlamasına yol açma olasılığının düşük olduğu düşünülmektedir (Cunningham & Carlsen, 2014). Fen öğretim programları ile mühendisliği bütünleştiren 1-3 haftalık mühendislik eğitimi, öğrencilerin mühendisliğe yönelik tutumlarında, bilgi ve becerilerinde sınırlı etkiye sahiptir (Hirsch, Carpinelli, Kimmel, Rockland & Bloom, 2007; Mooney & Laubach, 2002). Dolayısıyla bu çalışmada olduğu gibi açık yaklaşımla geliştirilen ünite modellerinin ortaya konulduğu ve etkililiğinin değerlendirildiği daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu söylenebilmektedir (Crotty vd., 2017).

Açık yaklaşımla kurgulanan ünite araştırmaları, öğrencilerin bilim ve mühendislik anlayışındaki gelişmeleri anlamlandırabilmek ve etkilerini daha iyi belirlemek için önemlidir (Lachapelle vd., 2011). Özellikle ulusal düzeyde bu yaklaşımla ortaya konulan ünite modellerine rastlanmamaktadır. Bunun yanı sıra uluslararası alan yazında ortaokul özelinde çalışmalarla ilgili bir eksiklik de mevcuttur (Hammack vd., 2015). Bu nedenle geliştirilen ünite modeli farklı bir bütünleştirme yaklaşımı izlemesi ve önermesi ile ulusal düzeydeki benzer çalışmalardan ayrırmakta, uluslararası literatürdeki ihtiyaca cevap vermektedir. Öte yandan “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” öğretim ortamında deneyimlenmiş, mühendislik ve fenin bütünleştirilmesinde temel olan (1) kavramsal öğrenmeleri geliştirme, (2) mühendislik tasarım süreçlerini anlamlandırma (Berland vd., 2013; NRC, 2010) hedeflerini sağladığı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla fen öğretmenleri, araştırmacılar ve müfredat yapıcılar tarafından kullanılmaya uygundur. Bilim Uygulamaları dersi kapsamında geliştirilen ünite uluslararası düzeydeki benzerlerinde olduğu gibi destekleme ve yetiştirme kursları, yaz kampları, tasarım ve beceri atölyeleri dâhilinde de yürütülebilir.

Çalışma bulguları ile uyumlu olarak fen öğretim ortamları ile mühendisliği bütünleştirmede bağımsız açık yaklaşımın izlenmesinin öğrencilerin mühendislik görüşlerini olumlu etkilediğini ortaya koyan farklı çalışmalar da mevcuttur (Cunningham & Lachapelle, 2010; Elam, Dolham, & Solomon, 2012; Hammack vd., 2015; Hirsch vd., 2007; Plant, Baylor, Doerr & Rosenberg-Kima, 2009). Bu

çalışmalardan en çok bilinen 4.-6. sınıf seviyelerinde geliştirilen EIE (Engineering is Elementary) öğretim programıdır. Bu öğretim programında öğrenciler mühendislik alanlarını (örn; kimya mühendisliği, inşaat mühendisliği, çevre mühendisliği) ve bu alanların içerdiği fen konularını deneyimlemektedir. Öğretim programı kapsamında çeşitli ampirik çalışmalar yürütülmüş, öğrencilerin teknoloji ve mühendisliğe ilişkin anlayışlarının ve fen öğrenmelerinin önemli ölçüde ilerlediği ortaya konulmuştur (Cunningham & Lachapelle, 2010; Lachapelle & Cunningham, 2007; Lachapelle vd., 2011). Hammack ve arkadaşları (2015) altıncı sınıf öğrencilerinin kimya mühendisliğini deneyimlemesini sağlamak için bir ünite modeli geliştirmiş ve bu ünite ile bir haftalık mühendislik yaz kampı yürütmüştür. Ünitinin uygulanması sonucunda öğrencilerin mühendislik ve teknoloji anlayışlarının, kimya mühendisliği ile ilişkili fen kavramlarına ilişkin bilgi düzeylerinin ilerlediği görülmüştür (Hammack vd., 2015).

Bir önceki paragrafta belirtilen çalışmalarda olduğu gibi, mühendisliği K-12 deneyiminin bir parçası olarak sunan mevcut çalışmanın da öğrencilere mühendislik tasarım deneyimleri kazandırmada etkili olduğu, öğrencileri fen kavramlarını öğrenmek için motive ettiği görülmüştür. Öğrencilerin mühendislik günlüklerine kaydettikleri ders süreci ile ilgili ifadeleri de bu durumu destekler niteliktedir:

“Bu süreçte itme, sürükleme, kaldırma, ağırlık gibi kavramları enine boyuna öğrendik. Bunları tasarımlarımıza aktardık ve bu sayede nasıl işe yaradığını gördük. Aslında normalde çok basit olayların bilim ve mühendislikle ilişkili olduğunu ve zor şeylerin de bunlarla çözülebileceğini anladık. Bu ders iyi bir mühendis olmak için bana gerekli şeyleri öğretti ve zor olmadığını gösterdi.”

Mühendislik Günlüğü-Ö14

“Uçaklarla ilgili itme, sürükleme, kaldırma kuvvetlerini öğrendim. Uçağın her yerinin nasıl yapıldığını, uçlarının sivri olmasının hızlı uçabilmesi için gerektiğini, flapların ise kalkarken ve inerken kalkmasını, uçağın uçabilmesi için hafif malzemedan yapılmasını, kanatları sayesinde sağa sola manevralar yaptığını ve uçmasında kanat şekillerinin de önemli olduğunu

gördüm. Uçaklar hakkında daha önce çok düşünmemiştim, uçması çok zor gelirdi bana. Şimdi mantığını bilince aslında basit tasarlama bilgileri ile mümkün olduğunu anladım.”

Mühendislik Günlüğü-Ö16

Öğrenci ifadelerinde de görüldüğü üzere öğrencilerin mühendislik tasarım süreçleri yürütmesi, fen kavramlarını öğrenmelerini ve karmaşık teknolojileri anlamlandırma ve öğrenmelerini sağlamıştır. Öğrencilerce karmaşık ve zor görülen mekanizmaların anlamlandırılması öğrenme için motive edici görülmektedir.

Mühendislik tasarım ünitesinin geliştirilmesinde “Uçak Mühendisliği” alanına yer verilmiştir. Çalışma dâhilinde yürütülen araştırmalarda uçakların kanatlar, gövde yapısı, uçuş kontrol mekanizmaları, malzeme seçimi vb. birçok tasarımsal unsur içerdiği tespit edilmiştir. Bu farklı tasarım unsurlarının 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda yer alan hava basıncı, hava direnci, kuvvet, ağırlık vb. birçok fen içeriği ile ilişkili olduğu görülmüştür. Farklı fen içeriklerinin bir arada sunulması ve kavramlar arası ilişkilerin öğretimi açısından uçakların tasarımı üzerinden yürütülen bu öğrenme sürecinin kavramların anlamlandırılmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Gerlach, 2010). Bu alanın seçiminde ulusal ve özgün ünite geliştirme ihtiyacına paralel olarak ülke ekonomik kalkınmasındaki rolü, iş gücü ihtiyacı ve kariyer hedefleri de göz önünde bulundurulmuştur. Tema seçiminde bu gibi verilerin işe koşulması ve ülke özelindeki hedeflerin öncelenmesi çalışmanın özgün katkılarında birini oluşturmaktadır. Ünite geliştirme sürecinde ortaokul hazır bulunuşluğu, etkinlik ve içeriklerin uçuş prensipleri ile uyumu, kavramsal ve teknik incelemeler konularında farklı alan uzmanlarından görüşler de alınmıştır (uçak mühendisi, pilot, fen uzmanı, öğretmen). Mühendislik eğitimi yaklaşımının kullanıldığı çalışmalarda ortaokul öğretmenleri ile mühendislik alan uzmanlarının işbirliği önemlidir (Hammack vd., 2015). Mühendislik uzmanları ve K-12 eğitimcilerince işbirliği içerisinde gerçekleştirilen çalışmalar öğrencilerin mühendislik süreçlerini ve kavramsal ilişkileri anlamlandırmasını sağlamada faydalı görülmektedir (Hammack vd., 2015). Bununla birlikte tasarımsal unsurların teknik bilgilerini öğrenmek, kavramlarla mühendislik disiplini arasında köprü kurmak için mühendislik alan bilgisine sahip kişilerle çalışmak geliştirilen

ünitenin doğru ve etkili bir çerçeveye yerleşmesini sağlamada fen eğitimcilerine yardımcı olur. Uluslararası düzeyde geliştirilen mühendislik odaklı ünite geliştirme çalışmalarında da bu işbirliğinin sıkça kurulduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada ünite geliştirme sürecinde havacılık alanında uzman olan pilot ve uçak mühendislerinin görüşleri alınmıştır. Bu durum ülkemizde gerçekleşen fen eğitimi araştırmaları düşünüldüğünde özgün bir yaklaşım ortaya koymaktadır. İlerleyen çalışmalarda farklı alan uzmanları ile fen araştırmalarının farklı aşamalarında da işbirliği kurulması önerilmektedir.

Bağımsız müfredat birimleri oluşturmaya odaklanan araştırma tabanlı müfredat geliştirme çalışmaları, K-12 eğitiminde mühendislik standartlarının oluşturulmasına da yardımcı olmaktadır (Rogers & Portsmore, 2004). Ulusal düzeyde 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı ile uygulanmaya başlayan ve fen eğitiminde ülkemiz özelinde yeni sayılabilecek mühendislik eğitiminin standartlarının geliştirilmesi ve genişletilmesi söz konusudur. Öğrenciler üzerinde etkililiği ortaya konulmuş bağımsız ünite modellerinin bu standartların geliştirilmesinde öncülük edeceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, öğrencilerin açık uçlu problemleri keşfettikleri karmaşık etkinlikler planlamak birçok öğretmen için zor olabilmekte ve örnek ünite modelleri bu sürece rehberlik etmektedir (Cunningham & Carlsen, 2014). Öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri ve mühendislik tasarım süreç becerilerini geliştirmeye yönelik yapılandırılan ve etkililiği ortaya koyulan bu ünite modelinin, fen öğretmenlerine ve eğitim araştırmacılarına sonraki çalışmalarında rehberlik edeceği öngörülmekte ve mevcut mühendislik öğretim ünite modelleri ihtiyacına cevap vereceği düşünülmektedir.

6.1.2 Kavramsal Öğrenmeler

Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin uygulanması sonucunda ortaokul öğrencilerinin uçuş prensiplerine yönelik kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?

Uçak mühendisliği kapsamında ilgili fen kavramları (1) Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler, (2) Hava Basıncı, (3) Kuvvet ve Ağırlık İlişkisi, (4) İtme Kuvveti ve (5) Hava Direnci olarak belirlenmiştir. Araştırmacı tarafından

geliştirilen, geçerlilik ve güvenilirliği sağlanan 15 soruluk “Uçuş Prensipleri Açık Uçlu Kavram Testi”nde her kavram için üçer soru yer almaktadır. Kavram testi, 20 kişilik öğrenci grubuna ünite uygulaması öncesinde ve sonrasında yöneltilmiştir. Öğrencilerin ölçme aracından aldıkları puanlar her kavram için ayrı analiz edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki; öğrencilerin ünite kapsamında yer alan bu beş kavrama ilişkin öğrenmeleri ünite sonrasında öncesine göre gelişmiştir.

6.1.2.1 Dengelenmiş ve Dengelenmemiş Kuvvetler Kavramına İlişkin Kavramsal Öğrenmeler

Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda (2018) altıncı sınıfta öğretimi gerçekleştirilen “dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler” kavramı ile ilgili ortalama öğrenci puanları 0,58’ den 1,48’e ilerlemiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin bu kavrama ilişkin ön öğrenmeleri olmasına rağmen ön uygulamada ortalama puanları düşüktür. Son uygulamada ise öğrencilerin yarıdan fazlası bu kavramla ilişkili sorulara tam doğru cevap vermiştir. Öğrencilerin kavramla ilgili ön bilgileri olmasına rağmen; ön ve son uygulama arasındaki bu puan farkı mühendislik tasarım ünitesinin fen kavramlarını anlamlandırmadaki olumlu etkisini ortaya koymaktadır.

Ünitede uçakların kalkış/iniş/havada süzülme hareketleri uçuş kuvvetleri olan itme/sürüklenme/kaldırma/ağırlık kuvvetlerinin denge durumları ile ilişkilendirilmiştir. Öğrenciler üniteye yer alan farklı mühendislik tasarım etkinlikleri sırasında (Kanatlanalım, Kağıt Uçak Yapalım, Haydi Hezarfen) tasarım ürünlerini test ederken ve iyileştirirken bu denge-dengelenmeme durumlarını değerlendirmiştir. “Kağıt Uçak Yapalım” mühendislik tasarım etkinliğinde bir öğrencinin mühendislik günlüğüne aktardığı şu ifadeler bu görüşü destekler niteliktedir:

“Tasarımımızda uçağımız uzun süre havada süzülmedi, kısa mesafe gitti. Tasarımımızdaki aksaklığın ağırlığın fazla gelmesi ile ilgili olduğunu düşündük. Ağırlık çok gelince aşağı iniyordu. Ve sonucunda malzeme olarak karton yerine A4 kâğıdı kullanmaya karar verdik. Ağırlığı azaltınca daha iyi bir denge oldu ve uçağımız uzun süre süzüldü.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Kâğıt Uçak Yapalım Etkinliği-Ö8

Öğrenci ifadesinden görüldüğü üzere öğrenci tasarım ürününü test etme ve iyileştirme sürecinde ağırlığı azaltarak denge durumuna ulaşmaya çalıştıklarını belirtmiş, kuvvetin etkisini gözlemlemiştir. Nesnenin uçup uçmayacağını belirleyen faktörleri tanımlarken üzerindeki kuvvet durumlarını değerlendirmeye almıştır. Benzer şekilde Heywood ve Parker (2001) dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri yüzme-batma ilişkisi üzerinden açıklayan bir öğretim süreci yürütmüştür. Çalışmalarında kuvvetleri dokunsal olarak deneyimleyen öğrencilerin, kuvvetleri ve etki ettikleri hareket durumlarını açıkça belirleyebildiklerini ortaya koymuştur (Heywood & Parker, 2001). Bir diğer çalışmada, Moore ve Harrison (2005) öğrencilerden “su içerisinde aşağı-yukarı hareket eden bir dalgıç (Cartesian Diver)” tasarımlarını istemiştir. Bu tasarım sürecinde öğrenciler yüzme-batma durumu üzerinden dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvveti açıklamışlardır (Moore & Harrison, 2005). Mevcut çalışmada öğrencilerin uçak mühendisliği disiplininin tasarımsal unsurları üzerinden kuvvet denge durumlarını ve etkilerini gözlemlemesinin öğrencilerin bu kavrama ilişkin anlayışlarının gelişmesinde etkili olduğu söylenebilir. Öğrenciler uçağın üzerindeki kuvvetlerin denge durumu ile iniş/kalkış/havada süzülme hareketlerini açıklamıştır. Öğrencilere kavramları ilişkilendirebilecekleri somut gözlem durumları sunulduğunda soyut kavramları bu ilişkiyi açıklayanlar üzerinden geliştirebilirler (Moore & Harrison, 2005).

6.1.2.2 Ağırlık ve Kuvvet İlişkisi Kavramsal Öğrenmeleri

“Ağırlık ve Kuvvet İlişkisi”nin anlamlandırılmasında “dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler” kavramına benzer bir durum gözlenmiştir. Bu kavram ünitede uçakların ağırlık kuvveti ve bu kuvvete ilişkin tasarımsal öğeleri üzerinden yapılandırılmıştır. Öğrenciler ağırlığı fazla olan cisimlerin hareketini yorumlamış ve tasarımlarında ağırlığı azaltacak önlemler sunmuştur. Aşağıda bir öğrencinin bu süreci örneklendirilmektedir:

“Uçaklardaki malzemeleri, bölümleri daha hafif yaparsak daha iyi ve hızlı olur. Yani uçakların kapasitesini arttırıp ağırlığını azaltırım. Böylece aynı etki ile daha hızlı ilerler.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Kuvvet Üzerinde: Ağırlık-Ö15

“Bu derste bir planör yaptık. Planörümüzün hızlı ve iyi gidebilmesi için çözümler bulduk. Öncelikle malzemeleri hafiflettikçe balonun itme kuvveti ile daha uzun yol aldığını gördük.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-İt!İt!Bitişe Git! Etkinliği -Ö15

Örnekten de anlaşıldığı üzere öğrenciler ağırlık kavramını hareketi ile ilişkisi üzerinden tanımlamaktadır. Tasarım ürününün boyutu aynı iken ağırlık değiştirildiğinde hareketin nasıl değiştiğini araştırma fırsatı bulmuşlardır. Benzer şekilde Heywood ve Parker (2001) öğrencilerin ağırlık kavramını, ağırlığın sebep olduğu hareket ile bir ilişki içerisinde anlamlandırabildiklerini (Heywood & Parker, 2001) öne sürmektedir. Bu kavramın öğretimi Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda (MEB, 2018a) yedinci sınıfta gerçekleştirilmektedir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin bu kavrama ilişkin ön öğrenmeleri bulunmaktadır ve kavrama ilişkin ön uygulama öğrenci puan ortalaması 0.80 olarak tespit edilmiştir. Bu kavrama ilişkin son uygulama puanı ise 1.53'tür. Dolayısıyla ön öğrenmeleri olmasına rağmen mühendislik süreçlerinde kavramları tasarım unsurları ile ilişkilendiren öğrencilerin öğrenme düzeylerinin ilerlediği görülmektedir.

6.1.2.3 Hava Basıncı Kavramına İlişkin Kavramsal Öğrenmeler

“Hava Basıncı” kavramının Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda (MEB, 2018a) sekizinci sınıfta öğretimi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla çalışma grubundaki öğrenciler diğer kavramların aksine bu kavramı öğretim ortamında ilk kez edindiğinden bu kavrama ilişkin ön uygulama puanları en düşük olarak tespit edilmiştir. Öğrenci ortalama puanları 0.35'ten 1.28'e ilerlemiştir. “Hava Basıncı” kavramı üniteye uçakların kanat tasarımları ile ilişkilendirilmiştir. Bir öğrencinin kanat tasarımı ile hava basıncını ilişkilendirmesi aşağıda örneklendirilmiştir:

“Bence vantilatörden çıkan rüzgâr kanadı kaldırma kuvveti sayesinde hafifletmiştir. Dış bükey kanatta kütle 567 gram iken rüzgârla 564 grama düştü. Simetrik kanatta ise değişmedi. Dış bükeyde kanadın altındaki hava etkisi daha fazla olduğundan basınç yukarı doğru kanadı itti.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Kanatlanalım-Ö13

Öğrenciler için hava basıncı diğer basınç türlerine göre etkilerinin gözlenmesi zor bir kavramdır ve sadece rüzgârın etkileri ile algılanabilmektedir (Aksoy, 2003). Uçak mühendisliği ünitesi kapsamında farklı etkinlik ve mühendislik tasarım süreçleri ile öğrenciler uçan cisimlerin hava ile etkileşimini anlamlandırmaya çalışmış ve hava basıncını yorumlamıştır.

6.1.2.4 İtme Kuvveti Kavramına İlişkin Kavramsal Öğrenmeler

“İtme Kuvveti”nin anlamlandırılmasında “Hava Basıncı” kavramına benzer bir durum gözlenmiştir. Bu kavram üniteye uçakların hava hareketi ile oluşturduğu ileri yönlü itme kuvveti üzerinden yapılandırılmıştır. Öğrenciler planör tasarımlarında havanın itme kuvveti ile hareket eden bir ürün oluşturmaya çalışmış ve havanın harekete etkisini gözlemlemiştir. Bu durum bir öğrenci görüşü ile açıklanmaktadır:

“Planörümüzü yaparken balon kullandık. Balonun dışarı çıkmasıyla, planör ileri doğru hızlandı. Balondaki hava dışarı itilirken planör de ileri itildi. Uçaklarda da böyle olur. Havayı geri iterek ileri giderler. Etkiye tepki gibi aslında.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-İt!İt!Bitiş Git! Etkinliği -Ö1

Görüldüğü gibi öğrenci havanın bir cisim üzerindeki etkisini gözlemleyerek itme kuvvetini açıklamaktadır. “İtme Kuvveti”nin öğretimi Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda (MEB, 2018a) beşinci sınıfta gerçekleştirilmektedir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin bu kavrama ilişkin ön öğrenmeleri bulunmaktadır ve kavrama ilişkin ön uygulama öğrenci puan ortalaması 0.60 olarak tespit edilmiştir. Son uygulama puanı ise 1.73’e ilerlemiştir. Tasarımsal süreçlerde havanın cisimler üzerindeki etkisi üzerinden öğrenciler itme kuvvetini anlamlandırmıştır.

6.1.2.5 Hava Direnci Kavramına İlişkin Kavramsal Öğrenmeler

Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda (MEB, 2018a) yedinci sınıfta öğretimi gerçekleştirilen “hava direnci” kavramı ile ilgili ortalama öğrenci puanları 0.97’den 1,45’e ilerlemiştir. Dolayısıyla ön uygulama puanlarının en yüksek ve

puan ilerlemesinin en az olduğu kavramdır. Sekizinci sınıf öğrencilerinin bu kavrama ilişkin ön öğrenmeleri bulunmakta ve ön uygulama sonuçlarından görüldüğü üzere bilgileri yüksek olarak ölçülmektedir. Lee ve Kwok (2009) öğrencilerin “hava direnci” kavramını anlamlandırabilecekleri olaylara günlük hayatta daha fazla şahit olduklarını belirtmektedir (Örn; paraşütle atlama, yaprağın havada süzülmesi). Öğrencilerin bu kavramla ilgili ön bilgilerinin daha yüksek ölçülmesi bu durumla açıklanabilir. Bununla birlikte öğrencilerin son uygulamadaki puan artışı öğrencilerin hava direncine ilişkin kavramsal anlayışlarını geliştirmek için daha iyi yapılandırılmış öğrenme ortamları gerektiği görüşünü de destekler niteliktedir (Lee & Kwok, 2009). Bu kavram ünitede uçakların kanat ve gövde tasarımları ile ilişkilendirilmiştir. Bir öğrencinin hava direnci ve yüzey ilişkisini mühendislik tasarım süreçlerinde nasıl anlamlandırdığı örneklendirilmektedir:

“Hava direncine karşı yapılan araçlarda ucunu sivri yaparak hava direncini azaltırlar. Böylece hızlı giderler. Biz de kâğıt uçağımızın ucunu sivriltip ataç takınca daha hızlı ve uzun gitti.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Kâğıt Uçak Yapalım-Ö13

“Uçağımızın yenilikçi yönü ucunun normal uçaklara göre daha sivri olmasıdır. Böyle olduğu için daha hızlı gider. Günümüzdeki uçakların hızını arttırmak için buna dikkat etmeliyiz. Kanatlarımız da uçlara doğru sivrilmiştir. Böylece hava sürtünmesi daha az etki eder ve amacımıza ulaşırız.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Haydi Hezarfen -Ö13

Öğrencilerin kavramla ilgili ön bilgileri olmasına rağmen ön ve son uygulama arasındaki oluşan puan farkı mühendislik tasarım ünitesinin fen kavramlarını anlamlandırmada olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

6.1.2.6 Özet

Gerek önceki öğrenmeleri mevcut olan kavramlar gerekse ilk kez karşılaştıkları “Hava Basıncı” kavramı ile ilişkili sorularda öğrencilerin son uygulamada doğru yanıt sayılarının arttığı; kısmen doğru ve yanlış cevap sayılarının ise azaldığı görülmektedir. Son uygulamada öğrenci grubunun yarısından fazlasının ilgili sorulara tam doğru cevap verdiği gözlenmiştir. Ortalama puanların ön uygulamaya göre yükseldiği ve tüm kavramların öğreniminde artış söz konusu olduğu söylenebilmektedir. Geliştirilen ünitenin ilgili kavramların öğrenimine katkı sunduğu görülmektedir.

Ortaokulda yer alan kuvvet ile ilişkili kavramların öğreniminin öğrenciler için zor olduğu birçok çalışma ile ortaya konulmuştur (Çevik & Kurnaz, 2019; Driver vd., 2005; Gilbert vd., 1982; Heywood & Parker, 2001; Parker, 2004; Parker & Heywood, 2000; Vosniadou & Skopeliti, 2014; Zhou vd., 2015). Bu durum çalışmalarda genellikle bu kavramların öğrenciler için soyut olması ile açıklanmaktadır. Öğrenciler soyut kavramları ilişkisel açıklamalar geliştirerek anlamlandırmaktadır (Heywood & Parker, 2001; İnel Ekici, 2014). Bilimsel kavramların anlamlı nedensel açıklamalarının üretilmesi, hem bilimsel çabanın hem de etkili sınıf öğretiminin merkezinde yer almaktadır (Parker, 2004). Dolayısıyla öğrenmeyi bağlamsallaştıran, kavramların anlamlandırılması için ilişkisel öğeler barındırarak öğrenci sorgulamasını destekleyen öğretim ortamları, kavramların öğrenilmesini teşvik etmektedir (Rivet & Krajcik, 2004). Önceki paragraflarda sunulan öğrenci ifadeleri üniteye yer alan mühendislik tasarım süreçlerinin öğrenciler için soyut kavramları anlamlandırabilecekleri ilişkisel durumlar sunduğunu göstermektedir. Açık uçlu kavram testinin ön ve son uygulama bulguları ile tespit edilen kavramsal öğrenme ilerlemeleri de bu iddiayı desteklemektedir.

Mevcut literatürde K-12 düzeyinde mühendislik tasarım odaklı yaklaşımın öğrencilerin bilimsel kavramlar hakkındaki anlayışlarını geliştirdiği önceki araştırmalarda da ortaya konulmuştur (Cunningham & Carlsen, 2014; Park vd., 2018; Schnittka & Bell, 2011). Birçok çalışma özellikle kuvvet ve hareket gibi soyut fizik konularında mühendislik odaklı öğretimin kavramsal öğrenmeleri

geliştirdiğini ileri sürmektedir (örn.; Çiftçi, 2020; Ercan, 2014; Kurtuluş, 2019; Yıldırım & Selvi, 2017). Bu çalışma bulguları da literatürdeki bu yaygın görüşü destekler niteliktedir.

K-12 düzeyinde mühendislik eğitimi öğrenciler için fen kavramlarını uygulama fırsatı sunar ve fen öğrenmelerini geliştirir (Hammack vd., 2015). Benzer şekilde, Levy (2013) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, öğrenciler biri diğerinden daha yüksek olan iki daireye eşit su taşımak için sistem tasarladıkları dört mühendislik durumunu deneyimlemiş ve süreç sonunda ‘akış hızı’, ‘basınç’ gibi fiziksel kavramları anladıkları gözlenmiştir. Schauble, Klopfer ve Raghavan (1991) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise bilimsel süreç odaklı ve mühendislik odaklı iki öğretim ortamı kurgulanarak karşılaştırılmıştır. Çeşitli mekanik faktörlerin yay uzunluğu üzerindeki etkilerini inceleyip araştıran bir grupta bir kanal sisteminden çekilen model teknelerinin hızının artırılması mühendislik problemi üzerinden süreç yürüten grubun öğrenmeleri incelendiğinde mühendislik odaklı öğrenim gören grubun ilgili fen kavramlarını daha iyi anlamlandırıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada bulgular Dewey (1913) tarafından belirtilen öğrencilerin araç odaklı bilim çalışması yerine amaca yönelik pratiklerden yararlanarak daha başarılı olduğu görüşüne dayandırılmıştır (Schauble vd., 1991). Mevcut araştırmada da belirlenen beş kavramın dördü öğrenciler tarafından bir önceki sınıflarda öğrenilmesine rağmen mühendislik tasarım odaklı etkinliklerle bu kavramlara ilişkin öğrenme düzeylerinin ünite uygulaması öncesine göre ünite sonrasında geliştiği görülmektedir. Bunun yanı sıra, ilk kez karşılaştıkları “Hava Basıncı” kavramında da öğrencilerin gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla mevcut araştırma dâhilinde, mühendislik tasarımı yaklaşımının öğrencilerin önceki öğrenmelerinde yer almayan fen kavramların yanı sıra önceki öğrenmeleri mevcut olan kavramların öğrenilmesinin gelişimine de katkı sunduğu söylenebilir. Öğrenciler mühendislik problemlerini çözmek için fen kavramlarını kullandığında mevcut kavramsal bilgileri gelişir, ilk kez karşılaştıkları kavramları ise yapılandırabilirler.

“Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi”, *dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler, hava basıncı, ağırlık ve kuvvet ilişkisi, itme kuvveti, hava direnci* olmak üzere beş

kavramın süreç boyunca kullanımına olanak sunmuştur. Farklı kavramlar için ayrı etkinlikler tasarlanmış olsa da, tüm tasarım problemleri uçuş prensipleri çatısında birleşmekte ve bu problemleri çözmek için birden fazla kavramı değerlendirmek gerekmektedir. Örneğin; öğrenciler “hava direnci” için yapılandırılan ‘kâğıt uçak tasarımı’nı gerçekleştirirken, uçağın süzülebilmesi için ağırlık, daha çok havalanması için hava basıncı kavramlarını da değerlendirmiştir. Bu durum bir öğrencinin görüşü ile açıklanmaktadır:

“Uçağımızın ucunu sivri yaptık; çünkü havayı delerek hızla gitmesi gerekti. Kanatlarını v şeklinde büktüğümüzde daha iyi havalandığını gördük. Önce kartondan yapmıştık; ama A4 kâğıdından yapınca daha iyi süzüldü.”

Öğrenci Mühendislik Günlüğü-Kağıt Uçak Yapalım-Ö16

Görüldüğü gibi öğrenci kâğıt uçaklarını sivri yaparak *hava direncine* karşı önlem aldıklarını, kanatları bükerek *hava basıncı* farkı oluşturduklarını ve *ağırlıkla* ilgili önlem alarak uçağın daha iyi hareket etmesini sağladıklarını belirtmektedir. Uçak mühendisliği çerçevesinde ilişkili bu kavramların bir arada öğretimi kavramlar arası ilişkilendirmelere imkân sunarak anlamlı öğrenmeyi sağlar (Gerlach, 2010). Bununla birlikte öğrenciler aynı kavramı farklı tasarım problemlerinde birçok kez uygulama fırsatı bulur. Araştırmada ünite sonunda öğrenmelerin ilerlemesi bu durum ile de açıklanabilir.

Mühendislik tasarımı öğrencileri fen içeriklerini öğrenmeye teşvik edecek süreçler barındırır. Purzer ve arkadaşları (2015) mühendislik tasarım sürecinde çözüm üretme ve en iyi çözüme karar verme aşamalarında yürütülen bilgi temelli kararların, fen kavramları ile tasarım arasındaki ilişkileri çözümlenmeye teşvik ederek kavramsal öğrenmeyi sağladığını iddia etmektedir. Benzer şekilde Cunningham ve Carlsen (2014) de tasarım çözümleri arasından birine karar verme sürecinin fen kavramları ile ilgili ilişkileri tartışmaya davet ettiğini belirtmektedir. Mühendislik tasarım yaklaşımında öğrenciler tasarımsal zorlukları çözmeye, fen kavramlarını araştırarak ilişkileri tartışmaya teşvik edilir. Örneğin; bir el tozlaştırma aparatı tasarlarırken oluşan çok fazla olası çözüm arasından birine karar vermek için öğrenciler polen taşınması için uygun malzemenin özelliklerini, çiçek

şekli ile tozlayıcı şekli arasındaki ilişkiyi tartışmaya açar (Cunningham & Carlsen, 2014). Benzer şekilde, bu çalışmada da sunulan öğrenci ifadeleri, öğrencilerin kavramsal yapılandırmalarını uçakların tasarımsal durumları üzerinden açıkladığını göstermektedir.

Tasarım sürecindeki tekrarlı test ve yeniden tasarlama süreçleri de kavramların öğreniminde etkilidir (Levy, 2013). Mühendislik tasarımının öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinin gelişimini sağlaması, bu yaklaşımın yinelenen süreçleri ile açıklanabilir. Yinelemeli tasarım süreçleri, öğrencilerin tasarım ürünlerini değiştirmeleri için fırsat sunarken, ilgili fen kavramlarına yönelik anlayışlarını geliştirmeleri için de uygun bir zihinsel süreci teşvik etmektedir. Gerlach (2010) beşinci sınıf öğrencileriyle yaptığı çalışmada öğrencilere yeniden tasarlama şansı tanıdığına bir önceki duruma göre terminolojiyi daha fazla kullanmaya başladıklarını ortaya koymuştur. King ve English (2016) tarafından yürütülen çalışmada da tek bir tasarım şansı verildiğinde öğrencilerin tasarımın sadece estetik görünümüne odaklandığı, yapısal özelliklerini göz ardı ettikleri gözlenmiştir. Aynı çalışmada test etme sonrası yeniden tasarım için zaman verildiğinde öğrenciler test etme sırasında aksayan yapısal özellikleri araştırmış, tasarıma yansıtmış ve bunları defterlerine aktarmıştır. Dolayısıyla mevcut çalışmada öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde tasarımlarını geliştirirken ya da iyileştirirken ihtiyaç duydukları fen kavramlarını öğrenmeye teşvik edildiği söylenebilir. Bu sebeple mühendislik tasarım odaklı öğrenme ortamlarında kavramsal öğrenmeleri geliştirmek için öğrencilere test ve yeniden tasarım fırsatları sunulmalıdır.

Mevcut çalışmada olduğu gibi birçok çalışmada da mühendislik tasarım yaklaşımı fen kavramlarının gelişimi için kullanılsa da, mühendisliği tek başına fen ile kesişen temel fikirler açısından değerlendirmemek gerekmektedir. Çoğunlukla fen müfredatlarına dâhil edilerek fen içeriklerini zenginleştirmede kullanılsa da mühendisliği tek başına fen ile ilişkisi üzerinden incelemek mühendisliğin doğasını çarpıtır (Cunningham & Carlsen, 2014). Çünkü mühendislik problemleri doğasında sadece bilimsel kavramlar ile çözülebilir yapıda değildir. Örneğin; “şekerin suda çözünürlüğü sıcaklıkla nasıl değişir?” gibi bir problemin kanıtları

fene dayalı iken, “belli bir irtifada uçacak bir uçak tasarımı” gibi mühendislik problemlerinde ilgili fen kavramlarının yanı sıra, müşteri tercihleri, riskler, malzemelerin kullanılabilirliği, maliyet, yenilikçilik, estetik vb. durumlar da test edilmesi ve prototiplenmesi gereken unsurlar arasındadır. Ayrıca şekerin suda çözünürlüğünün sıcaklıkla artması objektif bir sonuç iken, en iyi tasarım müşterinin talepleri doğrultusunda ve sınırlılıklara bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Cunningham & Carlsen, 2014). Dolayısıyla daha üst düşünme becerileri geliştirebilmek için mühendislik problemlerinin çözümü tek başına fen kavramları ile sınırlandırılmamalıdır.

Bunun yanı sıra mühendislik tasarım sürecini yapılandırırken, öğrencilerin fen kavramlarından tamamen bağımsız tasarım süreçleri yürütmesinin de önüne geçmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Gerlach (2010) beşinci sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdiği uçak tasarım çalışmasında fen içeriklerine ilişkin hazırlık, mini etkinlikler gibi hissettirici çalışmalar gerçekleştirilmediğinde öğrencilerin uçakların çalışma mekanizmaları üzerinde durmadığını, sadece estetik görünümüne odaklandığını belirtmektedir. Öğrenciler tasarım ürününün yalnızca estetiğine odaklanma ve dolayısıyla fen öğrenmelerini göz ardı etme eğilimindedirler (Berland & Steingut, 2016). Özellikle deneme-yanılma odaklı mühendislik tasarım etkinlikleri ile yürütülen çalışmalarda bu durum daha sık gözlenmektedir (Arık & Topçu, 2020; Apedoe & Schunn, 2013; Berland vd., 2013; Zhou vd., 2015). Schnittka ve Bell (2011) tarafından ‘ısı transferi ve termal enerji’ kavramsal öğrenmesi üzerinden yürütülen çalışmada fen kavramlarına değinilmeden, mühendislik tasarımı yapan öğrenci grubu ile fen kavramlarının işe koşulduğu öğrenci grubu karşılaştırılmıştır. Fen kavramlarının açıkça sunulmadığı grubun ‘ısı transferi’ kavramını geliştiremedikleri görülmüştür. Bilimsel kavramların ayrıca öğretimi sağlandığında ve tasarımla bütünleştirildiğinde etkili öğrenme gerçekleşmektedir (Schnittka & Bell, 2011). Dolayısıyla mühendislik tasarım süreçlerinde öğrenciler mühendislik problemlerini çözme bağlamında gelişimsel olarak uygun fen içeriklerini uygulama fırsatına sahip olmalıdır (Moore vd., 2014). Deneme-yanılma öğrenciler için keşifsel bir süreç sağlasa da tasarım, “Eureka” ya da bir ampulün yanması olarak karikatürize edilen bir buluş anı değildir (Dym vd., 2005). Bunun aksine sistematik bir süreçtir. Bu sebeplerle

mühendislik ortamlarında fen öğrenmelerini sağlamak için; (1) tasarım öncesinde fen kavramları tartışılmalı, (2) tasarım süreci fen kavramlarını gerekli kılacak şekilde oluşturulmalı, (3) fen kavramlarının tasarım sürecindeki değeri açık ve anlaşılır hale getirilmelidir (Berland & Steingut, 2016). Mevcut çalışmada her bir fen kavramı için mini tasarımlar ve mini etkinlikler üniteye yer almış, öğrencilerin tasarım sürecinde fen kavramları ile ilgili öğrenmelere bilişsel olarak hazırlanması sağlanmıştır.

Fen kavramlarına yer verilmesi mühendislik ürününün başarısını da arttırmaktadır. Schnittka ve Bell (2011) araştırmalarında mühendislik tasarım sürecini iki grupta yürütmüştür. Gruplardan birinde tasarım çözümü ile ilgili fen içeriklerini sürece dâhil etmiş, diğerinde ise fen kavramları ile ilgili herhangi bir çalışma yürütülmemiştir. Bulguları ilgili fen kavramları dâhil edildiğinde kavramsal öğrenmenin yanı sıra tasarım ürününün başarısının ve kalitesinin de arttığını göstermektedir. O halde, mühendisliği fen eğitimi ile bütünleştirme çalışmalarında mühendislik ve fen disiplinlerinden birinin diğerinin gelişiminde aracı rol üstlendiği yaklaşımdan uzaklaşarak (Ercan, 2014), bütünleştirmeye bütünsel bir bakış açısı ile yaklaşmak gerekmektedir. Mühendislik temelli yaklaşımla ikili hedef daima birlikte düşünülmelidir. Fen kavramlarına odaklanıp mühendisliğin doğasında yer alan ihtiyaçlar göz ardı edilmemeli ve sadece tasarım odağı ile fen öğrenmeleri arka planda bırakılmamalıdır.

6.1.3 Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri

Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi uygulanması süresince ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreç becerileri nasıl değişmiştir?

Gelecek neslin tasarım ve inovasyon becerilerini beslemeye yönelik toplumsal vurguyla uyumlu olarak öğrencilerin mühendislik tasarım süreci için temel olan tasarım kavramlarını anlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmak kaçınılmaz bir gereklilik olarak görülmektedir (Peppler, 2013). Bu gereklilik doğrultusunda, geliştirilen ünitenin etkililiği mühendislik tasarım süreç becerileri bakımından da incelenmiştir. Mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimi öğrencilerin mühendislik tasarım etkinliklerinde gerçekleştirdikleri uygulamaları açıkladıkları

‘öğrenci mühendislik günlükleri’ ve ünite sonunda her grupla yürütülen ‘odak grup görüşmeleri’ ile analiz edilmiştir. Tasarım süreçleri geniş bir yelpazeye sahip olduğundan bu çalışmada literatür desteği sunulan *‘problemin belirlenmesi, tasarım çözümlerinin üretilmesi ve nihai tasarım ürününün geliştirilmesi’* ana aşamalarına odaklanılmıştır. Bu üç aşamada dört tasarım etkinliği için mühendislik günlüklerindeki öğrenci açıklamaları düşük, orta ve yüksek düzey olarak kodlanarak puanlanmıştır. Odak grup görüşmelerinde öğrencilerin sundukları ifadeler üç aşama altında toplanarak analiz edilmiştir.

Öğrencilerin “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” süresince mühendislik tasarım süreç becerilerinin ilerlediği sunulan bulgularla ortaya konulmuştur. Öğrencilerin ilk tasarım etkinliğinde öğrenci günlüklerinin analizi ile ortaya konulan rubrik ortalama puanları 12.95 iken, son tasarımda 20.85’e ilerlemiştir. Süreç boyunca öğrencilerin mühendislik günlüklerine yansıttıkları açıklamaların düşük düzeyden orta ve yüksek düzeye ilerlediği görülmüştür. Odak grup görüşmeleri ile öğrencilerin aşamaların süreçteki önemine ilişkin görüşleri de bu bulguları desteklemektedir. Öğrenciler süreç sonunda problemin belirlenmesi, tasarım çözümlerinin üretilmesi, nihâi tasarım ürününün geliştirilmesi aşamalarının önemini ve gerekliliğini odak grup görüşmelerindeki ifadeleri ile açıklamaktadır.

6.1.3.1 Problemin Belirlenmesine İlişkin Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri

Mühendislik tasarım sürecinin ilk aşaması *problemin belirlenmesi*dir. Problemin belirlenmesi aşamasında öğrenciler literatürle de uyumlu olarak problemi tanımlama, araştırma, kriter ve sınırlılıkları belirleme işlemlerini yürütmüşlerdir. Bu işlemlere yönelik açıklamaların mühendislik günlüklerinde süreç boyunca geliştiği görülmektedir (Bkz. Şekil 5.6). Öğrencilerin günlüklerine yansıttıkları ifadelerden süreç ilerledikçe problemi daha iyi belirledikleri, kısıtlama ve kriterleri ortaya koyabildikleri görülmüştür. Odak grup görüşmeleri incelendiğinde uygulama sonrasında öğrencilerin bu aşamanın mühendislik tasarım sürecinin diğer aşamalarını yürütme konusundaki önemini ve gerekliliğini güçlü biçimde vurguladıkları görülmektedir. Odak grup görüşmesinde yer alan aşağıdaki ifadeler bu durumu örneklendirmektedir:

“Problemi belirlemeli. Çünkü neyin üzerine çalışacağını tam olarak bilmesi gerekli. Yoksa amacının dışına sapabilir, farklı noktalara kayabilir. Probleme yoğunlaşılmalı ki sorun çözülsün. Biz problemi elimizdeki bilgileri okuyarak kriterleri ve sınırlılıkları belirledik. Mesela biz problemi çözmek istiyoruz ama bazen bir mühendisin onu çözmesini engelleyen durumlar da vardır. Örneğin; biz malzememiz eksik ya da zaman dar gibi durumlardan en iyi çözüme gidemedik bazen. Bunları en başta problemle ortaya koyarsak aslında ne yapacağımızı görürken; ne yapamayacağımızı da görürüz.”

Odak Grup Görüşmesi-Grup1

Zhou ve arkadaşları (2017) tarafından ortaokul düzeyinde mühendislik tasarım temelli oyuncak tasarım atölyesi ile yürütülen çalışmada öğrencilerin her tasarım etkinliğinde bir öncekine göre tasarım problemine yönelik hedeflerini daha az sıklıkta belirttiği gözlenmiştir. Bulgular yorumlandığında bu durum şaşırtıcı olarak ifade edilmiş ve gerekçeleri açıklanamamıştır. Mevcut çalışmada bu bulgunun aksine “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” dâhilindeki her mühendislik etkinliğinde öğrencilerin problemin belirlenmesine ilişkin becerileri bir öncekine göre gelişmiştir. Bu durum, kurgulanan tasarım faaliyetlerinin fen kavramları ile ilişkilendirilmesi ve ünitenin daha uzun bir zaman sürecine yayılması ile açıklanabilir. Fen içeriklerinin öğrencileri mühendislik tasarım süreçlerini anlamlandırmaya teşvik ettiği literatürde yaygın bir görüştür (Schnittka & Bell, 2011). Berland ve arkadaşları (2014) mühendislik uygulaması sonrasında öğrencilerle yürüttükleri görüşmelerle öğrencilerin problemin belirlenmesi sürecini anladıklarını ve bu aşamaya değer verdiklerini ortaya koymuştur. Mevcut çalışmada da benzer şekilde öğrenciler mühendislik ünitesinin uygulamasının ardından yürütülen görüşmelerde bu aşamanın önemini ortaya koyan ifadeler sunmuştur. Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini anlamlandırmasına ek olarak bu aşamada uygulama becerilerinin geliştiğini de ortaya koyması ile var olan araştırmalardan ayrılmaktadır.

Öğrenciler problemin belirlenmesine yönelik açıklamalarında özellikle *kriterlerin ve sınırlılıkların belirlenmesini* vurgulamaktadır. Problemin belirlenmesi

aşamasını çoğunlukla “kriterlerin ve sınırlılıkların belirlenmesi” işlemi üzerinden açıklamaktadırlar. Mühendislik günlüklerinde de problemin belirlenmesi aşamasında yer alan rubrik maddelerinden *kriter ve sınırlılıkların belirlenmesi* ile ilişkili maddede öğrenci beceri düzeylerinin en fazla ilerlediği görülmüştür. Öğrenciler ilk etkinlikte yüksek düzeyde hiç açıklamaya yer vermezken, son etkinlikte 20 öğrencinin 14’ü yüksek düzey becerileri gösterir açıklamalarda bulunmuştur. Benzer şekilde English ve arkadaşları (2013) ortaokul öğrencileri ile yürüttükleri mançınık tasarlama mühendislik etkinliği sonunda öğrencilerden tasarım sürecine ilişkin öz değerlendirme yapmalarını istemişlerdir. Öğrenciler öz değerlendirmelerinde problemin kısıtlama ve kriterlerini dikkate aldıklarını belirtmiş ve öğrencilerin çoğu bu aşamayı gerçekleştirdiğine ilişkin puanlama yapmıştır.

Problemin belirlenmesi aşaması, kriter ve sınırlılıklarını ortaya koymak, mevcut çözümleri araştırmak, alt problem ve hedefleri belirlemek, verileri analiz etmek ve bir çözüme ilişkin ürün geliştirmek için öğrencileri teşvik eder (Berland vd., 2014). Mühendislik tasarım sürecinin başarılı şekilde tamamlanması için bu aşamanın etkili yürütülmesi önemlidir. Benzer şekilde Yang (2009) tarafından ortaya konulan çalışma, tasarıma harcanan sürenin tasarım başarısında kilit faktör olmadığını; ancak problemin belirlenmesi için harcanan sürenin daha başarılı tasarımlar oluşturmayı sağladığını göstermiştir. Dolayısıyla “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi”nin problemin belirlenmesine ilişkin becerileri geliştirmede etkili olduğunu gösteren mevcut çalışma bulguları değerli görülmektedir.

6.1.3.2 Tasarım Çözümlerinin Üretilmesine İlişkin Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri

Mühendislik tasarımının ikinci temel aşaması tasarım çözümlerinin üretilmesidir. Bu aşama tasarımın iki temel özelliğini barındırır; birden çok *olası çözüm üretmek* için *beyin fırtınası* yürütmek, olası çözümler arasından seçim yapmak için *analiz*, değerlendirme gibi sistemsal süreçleri takip etmek. Tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasında öğrencilerin mühendislik günlüklerinden aldıkları puanların ortalaması sırayla 4.05, 5.05, 5.50 ve 6.45 olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin bu aşamaya ilişkin süreç becerilerinin uygulama boyunca ilerlediği

görülmektedir. Bunun yanı sıra bu aşamaya ilişkin odak grup görüşmelerinde öğrenciler aşamayla ilgili bileşenleri açıklamış ve aşamanın süreçteki öneminin farkında olduklarını gösteren görüşler sunmuşlardır. Odak grup görüşmesinden bir kesit bu görüşleri örneklendirmektedir:

“Çok sayıda fikir üretmeliyiz; çünkü bizi en iyi sonuca ulaştıracak olanı bulmak için beyin fırtınası yapmalıyız. Belki iyi bir çözümümüz var mesela ama malzeme ile olmuyor ya da kriterleri karşılamıyor ya da engeller var. Bu yüzden birçok belirlemeliyiz ki bize her konuda en uygun olanı tespit edelim. Bir sürü fikri analiz eder öyle işe başlarız. Bir tane de fikir olabilir ama o zaman riskli olur. Hadi bunu yapalım dediğimizde ya olmazsa, uymazsa. Bir de herkesin fikrini dinlemiş olmayız o zaman. Birçok fikir geliştirip eleme yaptık biz. İlk başta araştırdıklarımızın sonucuna bakıp çeşitli çözüm yolları bulduktan sonra bizim hedefimize en yakın hangisi ona baktık. En uygun olanı seçmeye çalıştık ki başaralım. Neye göre mesela tespit ettik? Başarı kriterlerini düşündük, en iyisini seçtik. En iyi sonuca ulaşmak için burada önemli kararlar verdik.”

Odak Grup Görüşmesi-Grup 3

Grup görüşünde örneklendirildiği üzere öğrenciler bu aşamada yürütülmesi gereken *olası çözümler üretme, beyin fırtınası, analiz* bileşenlerinin önemini açıklamaktadır. Grup görüşünde de ifade edilen olası çözümler üretme, olası çözümlerden en iyi çözüme ulaşmak için karar verme, değerlendirme gibi sistematik süreçler mühendislik tasarım sürecinin desteklediği üst düzey beceriler olarak görülmektedir (Ercan, 2014). Tasarım sürecinde birden fazla çözüm üretmek önemlidir ve öğrencilerin süreç boyunca tek fikre odaklanmasının önüne geçmektedir (NRC, 2012). Ayrıca öğrencilerin birden çok çözüm için analiz, değerlendirme, karar verme süreçleri yürütmesi fen içeriklerini kullanmalarını, problem durumunun kısıtlama ve kriterlerini gözden geçirmelerini sağlar. Ancak literatürdeki çalışmalar öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde tek bir fikre odaklanma eğiliminde olduklarını göstermektedir (Berland vd., 2014). Mühendislik tasarım sürecinde öğrenciler genellikle tasarım ürününü geliştirmeye odaklanmakta ve diğer tasarım aşamalarını göz ardı etmektedir (Arık & Topçu,

2020; Dohn, 2013; Gerlach, 2010). Benzer şekilde mevcut çalışmada tasarım çözümlerinin üretilmesi aşamasına ilişkin günlük toplam puanlarında sürekli bir artış gözlenmesine karşın; bu aşamanın bir bileşeni olarak tanımlanan ‘beyin fırtınası’ na ilişkin istikrarlı bir artış ortaya konulamamıştır. Bu durum odak grup görüşmesinde belirtilen şu ifade ile açıklanabilmektedir:

“Aslında en iyi çözüme karar vermeyi, fikri hızlı geçtiğimiz için de bu oldu. Biz o aşamada tam net karar veremediğimizden prototipi yaparken hep fikir değiştirdik ve emin olmadık. Hemen yapmaya girişmek hatalıydı. Beyin fırtınasını hızlı geçmek bizi bitirdi. Prototipe başlamadan tüm düşünmeyi bitirmemiz, kararsız kalmamamız gerekiyordu. Prototip aşamasında beyin fırtınasına da devam ettik. Bu yanlıştı.”

Odak Grup Görüşmesi-Grup 2

İfadeden de anlaşıldığı üzere, öğrenci beyin fırtınası yapmanın gerekliliğini ortaya koymakta ve takımını bu bileşeni hızlı geçmekle eleştirerek ulaşamadıkları tasarım hedeflerini bu sebebe dayandırmaktadır. Ancak öğrenciler odak grup görüşmelerinde beyin fırtınasının gerekliliğini sıklıkla vurgulamıştır. Dolayısıyla öğrencilerin tasarım çözümlerinin üretilmesi sürecini etkili gerçekleştirmek için beyin fırtınası yürütmenin önemini açıklamaları ile ortaya koyabildikleri; ancak mühendislik tasarımı sırasında beyin fırtınasını süreç boyunca etkili yürütmedikleri söylenebilir. Bu bileşenin gerekliliğinin farkında olunmasına rağmen, prototipin geliştirilmesine duyulan heyecan beyin fırtınasına yönelik gerekli açıklamaların ünite boyunca öğrenci günlüklerine tam yansıtılmamasına sebep olmuş olabilir.

6.1.3.3 Nihâi Tasarım Ürününün Geliştirilmesine İlişkin Mühendislik Tasarım Süreç Becerileri

Nihâi tasarım ürününün geliştirilmesi mühendislik tasarım sürecinin son aşaması olarak bilinmektedir. Bu aşamada temel gereklilikler literatür doğrultusunda; *çözüm önerisini tasarım ürünü olarak geliştirebilme, kriterler doğrultusunda tasarım ürünü test etme ve değerlendirme, veri ve değerlendirmeler ışığında yeniden tasarlama süreçleri yürüterek karar verme* olarak belirlenmiştir. Bu

aşamada öğrencilerin mühendislik günlüklerinden aldıkları puanların ortalaması sırayla 5.15, 6.35, 7.05 ve 7.80 olarak hesaplanmıştır. Süreç boyunca bu aşamada öğrencilerin istikrarlı bir ilerleme gösterdiği tespit edilmiştir ve süreç sonundaki açıklamaları ile bu gelişim desteklenmiştir. Bununla birlikte nihâi tasarım ürününün geliştirilmesi öğrencilerin tüm tasarım etkinliklerinde en fazla puana sahip oldukları aşama olarak tespit edilmiştir. Öğrenciler tasarım ürünlerini açıklamaya ve yansıtmaya isteklidir. Literatürde de mühendislik tasarım odaklı öğrenme ortamlarında öğrencilerin yüksek katılımına yönelik teşvik sebebi sıklıkla bu aşama ile ilişkilendirilmektedir (Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx, & Mamlok-Naaman, 2004; Kolodner, 2006; Kolodner vd., 2003). Bu aşamada gerçekleşen prototip geliştirme, test ve yeniden tasarım süreçlerinde öğrenciler kendi süreçlerini düzenleyebilmekte, hatalarından ders çıkarmakta ve çoğunlukla bir öğretmene ihtiyaç duymamaktadır (Cunningham & Carlsen, 2014). Örneğin; uçaklarının uçmadığını ya da gerekli mesafeyi kat edemediğini gözlemleyen öğrenciler genellikle bunu tekrar denemek için teşvik beklemezler. ‘Üretken başarısızlık’ olarak ifade edilen bu durum öğrencilere hem bilgilendirici hem de somut zorluklar sağlayarak öğrenmeye teşvik etmektedir (Cunningham & Carlsen, 2014). Dolayısıyla öğrencilerin bu aşama ile ilgili puanlarının süreç boyunca diğer aşamalara göre fazla olması bu teşvik ile açıklanabilir.

6.1.3.4 Özet

Mevcut araştırmanın bulguları, mühendislik tasarımına daha fazla maruz kalmanın daha etkili tasarım uygulamalarına yol açtığını gösteren önceki araştırmalarla tutarlıdır (Atman vd., 2007; Cunningham & Carlsen, 2014; Ercan, 2014; Zhou vd., 2017). Mühendislik tasarımında daha fazla deneyim kazanmak, öğrencilerin tasarım sürecinin temel yönlerine odaklanmalarına yardımcı olabilmekte ve tasarım sürecine ilişkin anlayışlarının gelişmesini sağlamaktadır (Zhou vd., 2017). Bunun yanı sıra farklı tasarım görevleri ile geniş bir zaman aralığında yürütülen mühendislik eğitiminde öğrenciler tasarım sürecinin farklı aşamalarının rolünü fark etmiş olabilir. İlk tasarım etkinliğinde kriter ve sınırlılıkları belirlemede zorluk yaşayan öğrenciler, son tasarım etkinliğine doğru kriter ve sınırlılıkların tamamını doğru olarak belirlemişlerdir. Benzer şekilde, ilk

tasarımda tasarımın teknik özelliklerine sadece birkaç öğrenci açıklamalarında yer verirken, son tasarımda öğrencilerin birçoğu teknik özellikleri detaylandırmıştır. Odak grup görüşmesi sırasında bir öğrencinin şu ifadeleri bu iddiayı destekler niteliktedir:

“Bence bu süreçte başladığımızda daha çok direkt tasarıma geçmeyi hedefliyorduk. Ama süreçte yavaş yavaş önce problemi belirlemeyi, sonra fikirlerimizi ortaya koymayı ve bundan sonra da çözümü geliştirmeyi gerçekleştirmeyi öğrendik. Yani mühendislik adımlarını öğrenmiş olduk. Bunun sonucunda da bir problemle karşılaştığımızda nasıl daha iyi çözebileceğimize yönelik fikrimiz oldu.”

Odak Grup Görüşmesi-Grup 5

Tasarımda artan deneyimler öğrenci görüşünde olduğu gibi tasarım sürecinin diğer aşamalarına da odaklanmayı sağlar (Mentzer, Becker & Sutton, 2015). Benzer şekilde Zhou ve arkadaşları (2017) tasarım faaliyetleri ilerledikçe tasarım sürecinin farklı aşamalarının öğrenci açıklamalarında yer aldığını ortaya koymuştur (Zhou vd., 2017). Mevcut çalışmada süreç boyunca öğrencilerin tespit edilen mühendislik tasarım süreç becerilerine ilişkin ilerlemeler, tasarım deneyimleri arttıkça öğrencilerin tasarım karmaşıklığını yönetme konusunda ilerledikleri iddiasını da (English, Hudson & Dawes, 2012) desteklemektedir.

Mevcut çalışmada öğrencilerin “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi”nde yer alan dört tasarım etkinliği boyunca mühendislik tasarım aşamalarını uygulayabilme düzeyleri öğrencilerin mühendislik günlüklerinde gerçekleştirdikleri dökümantasyon ile ortaya konulmuştur. Öğrenciler her mühendislik tasarımında bir öncekine göre tasarım süreç aşamalarındaki bileşenleri daha doğru bir şekilde belirleyip uygulayarak mühendislik tasarım sürecine hâkimiyetlerini göstermişlerdir. Ünite sonrasında gerçekleştirilen odak grup görüşmelerinde öğrenciler mühendislik tasarım süreç aşamalarını doğru bir şekilde açıklamış ve aşamaların mühendislik sürecindeki önemlerini güçlü bir şekilde ortaya koyan ifadeler sunmuşlardır. Mühendislik tasarım sürecine ilişkin anlamlandırmalarının bu süreçleri uygulama becerileri ile birlikte geliştiği söylenebilmektedir.

Fen ve mühendisliğin bütünleştirildiği öğretim ortamlarında mühendislik tasarım süreç becerilerinin değişimini inceleyen araştırmalara ilişkin literatürde bir boşluk bulunmaktadır. Buna karşılık mevcut çalışma bulguları benzer görülen araştırma bulguları ile karşılaştırılmıştır. Hollers (2016) lise öğrencileri ile teknoloji dersinde gerçekleştirdiği üç aşamalı bir eylem araştırmasında öğrencilerin her bir aşamada bir öncekine göre mühendislik tasarım sürecini uygulama becerilerinin geliştiğini ortaya koymuştur (Hollers, 2016). Bu çalışma bulguları ile mevcut çalışmayı destekler niteliktedir. Ancak mevcut çalışma, ortaokul düzeyinde ve fen öğretim ortamında gerçekleştirilmesi ile bu çalışmadan ayrılmaktadır. Ercan (2014) tarafından yürütülen çalışmada bireysel görüşmeler ile öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinde yürüttükleri uygulamalar incelenmiş, öğrencilerin karar verme, ödünleşim, analiz, kriter ve sınırlılıkları belirleme gibi bileşenleri mühendislik tasarım sürecinde gerçekleştirdiklerine ilişkin bazı nitel veriler sunulmuştur. Ancak bu çalışmada mühendislik uygulamalarının mühendislik tasarım süreç becerilerini nasıl etkilediğine ilişkin sürece dayalı bir değişim ortaya konulmamıştır (Ercan, 2014).

Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine ilişkin görüşlerini ortaya koyan mevcut çalışmalar ise çoğunlukla lisans düzeyindeki öğrencilerle gerçekleştirilmiş (örn; Atman vd., 2007; Shah, 2005), ortaokul düzeyinde kısıtlı çalışmaya rastlanmıştır (örn; Berland vd., 2014; Zhou vd., 2017). Bu kısıtlı çalışmada öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinden ne anladıklarına odaklanılmış, bir öğretim uygulaması ile süreç uygulama becerilerinin değişimi araştırılmamıştır. Bu çalışmaların mühendislik tasarım uygulamalarının öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine ilişkin anlamlandırmalarını geliştirdiğine ilişkin bulguları (Berland vd., 2014; Zhou vd., 2017) mevcut çalışma ile paralellik göstermektedir. Öğrenciler mühendislik uygulamaları ile kullanıcı ihtiyaçlarını belirlemenin, bir problemi ele almak için birden fazla olası çözüm bulmanın ve bir çözümü yinelemeli olarak test edip iyileştirmenin önemini anlamaktadırlar (Berland vd., 2014). Öğrencilerin mühendislik tasarımının ne olduğu ve nasıl yürütüldüğünü anlaması ve süreçlerine değer vermesi, mühendislik tasarımıyla ilişkili karmaşıklıkları yönetmelerini ve etkili uygulama süreçleri yürütmelerini sağlar. Böylece mühendislik tasarım yaklaşımının ve fen öğretim ortamları ile

bütünleştirilmesinin en önemli gerekliliklerinden biri olan “mühendislik süreçlerini anlama ve uygulama” (NRC, 2012) hedefinin gerçekleştirilmesi sağlanabilir. Mevcut çalışmada ortaokul düzeyinde fen ve mühendislik disiplinlerinin bütünleştirilmesi ihtiyacı ile ortaya konulan “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi”nin öğrencilerin mühendislik tasarım süreç anlayışları ve uygulama becerileri ile ilgili ortaya koyduğu bulgular bu hedefin belli düzeyde gerçekleştirdiğini göstermektedir.

6.2 Sonuç

Çalışmada mühendislik tasarım temelli bir ünitenin geliştirilmesi, geliştirilen ünitenin kavramsal öğrenmeler ve mühendislik tasarım süreç becerileri bakımından etkililiğinin değerlendirilmesi söz konusudur. Ortaya konulan bulgular ve literatür ışığında yürütülen tartışma ile bu çalışmanın üç temel sonuç ortaya koyduğu söylenebilir:

- (1) Çalışma uçak mühendisliği çerçevesinde tasarım öğeleri ve fen kavramlarını bir araya getirmekte, tümevarımsal bir yaklaşımla mühendislik ve fen disiplinlerini bütünleştirmektedir. Ortaokul fen öğretim ortamları ile mühendislik disiplininin bütünleştirilmesine ilişkin ihtiyaca cevap vermekte, örnek bir model sunmaktadır.

Mühendislik tasarımı, gerek bilim ile ilişkisi gerekse fen kavramlarının öğrenimine katkısı sebebiyle fen öğretim programlarında her geçen gün daha fazla yer bulmaktadır. Bununla birlikte mühendisliği ve mühendislik süreçlerini anlama hedefini de barındırır. “Mühendisliği anlamak” ve “fen kavramlarını mühendislik problemleri ile ilişkilendirmek” bir eğitim hedefi olacaksa öğrencilerin kesintisiz ve tekrarlı yürütülen mühendislik tasarım odaklı deneyimlere ihtiyacı vardır (Cunningham & Carlsen, 2014). Bu amaçla araştırmada mühendislik tasarım temelli bir ünite modeli geliştirilmiştir. Uçak mühendisliği çerçevesinde farklı sınıf kademelerinden farklı öğrenme içeriklerini bir araya getiren ünite, fen öğretmenleri, araştırmacılar ve program geliştiriciler için özgün bir örnek teşkil etmektedir. 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı mühendislik vurgusu, 2023 Vizyon Belgesinde yer alan atölye odaklı ortamlar ve ortaokul düzeyinde mevcut

araştırma eksikliği, araştırmada geliştirilen mühendislik tasarım temelli ünite modelinin gerekliliğine işaret etmekte, araştırmanın önemini arttırmaktadır.

- (2) Bir mühendislik alanı etrafında bir araya getirilen fen kavramlarının ilgili mühendislik alanının tasarımsal öğeleri ile ilişkilendirilerek öğretimi, fen kavramlarının anlamlandırılmasını sağlayarak öğrenmeyi geliştirir.

Araştırmada geliştirilen ünitenin uygulanması ile sekizinci sınıf öğrencilerinin uçak mühendisliği alanı ile ilişkilendirilen *dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler/hava basıncı/ağırlık ve kuvvet ilişkisi/itme kuvveti/hava direnci* kavramlarına ilişkin öğrenmelerinin geliştiği ortaya konulmuştur. Bir mühendislik alanı çerçevesinde izlenen bu yaklaşım, tasarım öğeleri üzerinden fen kavramlarının açıklanmasını sağlaması, öğrencilere fen kavramlarını uygulaması için fırsat sunması, farklı fen kavramlarını aynı mühendislik çerçevesinde kullanmasıyla ortaokul düzeyinde bütünsel bir öğretim anlayışı ortaya koyması bakımından güçlü görülmektedir.

- (3) Çalışma mühendislik tasarım süreç becerilerinin gelişimini açıkça K-12 öğrencileri için önemli bir sonuç olarak kabul etmekte ve ortaya koymaktadır. Bu becerileri açık bir şekilde tanımlayarak örnek bir çerçeve sunmaktadır.

Mevcut çalışmada geliştirilen “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” ile öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerine ilişkin uygulama becerileri gelişmiş, bu süreçleri anlamlandırmaları sağlanmıştır. Ortaokul öğrencileri atölyeleştirilmiş bağımsız öğretim programları ile mühendislik tasarımının yinelemeli süreçlerine katılarak tasarım sürecinin temel bileşenlerini uygulama becerisi kazanabilir, mühendislik tasarım sürecine ilişkin farkındalık geliştirebilir. Bu tür sonuçlar, ortaokul öğrencilerinin iyi yapılandırılmış mühendislik tasarım faaliyetlerine daha fazla dâhil edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Önceki paragraflarda açıklanan bu sonuçlar araştırmanın özgün katkısını güçlendirmekte, literatürdeki ilgili tartışmaları güçlendirmek için yeni ve önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

6.3 Araştırmanın Sınırlılıkları ve Öneriler

Araştırma uçak mühendisliği ünitesi altında incelenen *dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetler, hava basıncı, hava direnci, itme kuvveti ve ağırlık-kuvvet ilişkisi* kavramları ile sınırlıdır. Uygulama 20 ortaokul sekizinci sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin mühendislik günlüklerine yansıttıkları mühendislik süreç uygulamaları ile açık uçlu uçuş prensipleri sorularına verdikleri yanıtlarla ve odak grup görüşmelerinde sundukları görüşlerle sınırlıdır.

Bu çalışmada ortaokul düzeyinde mühendislik tasarım temelli ünite geliştirilirken karmaşık ve ilgisiz tasarım aktiviteleri yerine, birbirini tamamlayan, bağlantılı ve birikimli tasarım ilkelerine sahip aktiviteler yapılandırılmıştır. Ayrıca uygulama süreci tasarım temel ilkelerini tanıtmakla başlamış, tasarım ilke ve süreçleri ile fen kavramlarını birbirine bağlayan bir sırayla düzenlenmiştir. Mevcut çalışmanın olumlu çıktılarına dayanarak, eğitimcilerin, program geliştiricilerin ve araştırmacıların ünite yapılandırırken bu tür bir yaklaşımı benimsemeleri önerilebilir.

Geliştirilen “Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesi” 6., 7. ve 8. sınıf düzeyinde içerikleri bir arada sunmaktadır. Üniteyi sınıflarında uygulayacak eğitimci ve araştırmacılar her sınıf düzeyindeki mühendislik etkinliğini ayrı ayrı kullanabileceği gibi araştırmada uygulanan şekliyle bütünsel olarak da öğretim gerçekleştirebilirler. Ayrıca geliştirilen ünite fen bilimleri öğretmenleri ve eğitim araştırmacıları tarafından fen bilimleri dersi kapsamında, bağımsız atölyelerde, okul kurslarında ve öğrenci kamplarında kullanılmaya uygundur. Mevcut çalışmada uçak mühendisliği alanı çerçevesinde gerçekleştirilen ve ortaya konulan ünite geliştirme süreci izlenerek farklı sınıf seviyelerindeki farklı soyut konular içeren başka mühendislik alanları ile bütünleştirildiği üniteler, öğretim materyalleri geliştirilebilir. Farklı ünite veya öğretim etkinliklerinin geliştirilmesi mühendislik tasarım yaklaşımının fen öğretim ortamlarında daha fazla uygulanmasını ve yaygınlaşmasını destekleyecektir. Güncel ve yeni bir

bütünleştirme yaklaşımı olması sebebiyle bu yaygınlaştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut çalışmada geliştirilen ünitenin etkililiği kavramsal öğrenme ve mühendislik tasarım süreç uygulama becerileri bakımından incelenmiştir. Öğrencilerin mühendislik kariyer farkındalığı, mühendis tanımı, fen veya mühendisliğe ilişkin tutum ve motivasyonu gibi değişkenler üzerindeki etkisi de ileride yürütülecek araştırmalarda analiz edilebilir. Ünite modelinin çeşitli öğrenme durumları üzerindeki etkisini belirlemek için deneysel çalışmalar da gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra mevcut çalışma öğretmen görüşlerine ve deneyimlerine yer vermemektedir. Gelecek araştırmalarda geliştirilen ünite dâhilinde ya da farklı mühendislik tasarım odaklı öğretim ortamlarında uygulayıcı olan öğretmenlerin de görüşleri ve deneyimleri incelenebilir.

Mühendislik tasarım odaklı etkinlikler kurgulamak mühendislik alan disiplinine de hâkim olmayı gerektirir. Mevcut çalışmada “uçak mühendisliği” terminolojisi ve tasarım durumlarının anlaşılmasının yanı sıra kurgulanan etkinliklerin değerlendirilmesi için alan uzmanı olan pilot ve uçak mühendislerinin görüşleri alınmıştır. İlerleyen çalışmalarda da mühendislik tasarım odaklı yaklaşımı benimseyen çalışmalarda öğrencilerde kavramsal yanılğı ya da hatalı bilgi oluşturmamak için alan uzmanlarının görüşünün alınması önerilmektedir. Mühendislik tasarım odaklı ünite çalışmalarının tüm sürecinde alan uzmanları ile işbirliği oluşturulabilir.

Mühendislik tasarım etkinliklerinde öğrenciler doğrudan prototipin geliştirilmesi aşamasına geçerek mühendislik tasarım sürecinin diğer aşamalarını göz ardı etme eğilimindedirler (Arık & Topçu, 2020; Dohn, 2013; Gerlach, 2010). Bu durumu önlemek için öğretmenler, öğrencilerin tasarım sürecinin tüm aşamalarını yürütmelerini sağlayacak sözlü ya da yazılı yönergeler oluşturabilirler. Ayrıca öğretim sürecinin öncesinde mühendislik tasarım sürecinin tanıtılması ve sistematik doğasının önemini vurgulanması da önerilmektedir.

Mühendislik tasarım odaklı öğretme yaklaşımı öğrenci grupları ile yürütülmekte ve tasarım için çeşitli malzemeler gerektirmektedir. Öğretim sürecinde süre, grup

içi anlaşmazlıklar veya malzeme (eksik ya da tasarım görevi ile uyumsuz malzeme) sebebiyle aksaklıklar yaşamak mümkün olabilmektedir. Bu tür aksaklıklara engel olmak için öğretim süreci öncesinde öğrencilerin gruptaki rollerinin önceden belirlenmesi, ihtiyaç duyulan materyallerin hazır olmasına dikkat edilmesi, malzemelerin tasarım görevini karşılayıp karşılamadığının önceden test edilmesi önerilebilir.

Mevcut araştırmanın fen ve mühendisliğin bütünleştirilmesinin önündeki bazı engellerin aşılmasına katkı sunacağı düşünülmektedir. Örneğin ortaokul düzeyinde mühendislik tasarım odaklı örnek öğretim materyallerinin istenilen düzeyde olmaması bu bütünleştirmenin önündeki engellerden biridir. Mevcut çalışmada mühendislik tasarım odaklı bir ünite geliştirilmiş ve ünitenin uygulanması için gerekli öğretmen ve öğrenci materyalleri ekte sunulmuştur (Bkz. Ek A, Ek B). Bir diğer engel ise mühendislik tasarım odaklı yaklaşıma ilişkin öğretmen bilgi ve deneyim eksikliğidir. Mühendislik tasarım odaklı öğretim materyalleri kurgulamak fen bilimleri öğretmenleri için karmaşık ve zor olarak görülmektedir (Cunningham & Carlsen, 2014). Mevcut çalışmada geliştirilen ünitenin, fen öğretmenlerine tasarım odaklı düşünmeyi uygulama konusunda kılavuzluk edeceği düşünülmektedir. Eğitim politikaları geliştiricileri tarafından mühendislik tasarım yaklaşımına dayalı öğretim programı geliştirmeye yönelik öğretmen bilgi ve deneyimini geliştirecek hizmet öncesi ve hizmet içi eğitim planlamalarının gerçekleştirilmesi, öğretmen eğitimcileri tarafından ise bu eğitim planlamalarının uygulanması önerilmektedir.

ABET Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2016–2017 (ABET, Baltimore, MD). <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2016-2017/>. 29 Haziran 2019 tarihinde erişildi.

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu. *İstanbul: Scala Basım*.

Aksoy, B. (2003). Deney yöntemi ile atmosfer basıncı konusunun öğretimi üzerine bir model. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3), 207-226.

Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389-421.

Altan, E. B., & Karahan, E. (2019). Tasarım Temelli Fen Eğitimine Yönelik Öğrenci ve Öğretmen Değerlendirmeleri. *Elementary Education Online*, 18(3).

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Washington, DC: AAAS.

Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.

Apedoe, X. S., & Schunn, C. D. (2013). Strategies for success: Uncovering what makes students successful in design and learning. *Instructional Science*, 41(4), 773–791.

Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The

- heating/cooling unit. *Journal of science education and technology*, 17(5), 454-465.
- Apelian, D. (2011). Engineers: Leaders, Innovators, and Builders. *Shaping Our World: Engineering Education for the 21st Century*, 27-38.
- Arık, M., & Topçu, M. S. (2020). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. *Research in Science Education*, 1-23.
- Aşık, G., & Yılmaz, Z. (2017). Design-based research and teaching experiment methods in mathematics education: Differences and similarities. *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 343-367.
- Atasoy, Ş., & Akdeniz, A. R. (2007). Newton'un hareket kanunları konusunda kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik bir testin geliştirilmesi ve uygulanması. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1), 45-59.
- Atkin, J.M., & Black P. (2003). Inside science education reform: A history of curricular and policy change. New York: Teachers College Press, Columbia University.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of engineering education*, 96(4), 359-379.
- Aydoğan, B. (2019). The effects of engineering design based instruction on 7th grade students' nature of engineering views and attitudes towards STEM (Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, 2019)
- Akkaş Baysal, E., & Ocak, G. (2019). İngilizce Derslerinde Hazırlanan Portfolyoları Değerlendirme: Bir Dereceli Puanlama Anahtarı (Rubrik) Geliştirme Çalışması. *Kalem Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 9(2), 547-572.

- Becker, K., Mentzer, N., & Park, K. (2012). *High school student engineering design thinking and performance*. Paper presented at the meeting of the American Society for Engineering Education, San Antonio, TX.
- Berland, L. K., Martin, T. H., Ko, P., Peacock, S. B., Rudolph, J. J., & Golubski, C. (2013). Student learning in challenge-based engineering curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(1), 5.
- Berland, L. K., & Steingut, R. (2016). Explaining variation in student efforts towards using math and science knowledge in engineering contexts. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2742-2761.
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 705-720.
- Boesdorfer, S., & Greenhalgh, S. (2014). Make room for engineering: Strategies to overcome anxieties about adding engineering to your curriculum. *The Science Teacher*, 81(9), 51-55.
- Bowles, S. & Gintis H. (1976). *Schooling in capitalist america: educational reform and the contradictions of economic life*. New York: Basic Books.
- Bozan, M., & Küçüközer, H. (2007). Elementary school students' errors in solving problems related to pressure subjects. *Elementary Education Online*, 6(1), 24-34.
- Brand, B., Kasarda, M., & Williams, C. B. (2017). Inquiry by engineering design: Applying the sixth "E". *Technology and Engineering Teacher*, 77(2), 22–26.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., and Cocking, R. R. (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Washington, DC: National Research Council.

- Brunsell, E. (2012). The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) *Integrating engineering + science in your classroom* (3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Buyruk, H. (2018). Gelişen Teknolojiler, Değişen İşgücü Nitelikleri ve Eğitim. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(14), 22-22.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Deneyisel desenler: öntest-sontest kontrol grubu, desen ve veri analizi*. Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2011a). K-12 engineering education standards: Opportunities and barriers. *Technology and Engineering Teacher*, 70(5), 21.
- Bybee, R.W. (2011b). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10-16.
- Çevik, E. E., & Kurnaz, M. A. (2019). Analysis of the responses of science teacher candidates to force concept inventory by concentration factor. *Universal Journal of Educational Research*, 7(1), 111-117.
- Chabalengula, V. M., & Mumba, F. (2017). Engineering design skills coverage in K-12 engineering program curriculum materials in the USA. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2209-2225.
- Chae, Y., Purzer, S., & Cardella, M. (2010). Core concepts for engineering literacy: The interrelationships among STEM disciplines. *Proceedings of the American Society for Engineering Education 2010 Annual Conference and Exposition, Louisville, KY*.
- Chandler, J., Fontenot, A. D., & Tate, D. (2011). Problems associated with a lack of cohesive policy in K-12 pre-college engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), 40-48.
- Collins, A. (1992) Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42.
- Committee on K–12 Engineering Education (2008). *Understanding and improving K–12 engineering in the United States project summary for public comment*. (L. Katehi, G. Pearson, & M.Feder, Eds.). Washington, DC: National Academies Press.
- Coyne, I. T. (1997). Sampling in qualitative research. Purposeful and theoretical sampling; merging or clear boundaries?. *Journal of advanced nursing*, 26(3), 623-630.
- Crotty, E. A., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Glancy, A. W., Ring-Whalen, E. A., & Moore, T. J. (2017). Approaches to integrating engineering in STEM units and student achievement gains. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 7(2), 1.
- Cunningham, C. M., & Carlsen, W. S. (2014). Teaching engineering practices. *Journal of science teacher education*, 25(2), 197-210.
- Cunningham, C., & Lachapelle, C. (2010, January). The impact of Engineering is Elementary (EiE) on students' attitudes toward engineering and science. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Çeken, R. (2010). Fen ve Teknoloji dersinde balonlu araba etkinliği. *İlköğretim Online*, 9(2), 1-5
- Çepni, S. (2018). Kuramdan uygulamaya stem eğitimi. *Pegem Atıf İndeksi*, 001-633.
- Çepni, S., & Ormancı, Ü. (2018). Geleceğin dünyası. S. Çepni. *Kurumdan Uygulamaya STEM Eğitimi*, 1-35.
- Çiftçi, A. (2020). Tasarım odaklı düşünme temelli bir enerji dönüşümleri modülünün geliştirilmesi ve uygulanması (Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2020).

- Çiftçi, A., & Topçu, M. S. (2020). Design thinking: Opinions and experiences of middle school students. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 10(3), 961-1000.
- Dankenbring, C., Capobianco, B. M., & Eichinger, D. (2014). How to develop an engineering design task. *Science and Children*, 52(2), 70.
- Daugherty, J. L. (2010). Engineering professional development design for secondary school teachers: A multiple case study. *Journal of Technology Education*, 21(1), 10.
- Daugherty, J. L. (2012). Infusing engineering concepts: Teaching engineering design.
- Daugherty, M., & Custer, R. (2003). STEM flow chart. <http://1.usa.gov/1o0Bbhi> adresinden 15.12.2019 tarihinde alıntılanmıştır.
- Design-Based Research Collective [DBRC] (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Dohn, N. B. (2013). Situational interest in engineering design activities. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2057–2078.
- Dolan, M. J. (2011). One World: Preparing Engineers for the Global Economy. *Shaping Our World: Engineering Education for the 21st Century*, 19-25.
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., & 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.
- Dow, S. P., Glassco, A., Kass, J., Schwarz, M., Schwartz, D. L., & Klemmer, S. R. (2010). Parallel prototyping leads to better design results, more divergence, and increased self-efficacy. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 17(4), 1-24.

- Driver, R., Rushworth, P., Squires, A., & Wood-Robinson, V. (Eds.). (2005). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8* (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- Dym, C. L. (1994). *Engineering design: A synthesis of views*. Cambridge University Press.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, *94*(1), 103–120.
- Elam, M. E., Donham, B. L., & Soloman, S. R. (2012). An engineering summer program for underrepresented students from rural school districts. *Journal of STEM Education*, *13*(2), 35–44.
- Engineering Concepts Curriculum Project. (1971). *The man made world*. New York: McGraw Hill.
- English, L. D. & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, *2*(1), 14.
- English, L. D., Hudson, P. B., & Dawes, L. (2012). Engineering design processes in seventh-grade classrooms: Bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, *37*(5), 436-447.
- English, L. D., Hudson, P. B., & Dawes, L. A. (2013). Engineering based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *3*(2), 1–13.
- Ercan, S. (2014). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi (Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 2014).

- Ercan, S. & 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.
- Fantz, T. D., Siller, T. J., & Demiranda, M. A. (2011). Pre-collegiate factors influencing the self-efficacy of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 100(3), 604-623.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J. S., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Gerlach, J. W. (2010). Elementary design challenges. *Science and Children*, 47(7), 43.
- Giddens, A. (2008). Sosyoloji. İstanbul: Kırmızı Yayınları.
- Gilbert, J.K., Watts, D.M., & Osborne, R. J. (1982). Students' Conceptions of Ideas in Mechanics. *Physics Education*, 17, 62-66.
- Glesne, C. (2013). Kelimelerin Uçmasını Sağlamak: Görüşme Yoluyla Anlamak P. Yalçinoğlu (Çev.), A, Ersoy & P. Yalçinoğlu (Çev. Edt.). *Nitel Araştırmaya Giriş. (2. Baskı) Ankara: Anı Yayıncılık*, 139-188.
- Goldkuhl, G. (2013). Action research vs. Design research: Using practice research as a lens for comparison and integration (accepted paper). *SIG Prag workshop on IT artefact design & workplace improvement*, June 5, 2013. Tilburg: The Netherlands.
- Gönen, S. (2008). A study on student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 70-81.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. *Educational Design Research*, 17-51.

- Green, D. G. & Conner, D. A. (1997). The Engineering Notebook. <http://www-ece.eng.uab.edu/Dgreen/notebook.html> adresinden 23.05.2019 tarihinde alınmıştır.
- Hammack, R., Ivey, T. A., Utley, J., & High, K. A. (2015). Effect of an engineering camp on students' perceptions of engineering and technology. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(2), 2.
- Heywood, D., & Parker, J. (2001). Describing the cognitive landscape in learning and teaching about forces. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1177-1199.
- Hirsch, L., Carpinelli, J. D., Kimmel, H., Rockland, R., & Bloom, J. (2007). The differential effects of preengineering curricula on middle school students' attitudes to knowledge of engineering careers. Proceedings of the 37th Annual ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Milwaukee, WI.
- Hmelo, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *The journal of the learning sciences*, 9(3), 247-298.
- Hoadley, C. M. (2004). Methodological alignment in design-based research. *Educational psychologist*, 39(4), 203-212.
- Hollers, K. B. (2016). *Incorporating engineering design in the technology education classroom through action research* (Doctoral dissertation, University of Georgia).
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. Available online at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf>
- Inquiry By Engineering Design (IBED) (2012). <https://ibed.weebly.com/> adresinden 14.08.2019 tarihinde alınmıştır.
- International Technology Education Association [ITEA] (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. www.iteea.org/TAA/PDFs.

- International Technology Education Association [ITEEA]. (2000/2002/2007). Standards for technological literacy. Reston, VA. International Technology Education Association. www.iteea.org/TAA/PDFs.
- İnel Ekici, D. (2014). Fen Bilimleri Öğretimi. Ş., S., Anagün & N., Duban (Ed.). *Kavram Öğretimi*. (s. 381-424). Ankara, Anı Yayıncılık.
- İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)- UCK111 Uçak Mühendisliğine Giriş ve Etik ders notları. https://web.itu.edu.tr/yukselen/UCK111/UCK111_Index.htm adresinden 08.05.2020 tarihinde alıntılanmıştır.
- Jin, Y., & Chusilp, P. (2006). Study of mental iteration in different design situations. *Design studies*, 27(1), 25-55.
- Johnson, J. R. (1989). *Technology: Report of the Project 2061 Phase I Technology Panel*. AAAS Books.
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday problem solving in engineering: Lessons for engineering educators. *Journal of engineering education*, 95(2), 139-151.
- Kan, A. (2005). Yazılı yoklamaların puanlamasında puanlama cetveli ve yanıt anahtarı kullanımının (farklı) puanlayıcı güvenilirliğine etkisi. *Eurasian Journal of Educational Research*, 19, 207-219.
- Karataş, F. Ö. (2018). Eğitimde geleneksel anlayışa yeni bir s(i)tem. *Pegem Atıf İndeksi*, 53-68.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kelley, T. R. (2011). Engineer's notebook-A design assessment tool. *Technology and Engineering Teacher*, 70(7), 30.

- Kelley, T. R. (2014). Construction of an engineer's notebook. *Technology and Engineering Teacher*, 73(5), 26.
- Khalaf, K., Balawi, S., Hitt, G. W., & Radaideh, A. (2013). Engineering design education: When, what, and HOW. *Advances in Engineering Education*, 3(3), n3.
- King, D., & English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying STEM concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762-2794.
- Kirsch, I. S. (2003). Measuring literacy in IALS: A construct-centered approach. *International journal of educational research*, 39(3), 181-190.
- 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), 9-40.
- Kolodner, J. L. (2006). Case-based reasoning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 225–242). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., ... & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design (tm) into practice. *The journal of the learning sciences*, 12(4), 495-547.
- Koray, Ö., & Tatar, A. G. N. (2003). İlköğretim öğrencilerinin kütle ve ağırlık ile ilgili kavram yanılgıları ve bu yanılgıların 6., 7. ve 8. sınıf düzeylerine göre dağılımı. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 187-198.
- Korur, F., Efe, G., Erdogan, F., & Tunç, B. (2017). Effects of toy crane design-based learning on simple machines. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(2), 251-271.

- Krajcik, J., McNeill, K. L., & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education, 92*(1), 1-32.
- Krueger, R. A. (2014). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Sage publications.
- Kuchemann, D. (1978). The aerodynamic design of aircraft. *Progress in aeronautical sciences, 1965, 6,271* (Pergamon, London).
- Kurt, Ş., & Akdeniz, A. R. (2004). Farklı düzeylerdeki öğrencilerde kuvvet kavramı ile ilgili yanılgılar. *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı, 3*, 1931-1950.
- Kurtuluş, M. A. (2019). *STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına, problem çözme becerilerine, bilimsel yaratıcılıklarına, motivasyonlarına ve tutumlarına etkisi* (Master's thesis, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi).
- Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım tabanlı araştırma ve öğrenme ortamlarının tasarımı ve geliştirilmesinde kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International, 1*(1), 19-35.
- Kvale S., & Brinkmann, S. (2008) *InterViews: learning the craft of qualitative research interviewing*. SAGE, Los Angeles.
- Lachapelle, C. P., & Cunningham, C. M. (2007, March). Engineering is elementary: Children's changing understandings of science and engineering. In *ASEE Annual Conference & Exposition* (Vol. 33).
- Lachapelle, C. P., Cunningham, C. M., Jocz, J., Kay, A. E., Phadnis, P., Wertheimer, J., & Arteaga, R. (2011). Engineering is Elementary: An evaluation of years 4 through 6 field testing. *Boston, MA: Museum of Science*.
- Landes, D. S. (1998). The wealth and poverty of nations. *WORLD AND I, 13*, 258-263.

- Lee, Y. C. & Kwok, P. W. (2009). Can an egg-dropping race enhance students' conceptual understanding of air resistance?. *Physics Education*, 44(2),151.
- Leonard, M. & Derry, S. J. (2011). *What's the science behind it? The interaction of engineering and science goals, knowledge, and practices in a design-based science activity* (No. 2011-5). WCER Working Paper.
- Levy, S. T. (2013). Young children's learning of water physics by constructing working systems. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 537–566.
- Lie, R., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2018). Implementing engineering in diverse upper elementary and middle school science classrooms: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 1-14.
- Mangold, J. & Robinson, S. (2013, June). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*. Paper presented at 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. 10.18260/1-2--22581
- Mason, K., & Evans, B. (2017). Modeling a membrane. *The Science Teacher*, 84(5), 31.
- Massachusetts Department of Education [MDOE]. (2010). *Technology/engineering concept and skill progression*.
- Mawson, B. (2003). Beyond the design Process': An alternative pedagogy for technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(2), 117–128.
- Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2), 103-136.
- Mentzer, N., Becker K., Sutton, M. (2015). Engineering design thinking: high school students' performance and knowledge. *J Eng Educ*, 104(4):417–432.

- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. SAGE, Thousand Oaks.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2006). İlköğretim fen ve teknoloji dersi (6.,7. ve 8. sınıflar) öğretim programı. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). İlköğretim kurumları fen bilimleri dersi öğretim programı. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018a). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı, (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar). Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018b). 2023 Eğitim Vizyonu. http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf adresinden 31.01.2021 tarihinde alınmıştır.
- Mitts, C. (2013a). Making a kite: The very first flying machine. *Technology and Engineering Teacher*, 73(3), 8.
- Mitts, C. R. (2013b). VIRTUAL bridge design CHALLENGE. *Technology and Engineering Teacher*, 73(2), 8.
- Mokyr, J. (1992). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.
- Mooney, M. A., & 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).
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & 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), 2.

- Moore, T., & Harrison, A. (2005). Floating and sinking: Everyday science in middle school. In *Annual Proceedings of the Australian Association for Research in Education*.
- Moreno, N. P., Tharp, B. Z., Vogt, G., Newell, A. D., & Burnett, C. A. (2016). Preparing students for middle school through after-school STEM activities. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 889-897.
- Moskal, B. M., & Leydens, J. A. (2000). Scoring rubric development: Validity and reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7(1), 10.
- National Academy of Engineering [NAE], U. S. (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- 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.
- National Commission on Excellence in Education [NCEE]. (1983). *A Nation At Risk: The Imperative Educational Reform* (Report No. 065-000-00177-2.) Washington, DC: Government Printing.
- National Research Council [NRC]. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2010). *Standards for K-12 engineering education?* National Academies Press.

- National Research Council [NRC]. (2011). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on a Conceptual Framework of 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 Science Foundation & Department of Education. (1980). *Science & Engineering Education for the 1980's and Beyond*. (NSF Publication No. 80-78). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nuhoğlu, H. (2008). İlköğretim öğrencilerinin hareket ve kuvvet hakkındaki bilgilerinin değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakóltesi Dergisi*, 9(16), 123-140.
- Özkan, M., Al, A., & Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi-endüstri devriminin etkileri ve Türkiye. *International Journal of Political Science and Urban Studies*, 6(2).
- Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2018). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 275-294.
- Parker, J. (2004). The synthesis of subject and pedagogy for effective learning and teaching in primary science education. *British Educational Research Journal*, 30(6), 819-839.
- Parker, J., & Heywood, D. (2000). Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22(1), 89-111.
- Patton, M. (1990). Purposeful sampling. *Qualitative evaluation and research methods*, 2, 169-186.

- Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design-based modeling approach. *Journal of the Learning Sciences, 7*(3-4), 429-449.
- Peppler, K. (2013). STEAM-powered computing education: Using e-textiles to integrate the arts and STEM. *IEEE Annals of the History of Computing, 46*(09), 38-43.
- Petroski, H. (1996). *Invention by design*. Universities Press.
- Pieper, J. & Mentzer, N. (2013). High school students' use of paper-based and internet-based information sources in the engineering design process. *Journal of Technology Education, 24*(2), 78–95.
- Plant, E. A., Baylor, A. L., Doerr, C., & Rosenberg-Kima, R. (2009). Changing middle-school students' attitudes and performance regarding engineering with computer-based social models. *Computer Education, 53*, 209–215.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). Introduction to the collection of illustrative cases of educational design research. In T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. V-XX). Enschede, the Netherlands: SLO.
- Purzer, S., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education, 2*(1), 9.
- Raymer, D. (2012). *Aircraft Design: A Conceptual Approach*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. Washington, DC.
- Razzouk, R., Dyehouse, M., Santone, A., & Carr, R. (2014). Plants vs. pollutants. *The Science Teacher, 81*(9), 43.
- Rehmat, A. P., & Owens, M. C. (2016). The cat in the hat builds satellites. *Science and Children, 53*(7), 81.

- 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.
- Rivet, A. E. & Krajcik, J. S. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth grade project-based science curriculum. *Journal of research in science teaching*, 41(7), 669-692.
- Rogers, C. & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education: innovations and research*, 5(3).
- Rollnick M. & Rutherford M. (1990). African primary school teachers-what ideas do they hold on air and air pressure?. *International Journal of Science Education*, 12(1), 101-113.
- Rudolph, J. (2002). *Scientists in the classroom: The cold war reconstruction of American science education*. Springer.
- Sabarre, A., & Gulino, J. (2013). Wacky weather. *Science and Children*, 51(2), 37.
- Sadanand, N., & Kess, J. (1990). Concepts in force and motion. *The Physics Teacher*, 28(8), 530-533.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882.
- Schnittka, C., & 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.
- Schwab, K. (2016). *Dördüncü sanayi devrimi*. Optimist Yayın Grubu.

- Seçer, İ. (2015). SPSS ve LISREL İle Pratik Veri Analizi, (2.Baskı). *Ankara: Anı Yayıncılık*.
- Seçer, S. (2008). *6. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusundaki alternatif kavramlarının belirlenmesi ve kavramsal gelişimin incelenmesi* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Sezer, S. (2005). Öğrencinin akademik başarısının belirlenmesinde tamamlayıcı değerlendirme aracı olarak rubrik kullanımı üzerine bir araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18), 61-69.
- Shah, J. J. (2005). Identification, measurement and development of design skills in engineering education. In *DS 35: Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15.-18.08. 2005*.
- She, H. C. (2002). Concepts of Higher Hierarchical Level Require more Dual Situated Learning Events for Conceptual Change: A Study of Air Pressure and Buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24(9), 981-996.
- Shin, N., Stevens, S. Y., & Krajcik, J. (2010). "Tracking student learning over time using Construct-Centered Design." In S. Routledge (Ed), *using analytical frameworks for classroom research: collecting data and analysing narrative*. Taylor & Francis, London.
- Silk, E. M., Schunn, C. D., & Cary, M. S. (2009). The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an urban. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3),209–223.
- Simon, J. L. (1969) *Basic Research Methods in Social Science: The Art of Empirical Investigation*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Sinatra, G. M., Mukhopadhyay, A., Allbright, T. N., Marsh, J. A., & Polikoff, M. S. (2017). Speedometry: A vehicle for promoting interest and engagement through integrated STEM instruction. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 308–316.

- Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2004). *Instructional design*. John Wiley & Sons.
- Song, T., & Becker, K. (2013). Making recycled paper: An engineering design challenge. *Technology and Engineering Teacher*, 73(2), 30.
- Sönmez, V., & Alacapınar, G. (2016). *Sosyal bilimlerde ölçme aracı hazırlama*. Anı Yayıncılık.
- Şahin, Ç., & Çepni, S. (2012). 5E öğretim modeline dayalı öğretimin öğrencilerin gaz basıncı ile ilgili kavramsal anlamalarına etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(1), 220-264.
- Şimşek, H., & Yıldırım, A. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Taş, H. Y. (2018). Dördüncü sanayi devrimi'nin (Endüstri 4.0) Çalışma hayatına ve istihdama muhtemel etkileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 1817-1836.
- Tate, D., Chandler, J., Fontenot, A. D., & Talkmitt, S. (2010). Matching pedagogical intent with engineering design process models for precollege education. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(3), 379-395.
- Tate, K., Doyle, C., Messina, D., Warnecke, B., DePriter, T., & Brillhart, D. (2018). Marvelous metals matter!. *Science and Children*, 55(5), 27-34.
- TEDMEM (2018). <https://tedmem.org/yayin/2017-egitim-degerlendirme-raporu> adresinden 12.05.2020 tarihinde alınmıştır.
- The International Civil Aviation Organization (ICAO, 2016). <https://www.icao.int/annual-report-2016> adresinden 06.02.2019 tarihinde alınmıştır.
- Tinsley, H. E. A., & Weiss, D. J. (2000). Interrater reliability and agreement. In H. E. A. Tinsley & S. D. Brown (Eds.), *Handbook of applied multivariate*

- statistics and mathematical modeling* , 95–124. San Diego, CA: Academic Press.
- Tryggvason, G., & Apelian, D. (2011). Meeting new challenges: Transforming engineering education. *Shaping our world: Engineering education for the 21st century*, John Wiley & Sons.
- Tuttle, N., Stanley, W., & Bieniek, T. (2016). Engineering Motion. *Science and Children*, 53(5), 46.
- Türkiye Sivil Savunma Bakanlığı (SSB, 2018). <https://www.ssb.gov.tr> adresinden 06.02.2019 tarihinde alınmıştır.
- Ünal, G., & Ergin, Ö. (2006). Buluş yoluyla fen öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına, öğrenme yaklaşımlarına ve tutumlarına etkisi. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 36-52.
- Ünsal, A. A. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Gaz Basıncı Konusundaki Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi).
- Valtorta, C. G., & Berland, L. K. (2015). Math, science, and engineering integration in a high school engineering course: A qualitative study. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1), 3.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp.3-7). London: Routledge.
- Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2014). Conceptual change from the framework theory side of the fence. *Science & Education*, 23(7), 1427-1445.
- Walker, C., Ethington, R. L., & Stark, A. Y. (2016). Who is your champion?. *Science and Children*, 53(9), 39.

- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development, 53*(4), 5-23.
- Wang, J., Werner-Avidon, M., Newton, L., Randol, S., Smith, B., & Walker, G. (2013). Ingenuity in action: Connecting tinkering to engineering design processes. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 3*(1), 2.
- 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. In *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Louisville, KY*.
- Wendell, K. B., Swenson, J. E., & Dalvi, T. S. (2019). Epistemological framing and novice elementary teachers' approaches to learning and teaching engineering design. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(7), 956-982.
- Wendell, K. B., Watkins, J., & Johnson, A. W. (2016). Noticing, assessing, and responding to students' engineering: Exploring a responsive teaching approach to engineering design. In *Proceedings of the 123rd American Society for Engineering education annual conference and exposition*. Washington, DC: American Society for Engineering Education.
- Wendell, K., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education, 102*(4), 513-540.
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1*(14), 1-9.
- Wicklein, R. (2006). Five good reasons for engineering as the focus for technology education. *The Technology Teacher, 65*(7), 25-29.

- Williams, P. J. (2000). Design: The only methodology of technology? *Journal of Technology Education, 11*(2), 48–60.
- Yang, M. C. (2009). Observations on concept generation and sketching in engineering design. *Research in Engineering Design, 20*(1), 1–11.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning. *Journal of Theory and Practice in Education, 13*(2), 183-210.
- Zangori, L., & Forbes, C. T. (2015). Exploring third-grade student model-based explanations about plant relationships within an ecosystem. *International Journal of Science Education, 37*(18), 2942-2964.
- Zhou, N., Pereira, N. L., George, T. T., Alperovich, J., Booth, J., Chandrasegaran, S., ... & Ramani, K. (2017). The influence of toy design activities on middle school students' understanding of the engineering design processes. *Journal of Science Education and Technology, 26*(5), 481–493.
- Zhou, S., Zhang, C., & Xiao, H. (2015). Students' understanding on Newton's third law in identifying the reaction force in gravity interactions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(3), 589-599.

UÇAK MÜHENDİSLİĞİ TASARIM ÜNİTESİ DERS PLANLARI

DERS 1: MÜHENDİSLİK TANIMI
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 1 Ders Saati (40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
<p>Öğrenciler bir mühendisin neler yaptığını, problemlere nasıl yaklaştığını ve problem çözümünde nasıl bir süreç izlediğini düşünür ve tartışır. Çevrelerinde var olan problemlerin hangilerinin mühendisler tarafından çözülebileceğini, mühendislik ve bilimsel problemlerin farkı üzerinden tartışarak yorumlar.</p> <p>Bu ders sonunda öğrenciler şunları yapabilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teknoloji ve mühendislik arasında ilişki kurar. • Teknolojik ürünlerin mühendislik problemleri ve tasarım süreçleri sonucunda oluştuğunu fark eder. • Bir mühendisin tasarım süreç basamaklarını sıralar ve açıklar. • İşbirlikli öğrenme ortamı ve mühendislik tasarım süreci ile ilgili çalışma normlarını bilir.
MALZEMELER:
<ul style="list-style-type: none"> • Mühendislik Tasarımı Posteri • Mühendislik Normları Listesi
DERSE GİRİŞ:
<p>Öğretmen tarafından aşağıdaki sorular sınıfa yöneltilir. Sınıf tartışması ile sorular yanıtlanır.</p> <p>1-Bir mühendis ne iş yapar? 2-Etrafınızda bir mühendis tarafından çözülebilecek problemler nelerdir? 3-İnsanlar problemleri nasıl çözer? 4-Toplumda problemleri çözmek için mühendisliği nasıl kullanabiliriz? 5-Teknoloji nedir? Mühendislik ile teknoloji ilişkisi nasıldır?</p> <p>Öğretmen Notu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Öğrencilere fikirlerini paylaşmadan önce yazmaları için zaman verin. • Tüm sınıfla paylaşmadan önce fikirlerin grup içerisinde tartışılmasını sağlayın. • Düşünmek için yeterli süreyi verin.
ETKİNLİK 1: Anlat Bakalım
<p>En son ne zaman bir şeyleri birleştirdiniz, inşa ettiniz ya da bir problemi çözdünüz? Öğrencilerden grup içerisinde birbirlerine bu sorunun cevabını anlatmaları ve grup cevaplarını listelemeleri istenir.</p> <p>“En sonları amacıyla inşa ettim/birleştirdim.”</p> <p>“En son problemini çözmek içinyaptım.”</p>

ETKİNLİK 2: Gizemli Çanta

Öğretmen bir çantaya üç adet teknoloji ürünü koyar ve öğrencilerden çantada neler olabileceğini tahmin etmelerini ister. Sırayla ürünleri çıkararak hangi probleme çözüm amaçlı geliştirilmiş olabileceği tartışılır (Örnek teknolojik ürünler; bandaj, zımba, toplu iğne...)

https://www.youtube.com/watch?v=Giiz81_uzK8

<https://www.youtube.com/watch?v=owHF9iLyxic>

<https://www.youtube.com/watch?v=fxJWin195kU>

Videolar izletilir ve mühendislik? Mühendislik süreci? Teknoloji konusunda sınıf tartışması gerçekleştirilir.

Not: Videoların Türkçe'ye uyarlaması gerçekleştirilecektir.

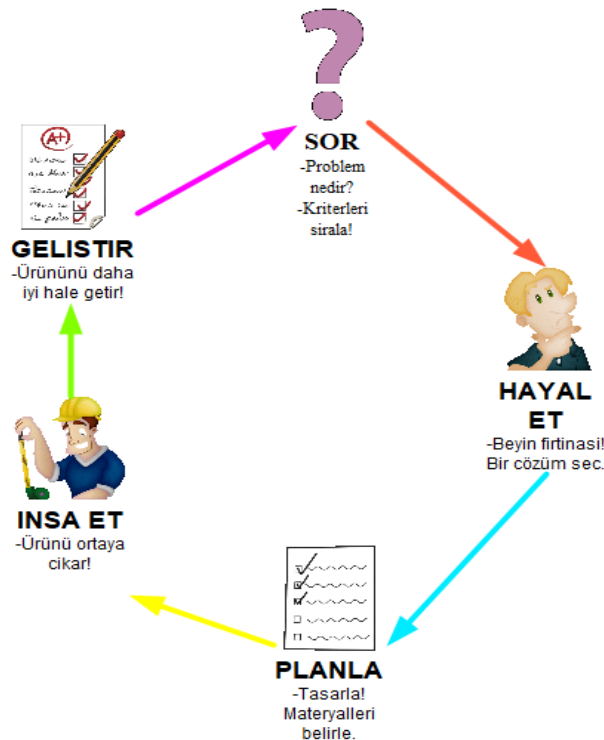
ETKİNLİK 3: Mühendislik Tasarım Süreci ve Mühendislik Çalışma İlkeleri

Mühendislik tasarım süreci posteri öğretmen tarafından tahtaya yansıtılarak ya da duvara sabitlenerek tanıtılır, her basamak açıklanır. Öğrencilerle birlikte tartışarak süreç içerisinde uyulması gereken ilkeler sıralanarak fikir birliğine varılır.

Ek1-Mühendislik Süreç İlkeleri

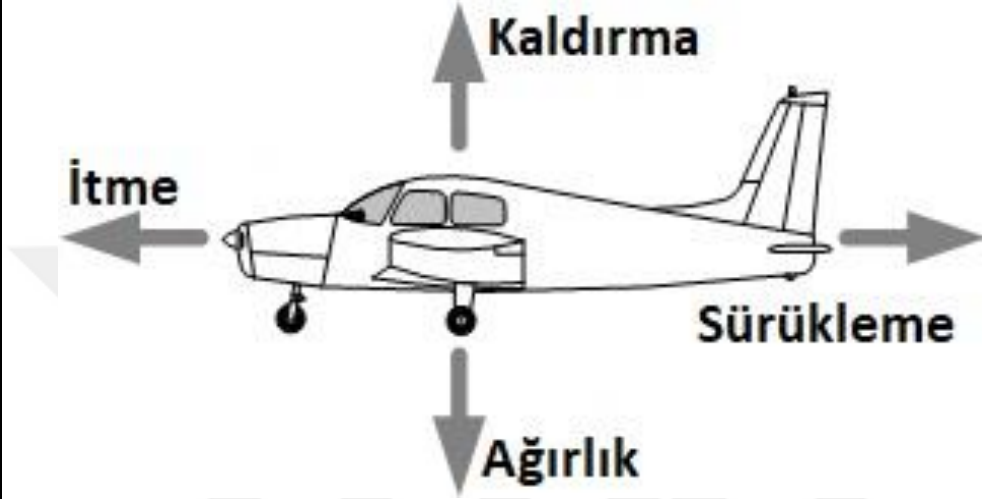
Mühendislik Süreç İlkeleri
Fikirlerini paylaş.
Soru sor.
Diğer arkadaşlarının fikirlerini de dinle.
Herkese grup içerisinde eşit şans verdiğinden emin ol.
Güvenilir ve saygılı ol.
Tasarımı yaparken kendin yapmak yerine takım üyelerine göster ve anlat.
Mühendislik süreç döngüsünü uygula.
.....

Ek2-Mühendislik Süreç Döngüsü



DERS 2: UÇUŞ KUVVETLERİ-Dengede Olmak mı, Olmamak mı?
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 1 Ders Saati (40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
<p>Öğrenciler bir uçağa etki eden dört kuvveti (itme/sürükleme/ağırlık/kaldırma) ve bu kuvvetlerin uçağın iniş/kalkış ve uçuş durumundaki denge durumlarını öğrenir.</p> <p>Bu dersten sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvet durumlarını açıklar. • Uçak üzerindeki kuvvetleri ve yönlerini çizerek gösterir. • Uçak üzerindeki kuvvetleri denge ve dengesizlik durumlarını her kuvvet için yorumlar. • Kuşların yükselme ve alçalma durumlarını vücut ve hareket biçimleri ile açıklar.
DERSE GİRİŞ:
<p>Kuşları hayranlıkla izleyen ilk insanlar, bu yeteneğin kuşlar ve tanrılara ait olduğuna inanırdı. Gökteki güneş, ay ve yıldızları kutsal varlık saydılar. Sümer efsanelerinde tanrıların göklerde yaşadığı anlatılır. Efsanelerde kutsal varlıklar kanatlı olarak tanımlanır. Efsaneler nedeniyle bazı insanlar kanat yaparak uçmaya çalıştı. Uçtuğuna inanılan mucit efsanesi çoktur. Yunan efsanesinde Icarus, Girit'te tutsaktır. Kuş tüylerini balmumu ile yapıştırarak kanat yapan babasıyla uçarak adadan kaçarlardı. Icarus güneşe yaklaşıncaya balmumu erir ve düşüp ölür. Hint mitolojisinde mükemmel insan Rama'nın uçan bir atlı arabası vardır. Çin'de İmparator Shun'un şapkayı paraşüt gibi kullanıp uçtuğu ve Won Hu'nun da koltuğa havai fişek bağlayıp uçtuğu anlatılır. Leonardo da Vinci'nin çizimlerinde kanat ve helikopter vardır. Evliya Çelebi, Hazerfen A. Çelebi'nin kanatlarla Galata Kulesi'nden atlayıp Üsküdar'a uçtuğunu yazar. Hepsinin tek bir hayali vardı, şu an için mümkün ama o zaman için imkansız görülen: "UÇMAK". O zamanlar bir bilinmez olan o soru; "NASIL UÇABİLİRİZ?"</p> <p>İnsanlar merak ettikleri bu soru üzerinde geçmişten günümüze dek düşünmeyi sürdürmüştür. Bu problemin, göklere çıkma merakının sonucu olarak birçok teknolojik alet geliştirilmiştir. Örnek verebilir misiniz?</p> <p>İnsanlar ilk kez balonla uçtu. Ardından zeplinler, planörler ve şimdi son teknoloji uçaklarla istediğimiz her yere seyahat edebiliyoruz. Peki ya nasıl? Uçaklar nasıl uçar?</p> <p>Sınıf içi cevaplar dinlenir ve tartışma süreci yürütülür.</p>
ETKİNLİK 1: Kimde Kaldı?
<p>Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri açıklamak için bir oyun oynanır. Gruplar ikiye bölünür ve halat çekme oyunu düzenlenir. Halatın ortasına bir kurdele bağlanır, yere aynı hizadan siyah bir bant çekilir. Kurdelenin yönü takip edilir. Oyun sonrası kurdelenin duruma göre konumu yorumlanır.</p> <p>Öğretmen dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri açıklar.</p>
ETKİNLİK 2: Denge mi? Değil mi?
<p>Malzemeler:</p> <p>Her grup için;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tahta takoz • 2 adet dinamometre <p>Öğrencilerden aşağıdaki kuvvet durumları ile takozun iki ucundan dinamometreleri çekmeleri istenir ve sonuçlar kaydedilir.</p>

Kuvvet yönü	Büyüklüğü	Kuvvet yönü	Büyüklüğü	Hareket yönü
Batı	6N	Doğu	6N	
Batı	5N	Doğu	8N	
Kuzey	5N	Güney	3N	
Kuzey	8N	Güney	8N	



Şekil üzerinden uçak üzerindeki kuvvetler açıklanır ve Mühendislik Günlüğünde “Uçağın Kuvvetleri” ile “Kuşları Gözleyelim” bölümleri öğrenciler tarafından doldurulur.

(<https://www.youtube.com/watch?v=hdWQ5D-Rl28>) videosu izletilerek tartışılır.

KAYNAKLAR:

Giriş metni (<http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/U%C3%87AKLAR-NASIL-U%C3%87UYOR-ARALIK-2011.pdf>) adresinden uyarlanmıştır.

DERS 3: BERNOULLI: Hız Nerede, Yön Orada!
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 2 Ders Saati (40dk+40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
Etrafımızdaki havanın sürekli olduğunu bilmemize rağmen, genellikle hava basıncını görmüyoruz. Bu etkinlik sırasında, öğrenciler hava basıncını ve çevresindeki nesnelere etkisini inceleyecektir.
Bu aktiviteden sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:
<ul style="list-style-type: none"> • Hava hızı arttıkça hava basıncının düştüğünü açıklar. • Hava basıncının her yöne etki ettiğini açıklar (sadece aşağı değil). • Havanın hareketinin yüksek basınçtan alçak basınca doğru olduğunu açıklar.
ALİŞTİRMA ETKİNLİĞİ:
1-Yumurta Deneyi: Haşlanmış yumurta bir cam şişe içerisine sokulmaya çalışılır. Ardından bir kağıt parçası yakılarak şişeye atılır ve yumurta tekrar şişenin ağzına yerleştirilir.
a-Yumurta ilk durumda neden şişenin içerisine girmedi?
b-İkinci durumda yumurtanın şişenin içerisine girme nedeni ne olabilir?
.....
.....
.....
.....
2-Süpürgeler tozu kiri nasıl içeri çeker?
.....
.....
.....
.....
3-Bir meyve suyu kutusundan pipetle meyve suyunu içtiğinizde bir süre sonra kutunun içe doğru büküldüğüne şahit oldunuz mu? Sizce bunun sebebi nedir?
.....
.....
.....
.....
Öğretmen rehber sorularla öğrencilerin “hava basıncı” kavramına ulaşmasını sağlar ve hava basıncı açıklanır.
MALZEMELER:
Her grup için;
<ul style="list-style-type: none"> • 1 adet A4 kağıt • 1 adet pipet • Etkinlik çalışma yaprağı • 2 adet balon • İp
Her öğrenci için;
<ul style="list-style-type: none"> • Çalışma Kağıdı: Kağıda Ne Oldu?

Alıştırma etkinliği için;

- Kağıt
- Cam şişe
- Haşlanmış yumurta

DERS SÜRECİ:

1) Öğrencilerden bir kağıt parçasını (uzunlamasına) ikiye katlamaları istenir ve bir kağıt çadırı yapılır. Öğrencilerden, çadırın içine pipetle üflediğimizde ne olacağını tahmin etmeleri istenir. Büyüyecek mi, değişmeden kalacak mı yoksa masaya doğru mu bükülecek? (Alternatif olarak, öğrencilerin kağıt çadırlarını baş aşağı çevirmelerini ve V şeklindeki kağıtları üflemelerini sağlayın.) Öğrencilerin çadırın düzleştiğini fark etmelerini sağlayın. Bunun nedeni, ters çevrilmiş V boyunca hareket eden havanın daha az basınca sahip olmasıdır, bu nedenle kağıt çadırın dışındaki yüksek basınç kağıdı düzleştirir.

2) İki balonu şişirin, bağlayın ve ardından her birine bir ip takın. Öğrencilerin iki balonu bir arada tutması sağlanır. Öğrencilere balonları aralıklarla tutturmaları ve aralarına üflemeleri söylenir. Balonların hareketi gözlenir. İlgili çalışma sayfası sorularını cevaplamaları ve sonuçları tartışmalarını sağlanır.

Öğretmen Notu: Etkinlik görevi gerçekleştirilmeden önce her iki durumda da öğrencilerin neler beklediğinin ve bu beklentilerin nedenlerinin tartışılması etkinlik sonrası tartışma sürecini destekleyecektir.

Örneğin;

Kağıdı alttan üflediğinizde ne olmasını beklersiniz? Neden?

Balonları ortadan üflediğinizde bir değişiklik olmasını bekliyor musunuz?

Nasıl bir

değişiklik olmasını bekliyorsunuz? Neden?

SINIF İÇİ REHBER SORULARI:

1- Kağıdı alttan üflediğinizde neden aşağı doğru hareket etti?

2- Balonları ortadan üflediğinizde ne gerçekleşti? Sizce bu durumun sebebi nedir?

Öğretmen Notu: Etkinlik sonrası sınıf içi tartışma sürecinde öğrencilerin “Hızlanan havanın basıncı azalır” bilgisini yapılandırmasına öğretmen rehberlik eder. Bu bilgi yapılandırılırsa; öğretmen bu bilginin uçaklarla ilişkisini, uçakların tasarım özelliklerini bu bilgi bağlamında tartışmalarını sağlayacak sorular yöneltir.

Örneğin;

Uçakların tasarımında bu bilgiyi (hızlanan havanın basıncı azalır) nasıl kullanabiliriz?

Sizce uçakların uçabilmesinde bu bilgi etkili midir? Neden? Nasıl?

DERS 4: Kuvvet Üzerinde: Kaldırma

SINIF SEVİYESİ: 8

ÖNERİLEN SÜRE: 2 Ders Saati (40dk+40dk)

DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:

Öğrenciler farklı kanat tasarımlarına etki eden kaldırma kuvvetini ölçerek hesaplar. Farklılıkları tespit ederek kanat şekli ile kaldırma kuvveti arasındaki ilişkiyi yorumlar. Bir kanadın daha fazla kaldırma kuvveti ile yükselebilmesi için nasıl bir tasarıma sahip olması gerektiği (iç bükey/dış bükey/eşit yüzey) konusunda esas dizayn için çıkarımlarda bulunur.

Bu aktiviteden sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:

- Dış bükey tasarımlarda kaldırma kuvvetinin daha fazla olduğu çıkarımını yapar.
- Kaldırma kuvvetinin yukarı yönlü ve ağırlığı azaltıcı bir kuvvet olduğunu belirtir.
- Kaldırma kuvveti ile hava basıncını ilişkilendirir.
- Hava basıncı ile kanat şeklini ilişkilendirerek çıkarımlarda bulunur.

MALZEMELER:

Her grup için;

- 30x20x10cm strafor köpük
- Strafor kesici
- Kanat profil şablonları
- 2 adet tel çubuk (30cm)

Tüm gruplar için;

- 2 adet tahta takoz
- 1 adet vantilatör

Her öğrenci için;

- Çalışma Kağıdı: Kanat Tasarlayalım

ALIŞTIRMA ETKİNLİKLERİ:



1-(<https://www.youtube.com/watch?v=wSXvcveNSTQ>) videosunda fırtınada uçan çatılar izletilir ve konu sınıf tartışmasına açılır? Fırtınada neden ilk önce çatılar uçar?

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



2- (https://www.youtube.com/watch?v=nehr_PEEsOM) videosu izletilir. Videoda izlediğiniz sunucunun başına gelen olayı hiç deneyimlediniz mi? Rüzgarlı havalarda şemsiyelerimiz neden ters döner?

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

Öğretmen Notu: Alıştırma etkinliği ile öğrencilerin hava basıncı farkına bağlı olarak yüksek basınçtan alçak basınca doğru hava hareketi gerçekleşebileceği fikrine etkinlik sonucunda ulaşmaları için hazırlık yapılır. Çatıların önce uçması ve rüzgarda şemsiyelerin ters dönmesi üzerinden hava akımının yönü sorgulanır. Buradaki tartışmalar tasarım etkinliği sırası ve sonrasındaki tartışmaları destekleyici niteliktedir. Bernoulli İlkesi'nden bahsedilmez; ancak öğrencilerin bu bilgiye ulaşması, hissettirilmesi sağlanır.

PROBLEM DURUMU:

Mühendisler gerçek, tam boyutlu bir ürünü inşa etmeden önce tasarımlarının modellerini oluşturur. Bu öncü bir tasarım oluşturma yöntemi havacılığın öncü isimleri tarafından da kullanılırdı. İlk tasarımcılar sadece uçan makineler inşa ederek ve içlerinde insan taşıyarak işe koyulmuyordu, bu çok tehlikeli olurdu. Bu ilk mucitler ve mühendisler uçuş modellerinin uçuş yeteneklerini ve değişkenlerini incelemek için model uçurtmalar, planörler veya kanatlar inşa ediyordu. Uçağın mucidi olarak bilinen Wilbur ve Orville Wright Kardeşler de nihai uçak modellerinden önce daha küçük bir ölçekte tasarımlar oluşturdular. Tasarımın ne kadar yükseleceğini ve ne kadar ağırlık taşıyabileceğini görmek için kanat şekilleri ve büyüklükleri ile oynadılar. Tekrarlı düzenledikleri bu testler sonucunda edindikleri bilgileri ise nihai tasarımlarına aktardılar. Kardeşler mükemmele ulaşana kadar birçok deney yapmıştır.

Bugün, uzun bir mesafeye seyahat edebilen veya uzun süre havada kalabilecek uçak tasarlayan mühendisler gibi davranacağız. Bu uçağımızı tasarlamadan önce üzerinde deneyler yapacağımız ve uçuş testleri gerçekleştireceğimiz kanat tasarımları yapacağız. Uçağı taşıyacak ve daha yükseklere çıkaracak bir kanadın taşıyacağı özellikler neler olmalıdır? Bunu dört uçuş kuvveti hakkında öğrendiklerinizden yola çıkarak açıklamaya çalışınız.

(Gerekirse, sınıfta uçaklara etki eden dört kuvveti gözden geçirin - kaldırma, ağırlık, itme ve çekme. Öğrencilerin kanadın hafif olması dolayısıyla ağırlığının az, kaldırma

kuvvetinin çok olması gerekliliği bilgisine sınıf içi tartışma ile ulaşınız. Sonrasında tasarım kriterlerini öğrencilerle birlikte aşağıdaki gibi belirleyiniz:

- Kanat ağırlığı en az olmalı,
- Uçuş sırasında en fazla kaldırma kuvvetine sahip olmalıdır.)

İki adet kanat profili seçiniz ve bu profillerinizi strafor kesici ile şekillendiriniz.

Vantilatör ile yapay bir rüzgar ortamı oluşturunuz ve rüzgar öncesi-sonrası ölçümler yapınız.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ

1-Problemin Tanımlanması

Bu aşamada öğrenciler problemin ne olduğunu tartışır. İhtiyaçları ortaya koyar.

- ✓ Kanat en az ağırlıkta ve en fazla kaldırma kuvvetine sahip olmalıdır.

2-Problemin Araştırılması

Öğrenciler bu aşamada problemin çözümü için gerekli bilgileri tartışır, grup içi bilgi aktarımında bulunur. Kullanılabilecek malzemeler ve bu malzemelerin kullanım amacı ile ilgili beyin fırtınası yürütür.

3-Olası Çözümler Geliştirilmesi

Öğrenciler problemin çözümü için gerekli durumları tartışır, beyin fırtınası yürütür.

4-En İyi Çözümün Seçilmesi

Grup içerisinde en iyi çözüm konusunda karara varılır ve tasarım planlanır. Öğrencilerin tasarımı çizime dökmesi istenir.

5-Prototip Geliştir

Öğrenciler tasarımlarını geliştirir ve son halini verir.

6-Test etme ve Değerlendirme

Bu süreçte gruplar şunlara dikkat etmelidirler:

- ✓ Ağırlık değişiminin maksimum olması,
- ✓ Kanat profillerinin ağırlığının azalması.

7-Çözümle İlişkilendirme

Öğrenciler ürünlerinin problemin çözümü için gerekli şartları sağlayıp sağlamadığını yorumlar ve karar verir.

8-Tekrar Tasarlama

Öğrenciler ürünleri üzerinde grup içerisinde karar verdikleri değişiklikleri yaparak; tekrar test eder ve sonuçları değerlendirerek yorumlar.

9-Karar Verme

Öğrenciler ürünlerinin nihai tasarımına karar verir ve bu nihai tasarımın özelliklerini çözümle ilişkilendirerek açıklar.

TASARIM SONRASI:

Tüm gruplar kanat profili test sonuçlarını ve çıkarımlarını grup sözcüsü ile açıklar. Paylaşılan verilerden yola çıkarak “dış bükey tasarımların daha fazla kaldırma kuvveti oluşturduğu” bilgisi açıklanır.

1-Havanın hareket yönü ile kaldırma kuvveti arasında bir ilişki var mıdır? Neden?

2-Dış bükey kanatlar neden daha fazla kaldırma kuvvetine sahiptir?

3-Bu durum başlangıçta konuştuğumuz çatıların en önce uçması ve rüzgarda şemsiyelerin ters dönmesi durumları ile ilişkili midir? Neden?

Bu sorular öğretmenin rehber alt soruları ile genişletilerek öğrencilerin havanın hareketine (yüksek basınçtan alçak basınca) yönelik çıkarımlarda bulunması sağlanır. Havanın yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket ettiği önceki derslerde öğrenilmişti. Öğrencilerin bu bilgi ile kanat profili ve yüzeyi arasında ilişki kurması sağlanır.

4-Hangi kanat profilinde kanadın iki yüzeyi arasındaki basınç farkı daha fazladır? Neden?

5-Kanadın iki yüzeyinin şekli ile basınç farkı arasında nasıl bir ilişki vardır?

Kanat şekli ve basınç arasındaki ilişki açıklanır. (<https://www.youtube.com/watch?v=ei5vTqULi7c&t=173s>) linkli video izletilir. Öğretmen aşağıdaki resmi tahtaya yansıtır ve arabaların tasarımı ile hava basıncı (bernoulli) ilişkisini açıklar.



Arabaların tasarımında da benzer bir durum var mıdır? Grup üyelerinizle tartışarak açıklayınız.

Öğretmen Notu: Tüm bu süreçte “Bernoulli İlkesi” kavramı kullanılmaz. Link kaynakları Türkçe diline çevrilecektir.

DERS 5: Kuvvet Üzerinde: Ağırlık

SINIF SEVİYESİ: 8

ÖNERİLEN SÜRE: 1 Ders Saati (40dk)

DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:

Öğrenciler uçağa etki eden kuvvetlerden biri olan “Ağırlık” kavramının açıklar. Uçak mühendislerinin “ağırlık” kuvvetine yönelik tasarımsal çözümlerini tartışır. Newton’un ikinci yasası ($F=m \cdot a$) olan “bir nesneyi taşımak için gerekli kuvvetin nesnenin kütlesi ile orantılı olduğu” bilgisini yapılandırır.

Bu ders sonunda öğrenciler;

- Ağırlığı bir kuvvet olarak tanımlar ve yönünü belirtir.
- Ağırlık arttıkça onu taşıyacak zıt yönlü kaldırma kuvvetinin de uçuş prensibi olarak artması gerekliliğini ifade eder.
- Büyük uçakların ve yolcu kapasitesi fazla uçakların daha ağır olduğunu ve onları taşımak için daha büyük kuvvetler gerektiğini belirtir.
- Ağırlığı azaltmak için tasarımsal çözümler sunar.
- Bir nesneyi hızlandırmak için gereken kuvvetin nesnenin kütlesi ve ağırlığı ile orantılı olduğunu açıklar.
- Newton'un ikinci hareket yasasının uçaklara nasıl uygulandığını açıklar.
- Deneysel verilere dayalı sonuçlar oluşturur.

MALZEMELER:

Her grubun için;

- 15-20 adet büyük ve ağır ataç,
- Kalın lastik bantlar
- 3 adet özdeş kitap,
- Cetvel
- Bant

ALIŞTIRMA ETKİNLİKLERİ:

1-Roketler nasıl hızlı uçar?

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

2-Uçaklar çelikten mi yapılmıştır?

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

DENEY SÜRECİ:

1-Dört ataç ve iki lastik bant kullanarak, iki kitabın her birine bir lastik bant / ataç takın.



2-Dik açılı bir kanca yapmak için her ataşın serbest ucunu bükün. Her kancayı kitabın omurgasına yerleştirin veya kancalı ataç dış kitabın ucuna takmak için paket lastiği kullanın. Amaç lastik bantların kitapları birbirine doğru çekmesini sağlamaktır.

3-Cetveli kitapların önüne yerleştirin.

4-Kitapları bir kaç santim uzağa doğru çekin birbirinden uzaklaştıracak şekilde çekin. Her kitabın iç kenarlarına karşılık gelen cetvel üzerindeki sayıları okuyun. Öğrencilere bu numarayı çalışma sayfalarına kaydetmelerini sağlayın.

5-Şimdi kitapları bırakın. Aynı mesafeyi birbirlerine doğru hareket etmelerini bekleyin.

6-Dördüncü ve beşinci adımı üç kez tekrarlayın ve sonuçları kaydedin.

7-Tüm adımları bir kitaba karşılık iki kitap yerleştirerek tekrarlayın ve sonuçları kaydedin.

ETKİNLİK SONRASI:

1-Öğretmen gözlem sonuçlarını sınıf içi tartışma ile güçlendirir. “Ağırlığı fazla olan cisme uygulanması gereken kaldırma kuvvetinin de fazla olması gerekliliği” bilgisi yapılandırılır.

2-Uçaklarda ağırlıkla ilgili hangi önlemler alınmaktadır? Yolcu kapasitesini arttırmak isteyen bir uçak firması tasarımında nasıl değişiklikler yapmalıdır? Grup arkadaşlarınızla tartışarak listeleyiniz. (Öğrencilere bir uçağın detaylı, tüm bölümlerini içeren bir resmi verilir-Ek1- ve hangi noktalarda nasıl önlemler alacaklarını resim üzerinde açıklamaları istenir.)

3-Kuşların da uçmayı kolaylaştırmak için ağırlıkla ilgili önlemleri var mıdır? Varsa nelerdir?
KAYNAKLAR:
Bu etkinlik “Teach Engineering K-12/ Up, Up and Away !-Airplanes” ünitesinin bir bölümünden uyarlanmıştır. Kaynak linki: (https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_airplanes_lesson03_activity2)

DERS 6: Kuvvet Üzerinde: İtme
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 2 Ders Saati (40dk+40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
Bu derste uçak üzerindeki kuvvetlerden biri olan “itme” açıklanacaktır. İtme kuvvetinin hızlandırıcı etkisi ve uçakta itmeyi oluşturan bölümler öğrenilecektir. Ayrıca havanın itme kuvvetinden yararlanılarak bir tasarım ortaya konulması sağlanacaktır. Bu ders sonunda öğrenciler; <ul style="list-style-type: none"> • İtmeyi bir kuvvet olarak tanımlar ve yönünü belirtir. • Uçaklarda motorlar tarafından ve hava basıncından yararlanılarak oluşturulan itme kuvvetini uçağın hızlanma yavaşlama durumu ile ilişkilendirir. • Hava basıncın miktarını hızlanma ile ilişkilendirir. • Havanın itme kuvvetinden yararlanarak bir araç tasarlar.
MALZEMELER:
Her grubun için; <ul style="list-style-type: none"> • 4 adet CD, • 4 plastik şişe kapağı, • 1 plastik şişe, • Balon • Pipetler, • Çöp şiş, • Oyun hamuru, • Köpük, • Bant, • Karton bardaklar. • Kartonlar, • Kağıtlar, • Dondurma çubukları, • Kronometre. Her öğrenci için; <ul style="list-style-type: none"> • Etkinlik çalışma kağıdı
ALIŞTIRMA ETKİNLİKLERİ (15dk.):
1-Bir balonu şişiriniz ve arkadaşlarınızla aynı anda serbest bırakınız. Neler gözlemlediniz? Balonun hareket yönü nasıldı? Sizce neden?

2-Hiç “Hovercraft(Hava Yastıklı Tekne)” gördünüz mü? Bu tekneler sizce nasıl hareket ediyor?



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

3-Kuşlar, kanat çırpmalarını sağlayan kuvvetli göğüs kaslarına sahiptir. Kanatların bu hareketi ile uçuşta hangi kuvveti ve nasıl etkinleştiriyor olabilirler?

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

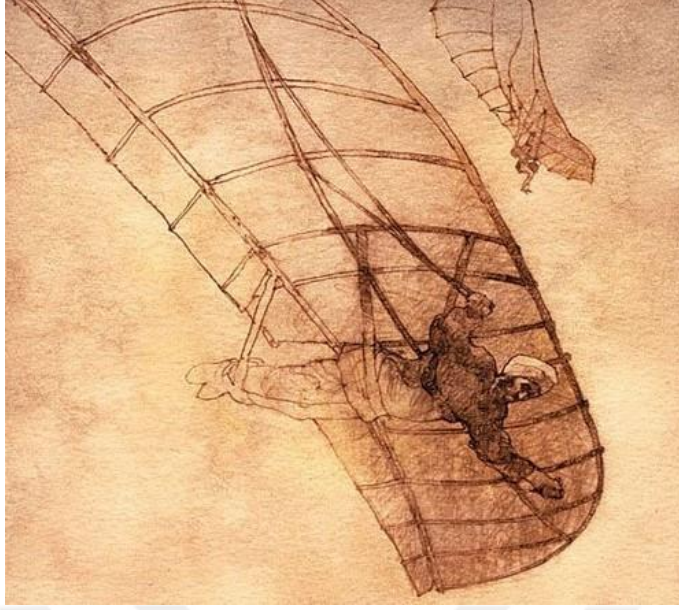
4-Bir kaykay üzerinde hızla hareket ederken elinizdeki basketbol topunu ileriye doğru fırlattığınızı düşünün. Siz ve kaykay ne tarafa hareket edersiniz?

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

Öğretmen Notu: Alıştırma etkinlikleri üzerinden itme kuvveti tanımlanacaktır. Bu süreçte bir uçağın nasıl ileriye doğru hareket edebileceğini öğrencilere sorunuz. Öğrencilerden muhtemelen uçakların hareket etmek için havadan attıklarını ve itme oluşturduğunu söylemeleri beklenir. Aslen cevap; Newton'un üçüncü hareket yasasında yatar, her eylem için eşit ve zıt bir tepki olduğu alıştırma etkinlik ve soruları üzerinden açıklanır. Bir uçak böyle hareket eder, hareket halinin tersine birçok hava molekülü "atar". Motorlar tarafından hava moleküllerinin atılması ile oluşan bu itme kuvveti uçağı hızlandırır.

PROBLEM DURUMU:

İbni Firnas 875 yılında tüy ve kumaş gibi malzemeleri kullanarak ilk uçuş aletini bir planör gibi tasarladı ve onunla uçmayı denedi. İki kanatlı olan bu uçuş aracı ile Kurtuba yakınındaki bir tepeden uçmayı başardı. Aracına kuyruk yapmayı düşünmediğinden yere çakılmış ve yaralı olarak kurtulmuştur.



Böylelikle Avrupalı bilim adamları tarafından da günümüzde kullanılan uçuş araçlarının temeli atılmış olmaktadır. Bundan iki yüz yıl sonrasında ise İsmâil Hammâd Cevheri yaptığı bir uçuş makinesi ile Nişabur eski camisinin minaresinden atlayarak uçuş denemesi gerçekleştirse de bir süre süzöldükten sonra yere çakılmış ve yaşamını yitirmiştir. Bu uçuş Hezarfen Ahmed Çelebi'ye de esin kaynağı olmuştur. 17. Yüzyılın başlarına geldiğinde karşımıza uçuş sevdalısı Hezarfen Ahmed Çelebi çıkmaktadır. Evliya Çelebi'ye göre, Hezârfen Ahmed Çelebi 1632 yılında lodoslu bir havada Galata Kulesi'nden kuş kanatlarına benzer bir araç takıp kendini boşluğa bıraktı ve uçarak İstanbul Boğazı'nı geçip 3558 m. ötede Üsküdar'da indi. Uçuşu sırasında Hezârfen Ahmed Çelebi rüzgarın gücünden ve yerçekiminden yararlandı.

Wright kardeşler de ilk uçuş denemelerini bu yöntemle planörler kullanarak gerçekleştirdi. Yüksek tepelerden yerçekimi ve havanın gücünden yararlanarak süzöldüler. Yine Wright Kardeşlerin ilk motorlu uçakları geliştirmesi ile birlikte planör çalışmalarına uzunca süre ara verildi. Motorlar uçaklar için itme kuvveti oluşturur ve uçağın hızlanmasını sağlar. Birkaç farklı uçak motoru tipi; pervane, jet ve roket. Bir uçağı itecek gücü bulmak, ilk uçaklar inşa edildiğinden beri zor olmuştur. Mühendisler sürekli olarak daha güvenilir ve ağırlıkları ile daha fazla güven veren motorlar geliştirmek için sürekli çalışırlar. Turbojet ve turbofan motorları, günümüzde en çok kullanılan uçak motorlarıdır, ancak itiş gücündeki bir sonraki yeniliğin ne olacağını yalnızca hayal edebiliriz – bunu zaman gösterecek! Belki dünyadaki uçaklarda kullanılacak bir sonraki motoru sizler üreteceksiniz. O halde işe daha basitten başlayarak koyulmalısınız. Uçakların havanın itme kuvvetinden nasıl yararlanarak hızlandığını görebilmek için havanın itme kuvveti ile çalışan bir planör tasarlayınız. Bu mühendislik ürününüzle gruplar arası yarışmaya katılacaksınız. Unutmayın:

- Aracınız olabilecek maksimum hızda gitmeli,
- Kısa sürede uzun yol almalı,
- En öne geçebilmek için sağa sola yalpalanmamalı!

YARIŞMA KURALLARI

1. Belirlenen parkurda her grubun yarışma öncesi arabasını bir kez deneme hakkı vardır.
2. Değerlendirilmeye alınabilmesi için araçlar atık materyallerden tasarlanmalıdır. Size verilen malzemelerden istediklerinizi kullanabilirsiniz.
3. Arabalar kura sıralamasına göre yan yana dizilir.
4. Yarış sırasında her gruptan bir kişi kronometre ile zamanı ölçer ve kaydeder.
5. Yarış öğretmenin “başla” komutu ile başlar ve araçların durması ile biter.
6. Pist ile ilgili özellikler: Yarışmanın yapılacağı zemin 60 cm genişliğindedir. Sürtünmeyi azaltmak için karo yüzey tercih edilmiştir.
7. Planörler, en fazla 40 cm genişliğinde tasarlanmalıdır. Uzunluğu ve yüksekliği konusunda herhangi bir sınırlandırma yoktur.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ:

1-Problemin Tanımlanması

Bu aşamada öğrenciler problemin ne olduğunu tartışır. İhtiyaçları ortaya koyar.

2-Problemin Araştırılması

Öğrenciler bu aşamada problemin çözümü için gerekli bilgileri tartışır, grup içi bilgi aktarımında bulunur. Kullanılabilecek malzemeler ve bu malzemelerin kullanım amacı ile ilgili beyin fırtınası yürütür.

3-Olası Çözümler Geliştirilmesi

Öğrenciler problemin çözümü için gerekli durumları tartışır, beyin fırtınası yürütür.

4-En İyi Çözümün Seçilmesi

Grup içerisinde en iyi çözüm konusunda karara varılır ve tasarım planlanır. Öğrencilerin tasarımı çizime dökmesi istenir.

5-Prototip Geliştir

Öğrenciler tasarımlarını geliştirir ve son halini verir.

6-Test etme ve Değerlendirme

Bu süreçte gruplar şunlara dikkat etmelidirler:

- ✓ Aracın en kısa sürede en uzun mesafede yol alması,
- ✓ Aracın yalpalamaması.

7-Çözümle İlişkilendirme

Öğrenciler ürünlerinin problemin çözümü için gerekli şartları sağlayıp sağlamadığını yorumlar ve karar verir.

8-Tekrar Tasarlama

Öğrenciler ürünleri üzerinde grup içerisinde karar verdikleri değişiklikleri yaparak; tekrar test eder ve sonuçları değerlendirerek yorumlar.

9-Karar Verme

Öğrenciler ürünlerinin nihai tasarımına karar verir ve bu nihai tasarımın özelliklerini çözümle ilişkilendirerek açıklar.

TASARIM SONRASI:

Yarışma kazananı grup ilan edilir. Her grup tasarımındaki aksaklıkları not eder ve paylaşır.

Öğretmen tarafından aşağıdaki soru yöneltilir:

1-Mühendisler neden uçağın iki kat daha hızlı seyahat edebilmesi için büyük bir motor üretemiyorlar? (Öğrencilere uçağa etki eden dört kuvveti hatırlatılır: ağırlık, kaldırma, itme ve çekme.).

2-Kuşlar sizce itme kuvvetini nasıl oluşturmaktadır?

KAYNAKLAR: Alıştırma Etkinliği Görseli : https://www.bilgiustam.com/sinir-tanimayan-arac-hovercraft/ Problem Durumu metin ve görsel: http://www.kokpit.aero/ilk-ucan-insan

DERS 7: Kuvvet Üzerinde: Sürüklenme
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 1 Ders Saati (40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ: Öğrenciler itme kuvvetine karşı oluşan hava direncini (sürüklenme) açıklar. Uçakların hızını azaltan bu kuvvet için tasarımsal önlemleri tartışır. Sürtünme ve yüzey alanı ilişkisini gözlemler. Bu dersten sonra öğrenciler; <ul style="list-style-type: none">• Sürüklemenin uçaklara etki eden dört ana kuvvetten biri olduğunu açıklar.• Bir nesnenin şeklinin, alanının ve hızının sürüklemeyi nasıl etkilediğini açıklar.• Dört uçuş kuvvetinden hangisinin sürüklenme kuvvetine (itme) karşı olduğunu belirler.• Sürüklemeyi anlamının uçak tasarlayan mühendisler için neden önemli olduğunu açıklar.
MALZEMELER: Her grup için; <ul style="list-style-type: none">• Kağıtlar,• Makas,• Bant,• Kronometre.
ALİŞTİRMA ETKİNLİKLERİ: 1-İki A4 kağıdını alınız. Birini buruşturarak top haline getiriniz. Buruşturduğunuz ve diğer düz A4 kağıdını arkadaşınızla birlikte aynı anda aynı yükseklikten <u>serbest</u> bırakınız. Neler gözlemlediniz? Bu durumu ne ile açıklarsınız? 2-Slayt gösterisi ile öğrencilere bazı araçlar gösterilir (Ek1). Bu araçların hız durumları sorgulanır. Hangileri hızlı, hangileri yavaş hareket etmelidir? Tasarımları önemli midir? Bu taşıtların tasarımında dikkatinizi çeken noktalar nelerdir?

DENEY SÜRECİ:

1-Elinizdeki kağıtlarla eşit miktarda kağıt kullanarak küp, koni ve dikdörtgenler prizması yapınız.

2-Oluşturduğunuz şekilleri aynı yükseklikten aşağı serbest bırakarak düşme süresini hesaplayınız.

3-İkinci aşamayı her şekil için 3er kez tekrarlayarak verilerinizi tabloya kaydediniz.

Cisim	İlk deneme	İkinci deneme	Üçüncü deneme	Ortalama düşüş süresi
Küp				
Koni				
Dikdörtgenler prizması				

4-Aşağıdaki formülleri kullanarak elinizdeki şekillerin yüzey alanlarını hesaplayınız.

$$\text{Küp} = 6 \times a^2 \quad \text{Dikdörtgenler Prizması} = 2 \times (a.b + b.c + a.c) \quad \text{Koni} = \pi \times r \times s + \pi \times r^2$$

5-Düşme süresi ile cisimlerin yüzey alanı arasında bir ilişki var mıdır? Yorumlayınız.

DENEY SONRASI:

Öğretmen uçaklara etki eden itme kuvvetine zıt yönlü ve hızı azaltıcı kuvveti “sürüklenme kuvveti” olarak tanımlar. Bu kuvvetin yüzey alanı ile ilişkisi deney verilerinden yola çıkılarak tartışılır. Uçaklarda sürtünme ile ilgili tasarımsal durumlar tartışılır. Gövdede ve kanatlarda sürüklenme ile ilgili tasarımsal önlemler konuşulur.

1-Uçakta hangi durumlarda sürüklemenin etkisini arttırmak isteriz? (iniş/kalkış/havada hareket)

2-Uçakta hangi durumlarda sürüklemenin etkisini azaltmak isteriz? (iniş/kalkış/havada hareket)

Öğretmen Notu: Öğretmen bu aşamada öğrencilere flaplar ile ilgili bir video da izletebilir. Flaplerin inişlerde (sürüklemeyi arttırmak) ve kalkışlardaki (kaldırma kuvvetini arttırmak) kullanım amacı sorgulanır.

Ek1. Sunum Görselleri

DERS 8: Sanat ve Uçak: Kontrolde misin?
SINIF SEVİYESİ: 8
ÖNERİLEN SÜRE: 2 Ders Saati (40dk+40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
<p>Amaç, öğrencilerin önemli uçak tasarım hususlarını ve mühendislerin başarıya ulaşmak için tasarımlarını nasıl yinelemeleri gerektiğini öğrenmelerini sağlamaktır. Mühendislerin fikirlerini test etmek ve tasarımlarını geliştirmek için nasıl küçük ölçekli model yaptıklarını öğrenirler. Bu etkinlikte öğrenciler, uçak ile ilgili bilgilerini geliştirir; temel uçuş prensiplerini sorgular, daha uzak menzillere uçuş için gerekli önlemleri tartışır ve bilgilerini yapılandırır. Uçakların hareketli kontrol mekanizmalarını öğrenir ve test eder.</p> <p>Bu aktiviteden sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aileron, rudder ve elevator gibi hareketli kısımların uçuş kuvvetlerini nasıl etkilediğini açıklar. • Deneylerde kullanmak için uçağın bir kağıt modelini oluşturur. • Uçuş prensiplerini sorgulamak için geliştirdiği model üzerinden uçuş gözlemlerini kullanır. • Uçuş denemelerinin ortalama mesafesini bulur. • Mühendislerin tasarımları test etmek için genellikle küçük boyutlu yeni ürün modellerini nasıl oluşturduklarını açıklar. • Kağıt uçağın parçalarını gerçek bir uçaktaki parçalarla ilişkilendirir. • Model oluşturmanın tasarım oluşturma sürecinde neden önemli bir adım olduğunu açıklar.
MALZEMELER:
<p>Her grup için;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 adet 8,5 x 11 karton • 3 adet A4 kağıdı • Makas • 3 büyük demir ataç • Kalem • Cetvel ve / veya ölçüm çubuğu • Etkinlik/Senaryo kağıdı <p>Her öğrenci için;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mühendislik Günlüğü
ALIŞTIRMA ETKİNLİKLERİ:
<p>1-Hiç uçak seyahati yaptınız mı? Seyahatiniz sırasında uçağın parçalarının hareketini gözlemlediniz mi?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>2-Bir uçak sağa sola nasıl dönebilir? Nasıl manevra yapabilir?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>3-Öğretmen sınıfa bir uzaktan kumandalı araba getirir ve bu arabayı sağa sola döndürmeyi sağlayan buton ve yapılar incelenir. Uçakta da böyle hareketli yapılar var mıdır?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

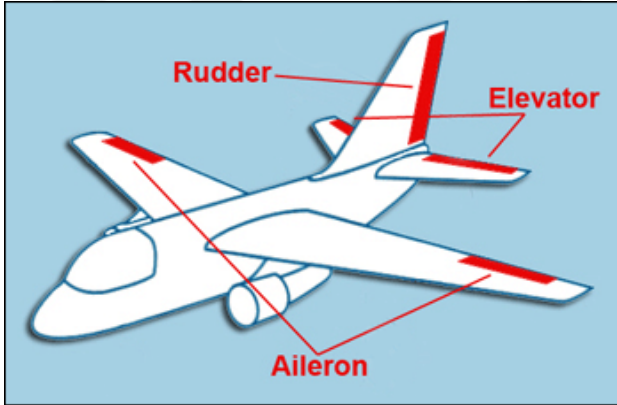
Öğretmen (<https://www.youtube.com/watch?v=XDIg7yVO6zw>) linkli videoyu izletir ve uçak kontrolünü sağlayan hareketli yapıları açıklar. Petit Le Mans Porche Crash izlet.

Aileron(KanatKontrolü):

Uçağın yatış (roll) kontrolünü sağlar. Aileronlar birbirinin tersi yönünde hareket ederler. Vantilatör gibi çalışırlar. Yani kanadın altına hareket eden aileron çarpan hava sayesinde kanadı yukarı kaldırırken, yukarı çıkan aileron ise kanadı aşağıya doğru yönlendirir. Kokpitte bulunan lövyeye yada stick'in sağa - sola hareketi ile kontrol edilirler.

Elevator (Yukarı-Aşağı Kontrol):

Uçağın yukarı aşağı (pitch, yunuslama) kontrolünü sağlar. Elevatorlerin yukarı hareket etmesi ile bu yüzeylere çarpan hava sayesinde uçağın kuyruk kısmı aşağı hareket eder, uçağın burnu ise yukarı hareket eder. Tam ters durumda ise elevatorlerin aşağı hareket etmesi durumunda kuyruk kısmı yukarı, burun kısmı ise aşağı hareket eder. Kokpitte lövyeye ya da stick'in ileri - geri hareketi ile kontrol edilirler.



Rudder(Sağa-SolaYalpalanma):

Uçağın dönüş (yaw) kontrolünü sağlar. Rudder'ın sağa hareketi ile yüzeye çarpan hava sayesinde uçağın kuyruk kısmı sola doğru kayar, burun kısmı ise sağa doğru hareket eder. Rudder'ın sola hareketinde ise uçak kuyruğu sağa doğru kayarken burun kısmı sola doğru hareket eder. Kokpitte rudder pedalları ile kontrol edilirler.

PROBLEM DURUMU:

Yıl 1505...Leonardo Da Vinci, sonunu getirebildiği icatlarından birine uzun uzun baktı. Son dokunuşları yaptıktan sonra mühendislik harikası kağıt uçağını yüksek bir yerden bıraktı. Uçağı, kanatları döne döne uçtukça mutluluk kahkahaları attı. Bugün hangimiz yaptığımız derme çatma uçak uçuğunda sevinç çığlıkları atmıyoruz ki? Bazılarına göre kağıt uçakların tarihi 2000 yıl öncesine, Çinlilere dayanıyor. Ancak, tanıdığımız ve sevdiğimiz modern kağıt uçak, 1930'ların başlarında Lockheed uçak şirketinin kurucu ortağı olan Jack Northrop tarafından tasarlandı. İnsanların havada uçabilme isteği ve merakı kağıt uçaklara ilginin gitgide büyümesine sebep oldu. Öyle ki; 1909' da İngiltere'de kağıt uçak yapmanın inceliklerini anlatan ilk kitap yayımlandı. II. Dünya Savaşı sonrasında uçaklara olan tutku daha da büyüdü. Hatta ilk uluslararası kağıt uçak yarışması 1967'de ABD New York'ta düzenlendi. 28 ülkeden 5 binden fazla kadın ve erkek katıldı. Kağıt uçak zamanla eğlence değil, epey ciddi bir uğraş haline geldi. 2006'dan beri "Paper Wings" adında bir kağıt uçak yarışması düzenleniyor. Şubat 2012'de bu yarışmada uçağını 69,14m uzaklığa atabilen John Collins rekoru elinde

tutuyor. Siz de kendi rekorunuzu kırabilir misiniz? Verilen malzemeleri kullanarak; uzun süre yüksekliği azalmadan havada kalabilen, en uzun mesafeyi gidecek uçağınızı grup arkadaşlarınızla sınıf yarışması için tasarlayınız.

- ✓ Size verilen kağıtlardan sadece birini kullanabilirsiniz.
- ✓ Kullanacağınız malzemeleri en başta seçerek diğer malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz.
- ✓ Maliyet analizi yaparak bütçenizi oluşturmalısınız.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ

1-Problemin Tanımlanması

Bu aşamada öğrenciler problemin ne olduğunu tartışır. İhtiyaçları ortaya koyar.

- ✓ Kağıt uçak yüksekliği azalmadan (irtifa kaybetmeden) uçabilmeli,
- ✓ En uzun menzile ulaşmalı.

2-Problemin Araştırılması

Öğrenciler bu aşamada problemin çözümü için gerekli bilgileri tartışır, grup içi bilgi aktarımında bulunur. Kullanılabilecek malzemeler ve bu malzemelerin kullanım amacı ile ilgili beyin fırtınası yürütür.

3-Olası Çözümler Geliştirilmesi

Öğrenciler problemin çözümü için gerekli durumları tartışır, beyin fırtınası yürütür.

4-En İyi Çözümün Seçilmesi

Grup içerisinde en iyi çözüm konusunda karara varılır ve tasarım planlanır. Öğrencilerin tasarımı çizime dökmesi istenir.

5-Prototip Geliştir

Öğrenciler tasarımlarını geliştirir ve son halini verir.

6-Test etme ve Değerlendirme

Bu süreçte gruplar şunlara dikkat etmelidirler:

- ✓ Kısa sürede uzun menzil gidebilecek,
- ✓ Uzun süre yüksekliği azalmadan (irtifa kaybetmeden) uçabilecek.

7-Çözümle İlişkilendirme

Öğrenciler ürünlerinin problemin çözümü için gerekli şartları sağlayıp sağlamadığını yorumlar ve karar verir.

8-Tekrar Tasarlama

Öğrenciler ürünleri üzerinde grup içerisinde karar verdikleri değişiklikleri yaparak; tekrar test eder ve sonuçları değerlendirerek yorumlar.

9-Karar Verme

Öğrenciler ürünlerinin nihai tasarımına karar verir ve bu nihai tasarımın özelliklerini çözümle ilişkilendirerek açıklar.

REHBER SORULAR :

- 3- Uçağınızın daha uzun mesafe uçabilmesi için hangi önlemleri alırsınız?
- 4- En iyi uçuş süresini veren tasarımın özellikleri nelerdir? Hangi özellikleri daha iyi uçuş süresi oluşturmasını sağlamıştır?
- 5- Uçağınızın üzerinde hangi kuvvetler bulunmaktadır?
- 6- Daha iyi bir uçuş için hangi kuvvetleri arttırmak/azaltmak gerekir?

KAYNAKLAR :

<https://howthingsfly.si.edu/ask-an-explainer/who-created-paper-airplane-0>
<http://www.ucakteknisyeni.com/havacilik/temel-havacilik/216-hareketli-ana-kumanda-yuzeyleri.html>

Alternatif etkinlik : <https://www.youtube.com/watch?v=JQp63iUYSgU>

DERS 9 : Ünite Ana Tasarımı/Hayal Et/Tasarla “Haydi Hezarfen”
SINIF SEVİYESİ : 8
ÖNERİLEN SÜRE : 2 Ders Saati (40dk+40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
<p>Öğrenciler bir mühendislik problemine yönelik tasarım çözümü geliştirirler. Uçuşla ilgili önbilgilerini kullanarak bir uçak tasarlarlar, test eder ve geliştirirler. Mühendislik tasarım sürecini uygularlar.</p> <p>Bu aktiviteden sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bir uçağın kanat tasarımı ile yükselme miktarı arasında ilişki kurarlar. • Uçağın yükselmesi ve uzun menzile ulaşabilmesi için gerekli tasarımsal önlemleri alırlar (dış bükey kanat tasarımı, hafif malzeme kullanımı, kanatçık kullanımı vb.). • Bir prototip geliştirir, test eder ve amaca yönelik tekrarlı dizayn süreci yürüterek mühendislik sürecini deneyimlerler. • Tasarımlarını yorumlar, sunar ve güçlü/zayıf yönlerini tartışır. Diğer tasarımların güçlü/zayıf yönlerini eleştirir.
MALZEMELER:
<p>Her grup için;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 adet strafor tabak • A4 kağıdı • Balsa çita • Renkli şeffaf poşet • Kalem • Cetvel ve / veya ölçüm çubuğu • Plastik şişe • Tel • Paket lastiği • Tutkal • Bant • Makas • Maket bıçağı • Kürdan • Pipet <p>Her öğrenci için;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mühendislik Günlüğü
ÜNİTE ANA TASARIMI PROBLEM DURUMU:
<p>Orville Wright, 1940'larda Uçak Motoru Araştırma Laboratuvarı'nın sürdürülebilirliğini kontrol için Cleveland'a gittiğinde, uçağının ilk modelinden İkinci Dünya Savaşı'nda savaşan kanatlı makinelerle ilerlemesine tanık oldu. Günümüzde NASA Glenn Araştırma Merkezi olarak bilinen laboratuvar, Wright'ın asla hayal edemeyeceği alternatif uçak tasarımları geliştirmek için çalışan mühendis ve bilim adamlarına sahip. Enerji tüketimini ve gürültüyü azaltacak, minimal ve estetik görünüme sahip, daha hızlı ve dengeli seyahat edebilecek, güvenlik donanımları geliştirilmiş uçak tasarımları için çalışan mühendisler havacılık teknolojisine yön vermektedir. Ülkemizde de Türk Hava Kurumu tarafından teknolojideki gelişmeleri takip eden, alternatif uçak tasarımları yapılmaktadır.</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=Y1gAusOW-RU&t=480shttps://www.youtube.com/watch?v=GlzIVy--saAvideoları izletilir. Türk Hava Kurumu tarafından dünya havacılık teknolojisi ile yarışacak milli bir uçak geliştirmek üzere bir proje yarışması düzenlendiğini duydunuz. Ekibinizle uçaklar üzerine kazandığınız bilgi ve deneyim doğrultusunda bu yarışmaya katılmaya karar</p>

verdiniz. Yarışmada tüm ekipler önerdiği tasarımın prototiplerini test edecek ve tanıtacaktır. En iyi uçak tasarımını gerçekleştiren ekip Türk Hava Kurumu adına “Milli Teknoloji Hamlesi” projesine dahil olacak, Hezarfen Rozeti kazanacak ve ülke adına uçak tasarlayacaktır.

- Ekibinizle birlikte uçağınızın sahip olması gereken uçuş özelliklerini ve tasarımsal çözümlerini tartışınız.
- Bütçenize ve ihtiyaç duyduğunuz özelliklere göre malzemelerinizi seçiniz.
- Uçağınızın öne çıkarmak istediğiniz özelliklerini listeleterek tasarımınızı gerçekleştiriniz.
- Tasarımınızı belirlediğiniz özellikler bakımından bir sonraki derste proje kurulu önünde test etmelisiniz ve proje kurulunu ikna etmelisiniz.

MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ

1-Problemin Tanımlanması

Bu aşamada öğrenciler problemin ne olduğunu tartışır. İhtiyaçları ortaya koyar.

2-Problemin Araştırılması

Öğrenciler bu aşamada problemin çözümü için gerekli bilgileri tartışır, grup içi bilgi aktarımında bulunur. Kullanılabilecek malzemeler ve bu malzemelerin kullanım amacı ile ilgili beyin fırtınası yürütür.

3-Olası Çözümler Geliştirilmesi

Öğrenciler problemin çözümü için gerekli durumları tartışır, beyin fırtınası yürütür.

4-En İyi Çözümün Seçilmesi

Grup içerisinde en iyi çözüm konusunda karara varılır ve tasarım planlanır. Öğrencilerin tasarımı çizime dökmesi istenir.

5-Prototip Geliştir

Öğrenciler tasarımlarını geliştirir ve son halini verir.

6-Test etme ve Değerlendirme

Bu süreçte gruplar şunlara dikkat etmelidirler:

- ✓ Uzun süre yüksekliği azalmadan (irtifa kaybetmeden) uçabilecek.
- ✓ Yenilikçi bir tasarıma sahip olacak.

7-Çözümle İlişkilendirme

Öğrenciler ürünlerinin problemin çözümü için gerekli şartları sağlayıp sağlamadığını yorumlar ve karar verir.

8-Tekrar Tasarlama

Öğrenciler ürünleri üzerinde grup içerisinde karar verdikleri değişiklikleri yaparak; tekrar test eder ve sonuçları değerlendirerek yorumlar.

9-Karar Verme

Öğrenciler ürünlerinin nihai tasarımına karar verir ve bu nihai tasarımın özelliklerini çözümlerle ilişkilendirerek açıklar.

REHBER SORULAR:

Proje değerlendirme kuruluna tasarımınızı anlatırken şu alt başlıklara dikkat ediniz:

- Tasarım sürecinizde hangi basamakları uyguladınız? Hangi aşamalardan geçtiniz?
- Tasarımınızı farklı ve değerli yapan özellikler nelerdir?
- Neden sizin tasarımınıza ihtiyaç var?
- Tasarımınızda kullandığınız malzemelerin işlevleri nelerdir?
- Tasarımınıza hangi uçuş kuvvet ve prensiplerinizi nasıl yansıttınız?

Tasarımınızı geliştirirken bu soruları cevaplayacağınızı unutmayınız!

DERS 10 : Test Et/Raporla “Haydi Hazerfen”
SINIF SEVİYESİ : 8
ÖNERİLEN SÜRE : 1 Ders Saati (40dk)
DERS İÇERİĞİ VE AMAÇ:
<p>Öğrenciler bir mühendislik problemine yönelik geliştirdikleri tasarım çözümünü test eder, tekrar tasarlar ve nihai halini raporlar. Öğrenciler girişimcilik sürecini deneyimler. Tasarladıkları ürünü bir değerlendirici kurul (sınıf) önünde savunur, güçlü ve zayıf yanlarını tartışır.</p> <p>Bu aktiviteden sonra öğrenciler şunları yapabilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none">• Maliyet hesabı, reklam yolları, slogan üretimi gibi girişimcilik süreçlerini öğrenir.• Tasarımlarını yorumlar, sunar ve güçlü/zayıf yönlerini tartışır. Diğer tasarımların güçlü/zayıf yönlerini eleştirir.• Ürünü yenilikçi bir fikir olarak sunar.
SUNUM PROTOKOLÜ:
<p>Tasarımınızı test ettikten ve nihai halini verdikten sonra tasarımınızı sınıf içerisinde sununuz. Sunum sırasında şunlara dikkat ediniz:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sunumunuzu karton, mukavva, slayt vb. yollarla gerçekleştirebilirsiniz.• Tasarımınızın güçlü ve zayıf yönlerini sunumunuzda tartışın.• Tasarımınızı gerçekleştirirken hangi malzemeleri ne amaçla kullandığınızı belirtin.• Tasarım sonucunda maliyet analizinizi raporlayınız.• Tasarımınızda karşılaşılabilecek beklenen muhtemel riskleri listeleyiniz.• Tasarımınızın diğer ürün ya da hizmetlerden farkını detaylandırınız.
DERS SÜRECİ:
<ul style="list-style-type: none">• Tüm gruplara bir önceki dersteki tasarımlarının sunumlarını hazırlamaları için zaman verilir.• Her grup 10dk.’lık bir sunum hazırlar ve sunar.• Her sunum sonrasında 5dk. Soru-cevap etkinliği gerçekleştirilir.• Her öğrencinin her grup için “akran ürün değerlendirme formu” nu doldurması istenir.• Süreç tamamlanır. En fazla puanı alan grup Hezarfen Rozeti alır.

B

ÖĞRENCİ MÜHENDİSLİK GÜNLÜĞÜ



AD:

SOYAD:

SINIF SEVİYESİ:

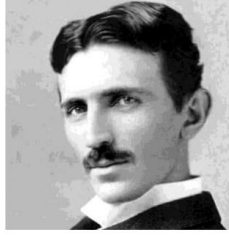
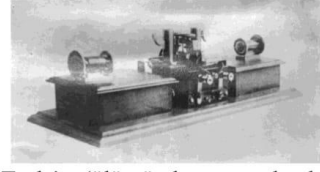
MÜHENDİSLİK GÜNLÜĞÜNÜZLE İLGİLİ BİLMENİZ GEREKENLER

1. Defterinizin ön tarafına, defterinizin kaybolması durumunda size geri dönebilmesi için gereken ad ve soy ad bilgilerini giriniz.
2. Tüm yazılarınızı mürekkepli kalemle yapınız.
3. Günlüğünüzün okunaklı olmasına özen gösteriniz.
 - a. Her şeyi olduğu gibi sadık bir şekilde kaydedememe pahasına temizliğe takılmayın.
 - b. Sayfalardaki notları sıkıştırmayın.
4. İşinizi yaparken girişlerinizi de yapmaya özen gösterin.
 - a. Olumlu ya da olumsuz olan tüm sonuçları ve öğrenilen bilgileri dahil edin.
 - b. Giriş sırasında tam olarak anlamamış olsanız bile tüm bilgileri ekleyin. Anlamadığınız durumları da ifade etmekten kaçınmayın.
5. Hata yaparsanız, bunları bir X veya tek bir çizgiyle çizmeniz yeterlidir.
6. Hiçbir şeyi silmeyin.
7. Defterinizden asla sayfa yırtmayın.
8. Tüm veriler, yeniden hesaplama veya dönüşümden sonra değil, orijinal formlarında (hesaplamalar, çizelgeler, resimler, karalama kağıda çizilen resimler vb.) olmalıdır.
9. Kaba çizimler, taslaklar doğrudan defterde yapılmalıdır.
10. Etkinlik sonunda aldığınız notların bir köşesinde imza bölümü oluşturun, imzalayın ve tarihlendirin.
11. Tasarımla ilgili kaydettiğiniz bilgilere tanık oluşturun ve tanığın ad-soy ad-imza-tarihini kaydedin.
 - a. Tanığın, girişi anlayabilmesi için teknik yeteneğe sahip olması gerekir.
 - b. İşe periyodik olarak şahitlik edilebilir.
12. Hiçbir sayfa atlanmamalıdır. Bu, çalışmanızın kronolojik bir kayıttır.

FİKİRLERİNİ KAYDET!

Bazen bir mühendis bir problemi çözmek için benzersiz veya etkili bir yol keşfedebilir ve bu fikri çalınmaktan korumak için fikir sahibi olarak anılmak isteyebilir, bu durumda mühendis veya mucit tasarım fikrini korumak için bir patent başvurusunda bulunmak zorundadır. Patent başvurusunda bulunurken fikirle ilgili tüm deneylerini, kayıtlarını, karalamalarını belgelendirmesi gerekir.

Bir mühendislik defterinde bir tasarım fikrini dikkatle belgelemenin önemini gösteren tarihteki en iyi örneklerden biri Nikola Tesla ve bugün radyo ile ilgili bildiklerimizdir. Birçok kişi yanlış bir şekilde Guglielmo Marconi'yi radyoyu icat eden kişi olarak bilmekteydi. 1943 tarihli bir ABD Yüksek Mahkemesi kararı, Marconi'yi 1905 patentinden çıkardı ve Tesla'yı (ölümünden sonra da olsa) 1893'teki belgeleri ve karalamaları nedeniyle mucit ilan etti. Bazıları, 1898'de patent başvurusu konusundaki tartışmaların sebebinin, Edison'un aksine Tesla'nın tasarım fikirlerini



belgeleme konusunda titiz olmadığı sebebiyle gerçekleştiğine inanıyor. Tesla'nın, tam olarak test edilmediğinden veya dikkatlice belgelenmediğinden, pazarlanamayan birçok fikri vardır. Patent süreci, mühendisin veya mucitin fikrinin yasal dokümantasyonunu gerektirir ve mühendisin notu, patent başvurusunda bulunurken gereken önemli yasal belgelerden biridir. Siz de her türlü notunuzu

bir mühendis olarak bu deftere kaydediniz.

DERS 1: MÜHENDİSLİĞE İLK ADIM

Haydi fikrini söyle!

1-Bir mühendis ne iş yapar?

2-Etrafınızda bir mühendis tarafından çözülebilecek problemler nelerdir?

3-İnsanlar problemleri nasıl çözer?

4-Toplumda problemleri çözmek için mühendisliği nasıl kullanabiliriz?

5-Teknoloji nedir? Mühendislik ile teknoloji ilişkisi nasıldır?

Etkinlik: Anlat Bakalım

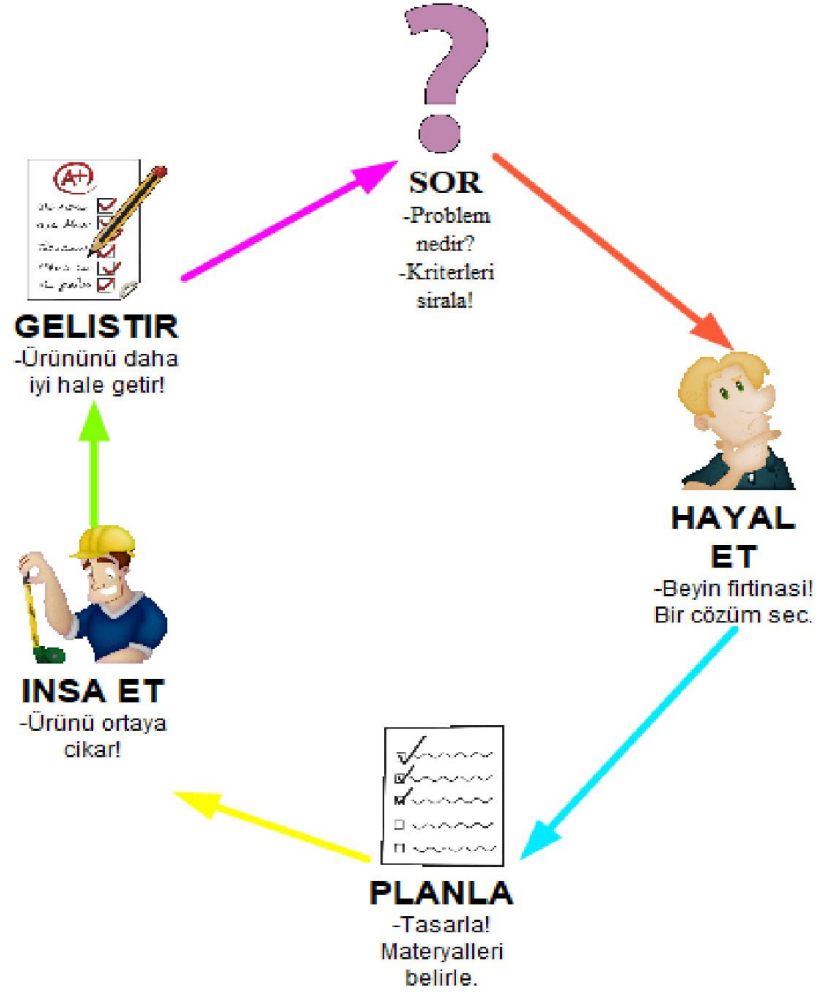
“En son ları amacıyla inşa ettim/birleştirdim.”

“En son problemini çözmek içinyaptım.”

Etkinlik: Mühendislik Sürecindeki İlkelerimizi Oluşturalım

Mühendislik Süreç İlkeleri

Mühendislik Süreç Döngüsü



DERS 2: UÇMAYA İLK ADIM
Dengede Olmak mı, Olmamak mı?

Kuşları hayranlıkla izleyen ilk insanlar, bu yeteneğin kuşlar ve tanrılara ait olduğuna inanırdı. Gökteki güneş, ay ve yıldızları kutsal varlık saydılar. Sümer efsanelerinde tanrıların göklerde yaşadığı anlatılır. Efsanelerde kutsal varlıklar kanatlı olarak tanımlanır. Efsaneler nedeniyle bazı insanlar kanat yaparak uçmaya çalıştı. Uçtuğuna inanılan mucit efsanesi çoktur. Yunan efsanesinde Icarus, Girit'te tutsaktır. Kuş tüylerini balmumu ile yapıştırarak kanat yapan babasıyla uçarak adadan kaçarlar. Icarus güneşe yaklaşıncı balmumu erir ve düşüp ölür. Hint mitolojisinde mükemmel insan Rama'nın uçan bir atlı arabası vardır. Çin'de İmparator Shun'un şapkayı paraşüt gibi kullanıp uçtuğu ve Won Hu'nun da koltuğa havai fişek bağlayıp uçtuğu anlatılır. Leonardo da Vinci'nin çizimlerinde kanat ve helikopter vardır. Evliya Çelebi, Hezarfen A. Çelebi'nin kanatlarla Galata Kulesi'nden atlayıp Üsküdar'a uçtuğunu yazar. Hepsinin tek bir hayali vardı, şu an için mümkün ama o zaman için imkansız görülen: "UÇMAK". O zamanlar bir bilinmez olan o soru; "NASIL UÇABİLİRİZ?"

İnsanlar merak ettikleri bu soru üzerinde geçmişten günümüze dek düşünmeyi sürdürmüştür. Bu problemin, göklere çıkma merakının sonucu olarak birçok teknolojik alet geliştirilmiştir. Örnek verebilir misiniz?

İnsanlar ilk kez balonla uçtu. Ardından zeplinler, planörler ve şimdi son teknoloji uçaklarla istediğimiz her yere seyahat edebiliyoruz. PEKİ YA NASIL? UÇAKLAR NASIL UÇAR?

Etkinlik: Denge mi? Değil mi?

Malzemeler:

Her grup için;

- Tahta takoz
- 2 adet dinamometre

Aşağıdaki kuvvet durumları ile takozun iki ucundan dinamometreleri çekiniz ve sonuçlarınızı kaydediniz.

Kuvvet yönü	Büyüküğü	Kuvvet yönü	Büyüküğü	Hareket yönü
Batı	6N	Doğu	6N	
Batı	5N	Doğu	8N	
Kuzey	5N	Güney	3N	
Kuzey	8N	Güney	8N	

Bulgularım:

PEKİŞTİRELİM: UÇAĞIN KUVVETLERİ

1-Uçağın kalkıőı sırasındaki kuvvet durumlarını çizerek modelleyiniz.



2-Uçağın havada sabit süratle ilerlemesi sırasındaki kuvvet durumlarını çizerek modelleyiniz.



3-Uçağın iniőı sırasındaki kuvvet durumlarını çizerek modelleyiniz.



PEKİŞTİRELİM: KUŞLARI GÖZLEYELİM

Siz de kuşların uçuş sırasındaki davranış ve fiziksel değişikliklerini inceleyerek gözlemlerinizi mühendislik defterinize not ediniz.

Kuşlar uçmaya hazırlanırken; _____

Kuşlar yükselirken; _____

Kuşlar uçarken; _____

Kuşlar alçalırken; _____

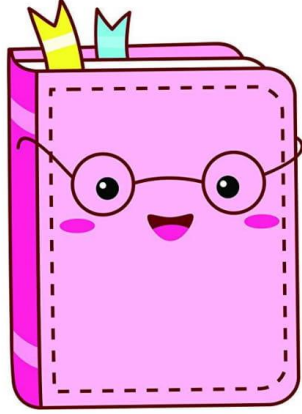
Aşağıda verilen konumları uçuşa hazırlanmadan inişe doğru numaralandırarak sıralayınız ve açıklayınız.



Gözlem Sonuçlarım:

Kuşların farklı konumlarında kanat ve gövde hareketleri ile ilgili ne gibi değişiklikler gözlemlediniz?

Kuşların farklı konumlardaki farklı hareket biçimlerini uçuş prensipleri ile ilişkilendirerek açıklayınız.



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 3: Hız Nereye, Yön Oraya!

HAZIRLANALIM: SENCE NASIL? NEDEN?

1-Yumurta Deneyi: Öğretmeninizin yaptığı deneyi dikkatle izleyiniz.

a-Yumurta ilk durumda neden şişenin içerisine girmedi?

b-İkinci durumda yumurtanın şişenin içerisine girme nedeni ne olabilir?

.....

.....

2-Süpürgeler tozu kiri nasıl içeri çeker?

.....

.....

3-Bir meyve suyu kutusundan pipetle meyve suyunu içtiğinizde bir süre sonra kutunun içe doğru büküldüğüne şahit oldunuz mu? Sizce bunun sebebi nedir?

.....

.....

ŞİMDİ DENEYELİM: KAĞIDA NE OLDU?

Deney 1) Bir kağıt parçasını (uzunlamasına) ikiye katlayınız ve bir kağıt çadırı yapınız. Çadırın içerisine pipetle üfleyiniz.

Deney 2) İki balonu şişirin, bağlayın ve ardından her birine bir ip takın. İpleri bir yere sabitleyiniz ya da iki arkadaşınızın tutmasını sağlayınız. Aralarında bir miktar mesafe olmasına dikkat ediniz. İlgili çalışma sayfası sorularını cevaplamaları ve sonuçları tartışmalarını sağlanır.

Bir sonraki sayfada gözlemlerini not eder misin? Senin için bazı sorularımız var.

KAĞIDA NE OLDU?

1. Ters V şeklindeki kağıdı üflediğimde, hava hızı kağıdın (içinde / dışında) üzerinde daha büyük olacaktır.

Çünkü;

2. Kağıdın duvarlarını üçgenin içinden havaya üflediğimde (içeri / dışarı / yukarı) hareket edeceğini varsayıyorum.

Çünkü;

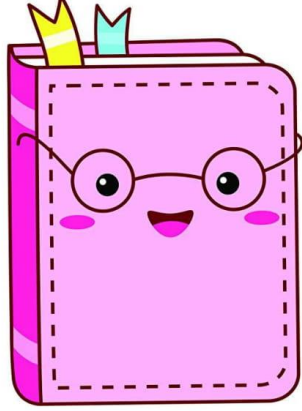
3. Havanın bir yüzey üzerinde daha hızlı hareket etmesi üzerine yüzeye uygulanan basınç (artar / azalır).

Çünkü;

4- Aralarından havaya üflendiğinde balonlar hangi yöne hareket eder? Oklarla çizerek gösteriniz.



Çünkü;



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 4: KUVVET ÜZERİNDE: KALDIRMA

HAZIRLANALIM: SENCE NASIL? NEDEN?

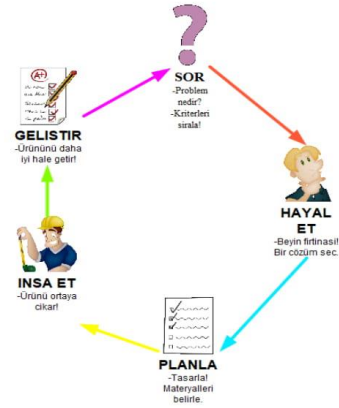


1- Fırtınada neden ilk önce çatılar uçar?

2- Videoda izlediğiniz sunucunun başına gelen olayı hiç deneyimlediniz mi? Rüzgarlı havalarda şemsiyelerimiz neden ters döner?



TASARLAMAYA İLK ADIM: KANATLANALIM



PROBLEM DURUMU ?

Mühendisler gerçek, tam boyutlu bir ürünü inşa etmeden önce tasarımlarının modellerini oluşturur. Bu öncü bir tasarım oluşturma yöntemi havacılığın öncü isimleri tarafından da kullanılırdı. İlk tasarımcılar sadece uçan makineler inşa ederek ve içlerinde insan taşıyarak işe koyulmuyordu, bu çok tehlikeli olurdu. Bu ilk mucitler ve mühendisler uçuş modellerinin uçuş yeteneklerini ve değişkenlerini incelemek için model uçurtmalar, planörler veya kanatlar inşa ediyordu. Uçağın mucidi olarak bilinen Wilbur ve Orville Wright Kardeşler de nihai uçak modellerinden önce daha küçük bir ölçekte tasarımlar oluşturdular. Tasarımın ne kadar yükseleceğini ve ne kadar ağırlık taşıyabileceğini görmek için kanat şekilleri ve büyüklükleri ile oynadılar. Tekrarlı düzenledikleri bu testler sonucunda edindikleri bilgileri ise nihai tasarımlarına aktardılar. Kardeşler mükemmelle ulaşana kadar birçok deney yapmıştır.

Bugün, uzun bir mesafeye seyahat edebilen veya uzun süre havada kalabilecek uçak tasarlayan mühendisler gibi davranacağız. Bu uçağımızı tasarlamadan önce üzerinde deneyler yapacağımız ve uçuş testleri gerçekleştireceğimiz kanat tasarımları yapacağız. Uçağı taşıyacak ve daha yükseklere çıkaracak bir kanadın taşıyacağı özellikler neler olmalıdır? Bunu dört uçuş kuvveti hakkında öğrendiklerinizden yola çıkarak açıklamaya çalışınız.

(Gerekirse, sınıfta uçaklara etki eden dört kuvveti gözden geçirin - kaldırma, ağırlık, itme ve çekme. Öğrencilerin kanadın hafif olması dolayısıyla ağırlığının az, kaldırma kuvvetinin çok olması gerekliliği bilgisine sınıf içi tartışma ile ulaşınız. Sonrasında tasarım kriterlerini öğrencilerle birlikte aşağıdaki gibi belirleyiniz:

- Kanat ağırlığı en az olmalı,
- Uçuş sırasında en fazla kaldırma kuvvetine sahip olmalıdır.)

İki adet kanat profili seçiniz ve bu profillerinizi strafor kesici ile şekillendiriniz.

Vantilatör ile yapay bir rüzgar ortamı oluşturunuz ve rüzgar öncesi-sonrası ölçümler yapınız. Ölçümleriniz sonucunda bir uçakta kullanılabilecek en uygun kanat profiline karar veriniz.

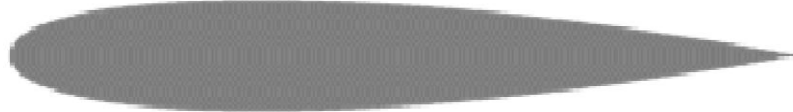
Örnek kanat profilleri



Dış bükey



İç bükey



Simetrik

Siz de istediğiniz bir kanat profilini aşağıda tasarlayıp şekillendirebilirsiniz.

Mühendislik Günlüğüm

KANATLANALIM

Bir mühendis olarak aşağıdaki adımları titizlikle uygulayarak mühendislik tasarım sürecini yürütünüz. Unutmayın ki; günlüğünüz süreçteki tüm fikirlerinizi yansıtmalıdır.

Bu mühendislik uygulamasında problemi ve istenen ürünün taşıması gereken özellikleri açıkça tanımlayınız.



Başarı Kriterleri	Kısıtlamalar

Bu mühendislik uygulamasında hangi fen kavram ve bilgilerini kullanacağınızı, hangi malzemelerden ve ne amaçla yararlanacağınızı bu bölümde açıklayınız.



ADIM 2: ARAŞTIR

Tasarımsal çözümlerinizi listeleyin.



ADIM 3: OLASI
ÇÖZÜMLER GELİŞTİR

En iyi çözüm fikrinizi seçin ve planlayın.Çözüm fikrinizi bu bölümde açıklayarak çiziniz. En iyi çözüme nasıl karar verdiğinizi açıklayınız.



**ADIM 4: EN İYİ ÇÖZÜMÜ
PLANLA**

Çözüm fikrinizi seçtiğiniz malzemeleri kullanarak geliştirin. Prototipi geliştirme sürecinizdeki aşamaları ve karşılaştığınız olumlu/olumsuz durumları not edin.



**ADIM 5: PROTOTIP
GELİŞTİR**

Tasarımınızı test edin. Sonuçlarınızı değerlendirin.



**ADIM 6: TEST ETVE
DEĞERLENDİR**

Test sonuçlarınızla tasarım çözümünü ilişkilendiriniz. Ürününüz tasarım çözümünü ne düzeyde karşılamaktadır? Açıklayınız.



**ADIM 7: ÇÖZÜMLE
İLİŞKİLENDİR**

Tasarımınızdaki aksaklıkları kaydedin ve daha etkili olabileceğini düşündüğünüz tasarımınızı çizin.



**ADIM 8: TEKRAR
TASARLA**

Tasarımınızın son haline karar veriniz. Son tasarım ürününüzün özelliklerini ve gerekçelerinizi açıklayınız. Tasarım çözümünüzü sununuz.



ADIM 9: KARAR VER

Mühendislik tasarım sürecini tamamladınız. Şimdi bir sonraki sayfada yer alan soruları yanıtlayınız.

"KANAT TASARLAYALIM" ÇALIŞMA KAĞIDI

Denemek istediğiniz iki kanat tipini aşağıya çiziniz.

--	--

Bu özel kanat şekillerini neden seçtiğinizi bir veya iki cümle ile açıklayınız.

.....

.....

1- Strafor kesiciyi kullanarak iki farklı kanat profilini çıkarınız.

2- Tahta takozların arasına tellerle tutturduğunuz profillerin ağırlığını ölçünüz.

3- Vantilatörü açarak bir hava akımı oluşturunuz ve ölçümünüzü tekrarlayarak tabloya kaydediniz.

Kanat Tasarımı	Vantilatör açılmadan önce		Vantilatör açıldıktan sonra		Ölçüm 1-Ölçüm 2
	Ölçüm 1		Ölçüm 2		
	Kütle (g)	Ağırlık (N)	Kütle (g)	Ağırlık (N)	
Kanat 1					
Kanat 2					

4-İki ölçümünüz arasında fark oluştu mu? Vantilatör açıldıktan sonra neler gözlemlediniz? Açıklayınız.

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

5-İki ölçüm arasındaki fark neden oluşmuş olabilir? Bu fark uçuş kuvvetlerinden hangisi olarak adlandırılır? Grup üyelerinizle tartışarak açıklayınız.

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

6-Hangi kanat profilinde iki ölçümünüz arasındaki fark en fazla oldu? Neden?

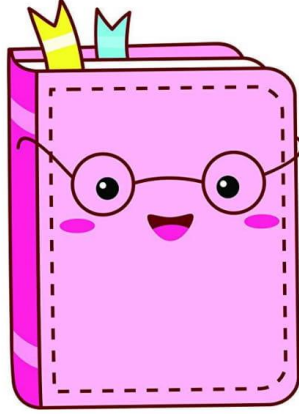
.....
.....
.....
.....

7-Bir uçak mühendisi olsaydınız, nihai tasarımınızda hangi tip kanat profilini kullanmayı tercih ederdingiz? Neden? Açıklayınız.

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

8-Diğer grupların verilerini de öğretmeniniz ve sınıfınızın yardımıyla inceleyiniz. Tüm bulguları değerlendirerek size verilen üç kanat şablonundan hangisinin uçuş özelliklerinin daha iyi olduğunu açıklayınız.

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



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.

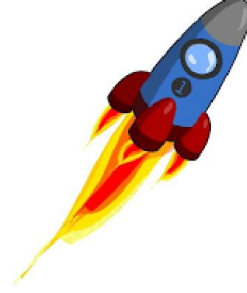


Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler!!!

DERS 5: KUVVET ÜZERİNDE: AĞIRLIK

HAZIRLANALIM: SENCE NASIL? NEDEN?

1-Roketler nasıl hızlı uçar?



2-Uçaklar çelikten mi yapılmıştır?



DENEYELİM ÖĞRENELİM



1- Dört ataç ve iki lastik bant kullanarak, iki kitabın her birine bir lastik bant / ataç takın.

2- Dik açılı bir kanca yapmak için her ataşın serbest ucunu bükün. Her kancayı kitabın omurgasına yerleştirin veya kancalı ataç dış kitabın ucuna takmak için paket lastiği kullanın. Amaç lastik bantların kitapları birbirine doğru çekmesini sağlamaktır.

3- Cetveli kitapların önüne yerleştirin.

4- Kitapları bir kaç santim uzağa doğru çekin birbirinden uzaklaştıracak şekilde çekin. Her kitabın iç kenarlarına karşılık gelen cetvel üzerindeki sayıları okuyun. Öğrencilere bu numarayı çalışma sayfalarına kaydetmelerini sağlayın.

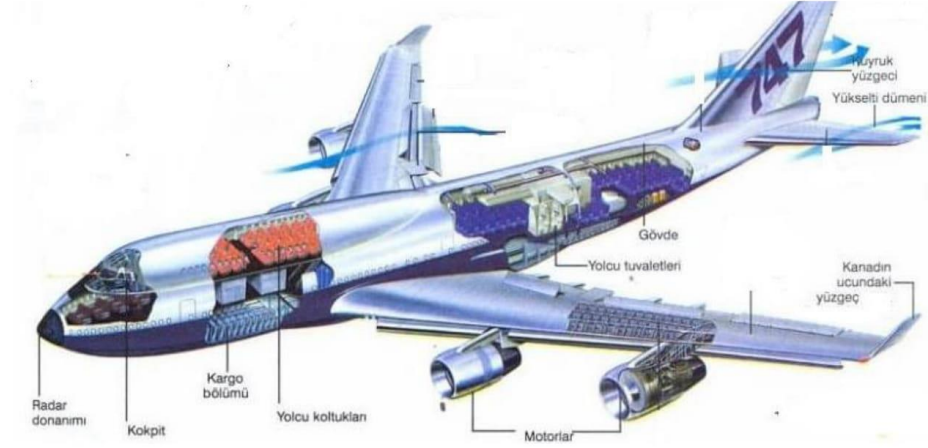
5- Şimdi kitapları bırakın. Aynı mesafeyi birbirlerine doğru hareket etmelerini bekleyin.

6- Dördüncü ve beşinci adımı üç kez tekrarlayın ve sonuçları kaydedin.

7- Tüm adımları bir kitaba karşılık iki kitap yerleştirerek tekrarlayın ve sonuçları kaydedin.

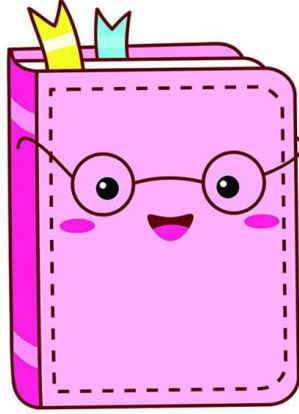
Uçaklarda ağırlıkla ilgili nasıl önlemler alınmaktadır?

Uçak Bölümleri



Uçak üzerinde ağırlıkla ilgili alacağınız önlemleri aşağıya listeleyiniz.

Uçak Bölümü	Tasarım önlemi



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 6: KUVVET ÜZERİNDE: İTME

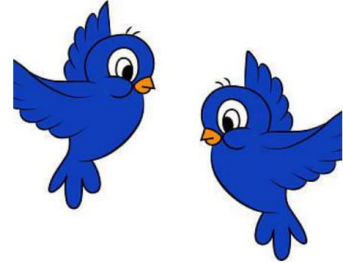
HAZIRLANALIM: SENCE NASIL? NEDEN?

1-Bir balonu şişiriniz ve arkadaşlarınızla aynı anda serbest bırakınız. Neler gözlemlediniz? Balonun hareket yönü nasıldı? Sizce neden?



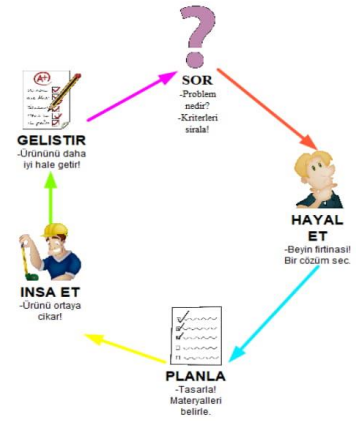
2-Hiç "Hovercraft(Hava Yastıklı Tekne)" gördünüz mü? Bu tekneler sizce nasıl hareket ediyor?

3-Kuşlar, kanat çırpmalarını sağlayan kuvvetli göğüs kaslarına sahiptir. Kanatların bu hareketi ile uçuşta hangi kuvveti ve nasıl etkinleştiriyor olabilirler?

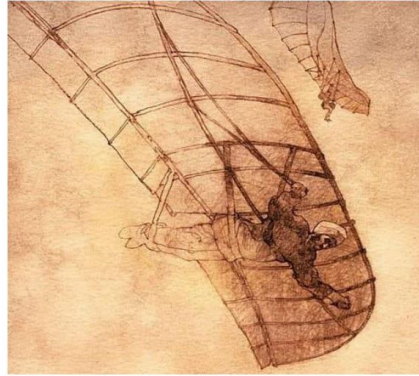


4-Bir kaykay üzerinde hızla hareket ederken elinizdeki basketbol topunu ileriye doğru fırlattığınızı düşünün. Siz ve kaykay ne tarafa hareket edersiniz?

TASARLAMAYI DENEYİMLİYORUM: PLANÖR YAPALIM



İbni Firnas 875 yılında tüy ve kumaş gibi malzemeleri kullanarak ilk uçuş aletini bir planör gibi tasarladı ve onunla uçmayı denedi. İki kanatlı olan bu uçuş aracı ile Kurtuba yakınındaki bir tepeden uçmayı başardı. Aracına kuyruk yapmayı düşünmediğinden yere çakılmış ve yaralı olarak kurtulmuştur.



Böylelikle Avrupalı bilim adamları tarafından da günümüzde kullanılan uçuş araçlarının temeli atılmış olmaktadır. Bundan iki yüz yıl sonrasında ise İsmâil Hammâd Cevherî yaptığı bir uçuş makinesi ile Nişabur eski camisinin minaresinden atlayarak uçuş denemesi gerçekleştirse de bir süre süzöldükten sonra yere çakılmış ve yaşamını yitirmiştir. Bu uçuş Hezarfen Ahmed Çelebi'ye de esin kaynağı olmuştur. 17. Yüzyılın başlarına geldiğinde karşımıza uçuş sevdalısı Hezarfen Ahmed Çelebi çıkmaktadır. Evliya Çelebi'ye göre, Hezârfen Ahmed Çelebi 1632 yılında Iodoslu bir havada Galata Kulesi'nden kuş kanatlarına benzer bir araç takıp kendini boşluğa bıraktı ve uçarak İstanbul Boğazı'nı geçip 3558 m. ötede Üsküdar'da indi. Uçuşu sırasında Hezârfen Ahmed Çelebi rüzgarın gücünden ve yerçekiminden yararlandı.

Wright kardeşler de ilk uçuş denemelerini bu yöntemle planörler kullanarak gerçekleştirdi. Yüksek tepelerden yerçekimi ve havanın gücünden yararlanarak süzöldüler. Yine Wright Kardeşlerin ilk motorlu uçakları geliştirmesi ile birlikte planör çalışmalarına uzunca süre ara verildi. Motorlar uçaklar için itme kuvveti oluşturur ve uçağın hızlanmasını sağlar. Birkaç farklı uçak motoru tipi; pervane, jet ve roket. Bir uçağı

itecek gücü bulmak, ilk uçaklar inşa edildiğinden beri zor olmuştur. Mühendisler sürekli olarak daha güvenilir ve ağırlıkları ile daha fazla güven veren motorlar geliştirmek için sürekli çalışırlar. Turbojet ve turbofan motorları, günümüzde en çok kullanılan uçak motorlarıdır, ancak itiş gücündeki bir sonraki yeniliğin ne olacağını yalnızca hayal edebiliriz - bunu zaman gösterecek! Belki dünyadaki uçaklarda kullanılacak bir sonraki motoru sizler üreteceksiniz. O halde işe daha basitten başlayarak koyulmalısınız. Uçakların havanın itme kuvvetinden nasıl yararlanarak hızlandığını görebilmek için havanın itme kuvveti ile çalışan bir planör tasarlayınız. Bu mühendislik ürününüzle gruplar arası yarışmaya katılacaksınız. Unutmayın:

- Aracınız olabilecek maksimum hızda gitmeli,
- Kısa sürede uzun yol almalı,
- En öne geçebilmek için sağa sola yalpalanmamalı!

YARIŞMA KURALLARI

1. Belirlenen parkurda her grubun yarışma öncesi arabasını bir kez deneme hakkı vardır.
2. Değerlendirilmeye alınabilmesi için araçlar atık materyallerden tasarlanmalıdır. Size verilen malzemelerden istediklerinizi kullanabilirsiniz.
3. Arabalar kura sıralamasına göre yan yana dizilir.
4. Yarış sırasında her gruptan bir kişi kronometre ile zamanı ölçer ve kaydeder.
5. Yarış öğretmenin "başla" komutu ile başlar ve araçların durması ile biter.
6. Pist ile ilgili özellikler: Yarışmanın yapılacağı zemin 60 cm genişliğindedir. Sürtünmeyi azaltmak için karo yüzey tercih edilmiştir.
7. Planörler, en fazla 40 cm genişliğinde tasarlanmalıdır. Uzunluğu ve yüksekliği konusunda herhangi bir sınırlandırma yoktur.

Mühendislik Günlüğüm

PLANÖR YAPALIM

Bir mühendis olarak aşağıdaki adımları titizlikle uygulayarak mühendislik tasarım sürecini yürütünüz. Unutmayın ki; günlüğünüz süreçteki tüm fikirlerinizi yansıtmalıdır.

Bu mühendislik uygulamasında problemi ve istenen ürünün taşınması gereken özellikleri açıkça tanımlayınız.



Başarı Kriterleri	Kısıtlamalar

Bu mühendislik uygulamasında hangi fen kavram ve bilgilerini kullanacağınızı, hangi malzemelerden ve ne amaçla yararlanacağınızı bu bölümde açıklayınız.



ADIM 2: ARAŞTIR

Tasarımsal çözümlerinizi listeleyin.



ADIM 3: OLASI
ÇÖZÜMLER GELİŞTİR

En iyi çözüm fikrinizi seçin ve planlayın. Çözüm fikrinizi bu bölümde açıklayarak çizin. En iyi çözüme nasıl karar verdiğinizi açıklayınız.



**ADIM 4: EN İYİ ÇÖZÜMÜ
PLANLA**

Çözüm fikrinizi seçtiğiniz malzemeleri kullanarak geliştirin. Prototipi geliştirme sürecinizdeki aşamaları ve karşılaştığınız olumlu/olumsuz durumları not edin.



**ADIM 5: PROTOTIP
GELİŞTİR**

Tasarımınızı test edin. Sonuçlarınızı değerlendirin.



**ADIM 6: TEST ETVE
DEĞERLENDİR**

Test sonuçlarınızla tasarım çözümünü ilişkilendiriniz. Ürününüz tasarım çözümünü ne düzeyde karşılamaktadır? Açıklayınız.



**ADIM 7: ÇÖZÜMLE
İLİŞKİLENDİR**

Tasarımınızdaki aksaklıkları kaydedin ve daha etkili olabileceğini düşündüğünüz tasarımı çiziniz.



**ADIM 8: TEKRAR
TASARLA**

Tasarımınızın son haline karar veriniz. Son tasarım ürününüzün özelliklerini ve gerekçelerinizi açıklayınız. Tasarım çözümünüzü sununuz.



ADIM 9: KARAR VER

Mühendislik tasarım sürecini tamamladınız. Şimdi bir sonraki sayfada yer alan soruları yanıtlayınız.

GRUP YARIŞMA TUTANAĞI

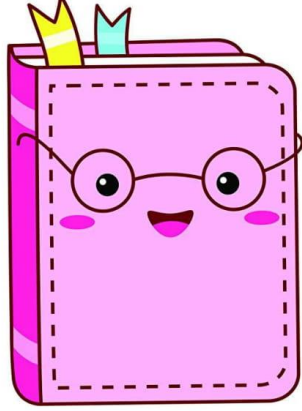
Yarışmada kaçıncı oldunuz?

Karşılaştığınız aksaklıklar nelerdi?

Tasarımınızın avantajlı ve dezavantajlı yönleri nelerdi?

Tasarımınızı hazırlamanız için tekrar Őansınız olsaydı, neleri deđiőtirindiniz.?

Tasarımınızı ve diğer grupların tasarımlarını değerlendirdiniz.



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 7: KUVVET ÜZERİNDE: SÜRÜKLEME

HAZIRLANALIM: SENCE NASIL? NEDEN?

1-İki A4 kağıdını alınız. Birini buruşturarak top haline getiriniz. Buruşturduğunuz ve diğer düz A4 kağıdını arkadaşınızla birlikte aynı anda aynı yükseklikten serbest bırakınız. Neler gözlemlediniz? Bu durumu ne ile açıklarsınız?



2-Öğretmeniniz tarafından sunumda gösterilen araçları dikkatlice izleyiniz. Bu araçların;

-Hangileri hızlı, hangileri yavaş hareket etmelidir?

-Tasarımları önemli midir?

-Bu taşıtların tasarımında dikkatinizi çeken noktalar nelerdir?

DENEYELİM ÖĞRENELİM

1-Elinizdeki kağıtlarla eşit miktarda kağıt kullanarak küp, koni ve dikdörtgenler prizması yapınız.

2-Oluşturduğunuz şekilleri aynı yükseklikten aşağı serbest bırakarak düşme süresini hesaplayınız.

3-İkinci aşamayı her şekil için 3er kez tekrarlayarak verilerinizi tabloya kaydediniz.

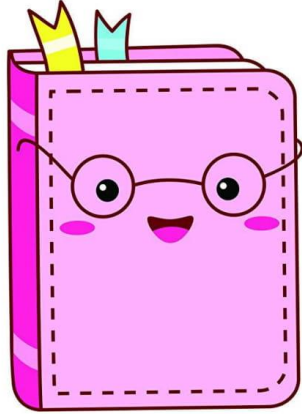
Cisim	İlk deneme	İkinci deneme	Üçüncü deneme	Ortalama düşüş süresi
Küp				
Koni				
Dikdörtgenler prizması				

4-Aşağıdaki formülleri kullanarak elinizdeki şekillerin yüzey alanlarını hesaplayınız. ($\pi=3$ alınız.)

$$\text{Küp} = 6 \times a^2 \quad \text{Dikdörtgenler Prizması} = 2 \times (a.b + b.c + a.c) \quad \text{Koni} = \pi \times r \times s + \pi \times r^2$$

5-Düşme süresi ile cisimlerin yüzey alanı arasında bir ilişki var mıdır? Yorumlayınız.

6-Bulgularınızı uçak tasarımı ile ilişkilendiriniz.



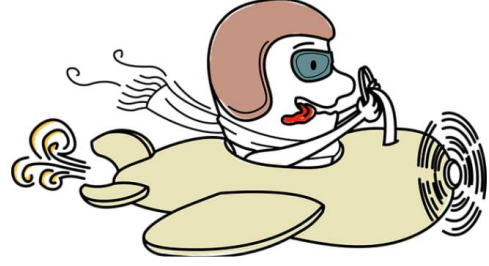
Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 8: SANAT VE UÇAK

1-Hiç uçak seyahati yaptınız mı? Seyahatiniz sırasında uçağın parçalarının hareketini gözlemlediniz mi?



2-Bir uçak sağa sola nasıl dönebilir? Nasıl manevra yapabilir?



3-Öğretmeninizin uzaktan kumanda ile araba kontrol ettiğine şahit oldunuz. Uçakta da böyle hareketli yapılar var mıdır?

KAĞIT UÇAK YAPALIM

Yıl 1505...Leonardo Da Vinci, sonunu getirebildiği icatlarından birine uzun uzun baktı. Son dokunuşları yaptıktan sonra mühendislik harikası kağıt uçağını yüksek bir yerden bıraktı. Uçağı, kanatları döne döne uçtukça mutluluk kahkahaları attı. Bugün hangimiz yaptığımız derme çatma uçak uçtuğunda sevinç çığlıkları atmıyoruz ki? Bazılarına göre ise kağıt uçakların tarihi 2000 yıl öncesine, Çinlilere dayanıyor. Ancak, tanıdığımız ve sevdiğimiz modern kağıt uçak, 1930'ların başlarında Lockheed uçak şirketinin kurucu ortağı olan Jack Northrop tarafından tasarlandı. İnsanların havada uçabilme isteği ve merakı kağıt uçaklara ilginin gitgide büyümesine sebep oldu. Öyle ki; 1909' da İngiltere'de kağıt uçak yapmanın inceliklerini anlatan ilk kitap yayımlandı. II. Dünya Savaşı sonrasında uçaklara olan tutku daha da büyüdü. Hatta ilk uluslararası kağıt uçak yarışması 1967'de ABD New York'ta düzenlendi. 28 ülkeden 5 binden fazla kadın ve erkek katıldı. Kağıt uçak zamanla eğlence değil, epey ciddi bir uğraş haline geldi. 2006'dan beri "Paper Wings" adında bir kağıt uçak yarışması düzenleniyor. Şubat 2012'de bu yarışmada uçağını 69,14m uzaklığa atabilen John Collins rekoru elinde tutuyor. Siz de kendi rekorunuzu kırabilir misiniz? Verilen malzemeleri kullanarak; uzun süre yüksekliği azalmadan havada kalabilen, en uzun mesafeyi gidecek uçağınızı grup arkadaşlarınızla sınıf yarışması için tasarlayınız.

Malzemeler:

- A4 kağıdı 50 Krş
- Ataş 1 TL
- Karton 1TL
- El işi kağıdı 50 Krş
- Makas 3TL
- Cetvel 2TL
- Kürdan 10 Krş

Bütçe Analizi:

**BİLİMLE SANAT, MANTIKLA HAYAL GÜCÜ
ARASINDA DENGE GELİŞTİR.**

LEONARDO DA VINCI

Mühendislik Günlüğüm

KAĞIT UÇAK YAPALIM

Bir mühendis olarak aşağıdaki adımları titizlikle uygulayarak mühendislik tasarım sürecini yürütünüz. Unutmayın ki; günlüğünüz süreçteki tüm fikirlerinizi yansıtmalıdır.

Bu mühendislik uygulamasında problemi ve istenen ürünün taşınması gereken özellikleri açıkça tanımlayınız.



Başarı Kriterleri	Kısıtlamalar

Bu mühendislik uygulamasında hangi fen kavram ve bilgilerini kullanacağınızı, hangi malzemelerden ve ne amaçla yararlanacağınızı bu bölümde açıklayınız.



ADIM 2: ARAŞTIR

Tasarımsal çözümlerinizi listeleyin.



ADIM 3: OLASI
ÇÖZÜMLER GELİŞTİR

En iyi çözüm fikrinizi seçin ve planlayın. Çözüm fikrinizi bu bölümde açıklayarak çiziniz. En iyi çözüme nasıl karar verdiğinizi açıklayınız.



**ADIM 4: EN İYİ ÇÖZÜMÜ
PLANLA**

Çözüm fikrinizi seçtiğiniz malzemeleri kullanarak geliştirin. Prototipi geliştirme sürecinizdeki aşamaları ve karşılaştığınız olumlu/olumsuz durumları not edin.



**ADIM 5: PROTOTIP
GELİŞTİR**

Tasarımınızı test edin. Sonuçlarınızı değerlendirin.



**ADIM 6: TEST ETVE
DEĞERLENDİR**

Test sonuçlarınızla tasarım çözümünü ilişkilendiriniz. Ürününüz tasarım çözümünü ne düzeyde karşılamaktadır? Açıklayınız.



**ADIM 7: ÇÖZÜMLE
İLİŞKİLENDİR**

Tasarımınızdaki aksaklıkları kaydedin ve daha etkili olabileceğini düşündüğünüz tasarımıınızı çiziniz.



**ADIM 8: TEKRAR
TASARLA**

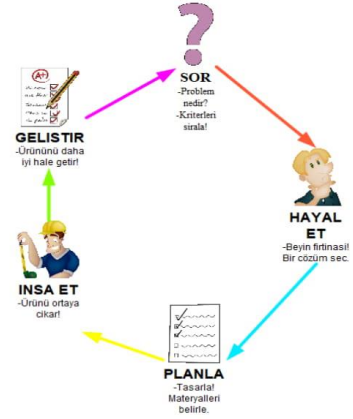
Tasarımınızın son haline karar veriniz. Son tasarım ürününüzün özelliklerini ve gerekçelerinizi açıklayınız. Tasarım çözümünüzü sununuz.



ADIM 9: KARAR VER

Mühendislik tasarım sürecini tamamladınız. Şimdi bir sonraki sayfada yer alan soruları yanıtlayınız.

**TASARLAMAYI DENEYİMLİYORUM:
KAĞIT UÇAK YAPALIM**



1-Tasarladığınız uçağı test ediniz ve tabloya sonuçlarınızı işleyiniz.

2- Uçağımızın daha uzağı uçmasını sağlamak için aklınıza gelebilecek tüm değişiklikleri listeleyin:

3-En etkili olacağını düşündüğünüz üç değişikliği seçin ve bunları bu çalışma sayfasında verilen tabloya yazın: Değişiklik 1, Değişiklik 2 ve Değişiklik 3.

4-Uçağımızın her bir versiyonu için(orijinal tasarım dahil) üç deneme yapın ve ortalama mesafeyi tabloya kaydedin.

5-Şimdi her deneme için toplam mesafeyi, test 1, test 2 ve test 3 için toplam mesafeyi ekleyerek hesaplayın. Sonuçlarınızı toplam sütununa kaydedin.

Değişiklikler	Uçuş Mesafesi					Sonuç/Etki
	Test1	Test2	Test3	Toplam	Ortalama	
Ana Tasarım						
Değişiklik1.....						
.....						
Değişiklik2.....						
.....						
Değişiklik3.....						
.....						

6-Her deneme için ortalama uçuş süresini hesaplayınız. (Toplam/3)

7-Hangi değişikliğiniz en büyük farkı yarattı? Sizce neden? _____

8-En iyi uçuş süresini veren tasarımın özellikleri nelerdir? Hangi özellikleri daha iyi uçuş süresi oluşturmasını sağlamıştır? Açıklayınız.

9-Karar verdiğiniz son tasarımınızın özellikleri nelerdir? Önceki tasarımınıza göre hangi farklılıkları oluşturduğunuzu nedenlerini açıklayarak maddeler halinde yazınız.

Tasarım özellikleri:

1:

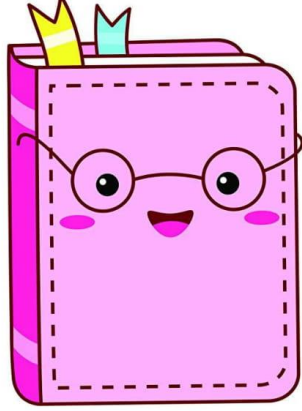
Çünkü;

2:

Çünkü;

3:

Çünkü;



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



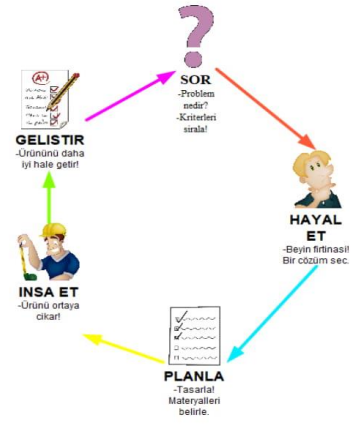
Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 9: HAYAL ET/TASARLA

SIRA SENDE *

Uçaklar ve mühendislik üzerine birçok deneyim ve bilgi kazandın. Artık bir mühendissin ve ilk ürününü ortaya çıkarmaya hazır mısın?

TASARLIYORUM: UÇAK YAPALIM



Orville Wright, 1940'larda Uçak Motoru Araştırma Laboratuvarı'nın sürdürülebilirliğini kontrol için Cleveland'a gittiğinde, uçağının ilk modelinden İkinci Dünya Savaşı'nda savaşan kanatlı makinelere ilerlemesine tanık oldu. Günümüzde NASA Glenn Araştırma Merkezi olarak bilinen laboratuvar, Wright'ın asla hayal edemeyeceği alternatif uçak tasarımları geliştirmek için çalışan mühendis ve bilim adamlarına sahip. Enerji tüketimini ve gürültüyü azaltacak, minimal ve estetik görünümüne sahip, daha hızlı ve dengeli seyahat edebilecek, güvenlik donanımları geliştirilmiş uçak tasarımları için çalışan mühendisler havacılık teknolojisine yön vermektedir. Ülkemizde de Türk Hava Kurumu tarafından teknolojideki gelişmeleri takip eden, alternatif uçak tasarımları yapılmaktadır.

Videoları dikkatle izleyiniz.

Türk Hava Kurumu tarafından dünya havacılık teknolojisi ile yarışacak milli bir uçak geliştirmek üzere bir proje yarışması düzenlendiğini duydunuz. Ekibinizle uçaklar üzerine kazandığınız bilgi ve deneyim doğrultusunda bu yarışmaya katılmaya karar verdiniz. Yarışmada tüm ekipler önerdiği tasarımın prototiplerini test edecek ve tanıtacaktır. En iyi uçak tasarımını gerçekleştiren ekip Türk Hava Kurumu adına "Milli Teknoloji Hamlesi" projesine dahil olacak, Hezarfen Rozeti kazanacak ve ülke adına uçak tasarlayacaktır.

- Ekibinizle birlikte uçağınızın sahip olması gereken uçuş özelliklerini ve tasarımsal çözümlerini tartışınız.
- Bütçenize ve ihtiyaç duyduğunuz özelliklere göre malzemelerinizi seçiniz.
- Uçağınızın öne çıkarmak istediğiniz özelliklerini listelerek tasarımınızı gerçekleştiriniz.

Tasarımınızı belirlediğiniz özellikler bakımından bir sonraki derste proje kurulu önünde test etmelisiniz ve proje kurulunu ikna etmelisiniz.

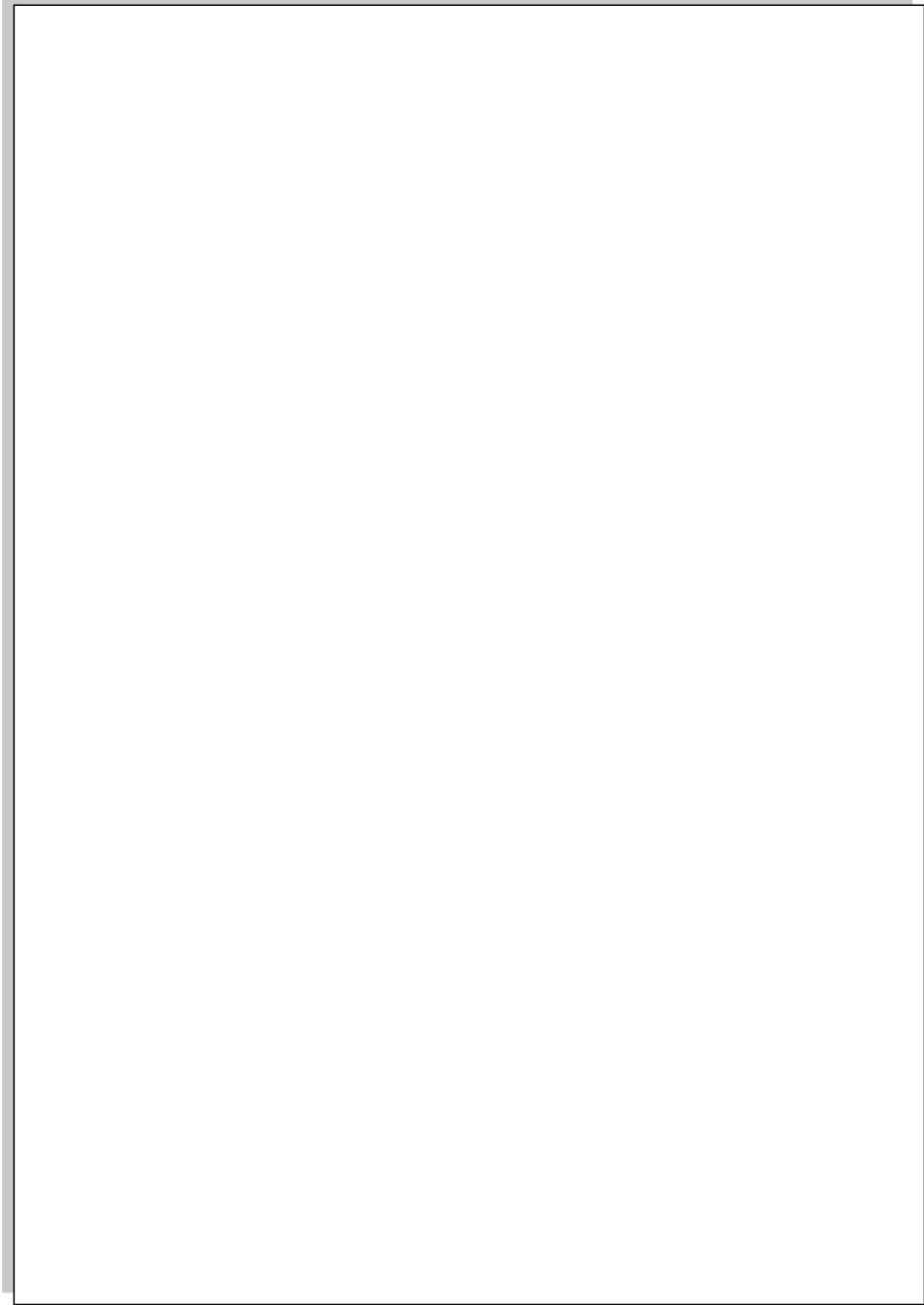
Malzeme Listesi:

Fiyatlandırma(tane):

• Strafor tabak	20tl
• A4 kağıdı	5tl
• Balsa çita	20tl
• Renkli şeffaf poşet	5tl
• Kalem	15tl
• Cetvel ve / veya ölçüm çubuğu	35tl
• Plastik şişe	15tl
• Tel	15tl
• Paket lastiği	5tl
• Tutkal	20tl
• Bant	10tl
• Makas	25tl
• Maket bıçağı	35tl
• Kürdan	3tl
• Pipet	5tl

Proje Toplam Bütenez: 150tl

TASARIMINIZI HANGİ MALZEMELERLE VE NASIL GELİŞTİRECEĞİNİZİ
AŞAĞIDAKİ KISMA TASLAK OLARAK ÇİZİNİZ.



Mühendislik Günlüğüm

HAYAL ET/TASARLA/TEST ET/RAPORLA

Bir mühendis olarak aşağıdaki adımları titizlikle uygulayarak mühendislik tasarım sürecini yürütünüz. Unutmayın ki; günlüğünüz süreçteki tüm fikirlerinizi yansıtmalıdır.

Bu mühendislik uygulamasında problemi ve istenen ürünün taşınması gereken özellikleri açıkça tanımlayınız.



Başarı Kriterleri	Kısıtlamalar

Bu mühendislik uygulamasında hangi fen kavram ve bilgilerini kullanacağınızı, hangi malzemelerden ve ne amaçla yararlanacağınızı bu bölümde açıklayınız.



ADIM 2: ARAŞTIR

Tasarımsal çözümlerinizi listeleyin.



ADIM 3: OLASI
ÇÖZÜMLER GELİŞTİR

En iyi çözüm fikrinizi seçin ve planlayın.Çözüm fikrinizi bu bölümde açıklayarak çiziniz. En iyi çözümü seçme sürecinde neler yaptınız, açıklayınız.



**ADIM 4: EN İYİ ÇÖZÜMÜ
PLANLA**

Çözüm fikrinizi seçtiğiniz malzemeleri kullanarak geliştirin. Prototipi geliştirme sürecinizdeki aşamaları ve karşılaştığınız olumlu/olumsuz durumları not edin.



**ADIM 5: PROTOTIP
GELİŞTİR**

Tasarımınızı test edin. Sonuçlarınızı değerlendirin.



**ADIM 6: TEST ETVE
DEĞERLENDİR**

Test sonuçlarınızla tasarım çözümünü ilişkilendiriniz. Ürününüz tasarım çözümünü ne düzeyde karşılamaktadır? Açıklayınız.



**ADIM 7: ÇÖZÜMLE
İLİŞKİLENDİR**

Tasarımınızdaki aksaklıkları kaydedin ve daha etkili olabileceğini düşündüğünüz tasarımıınızı çiziniz.



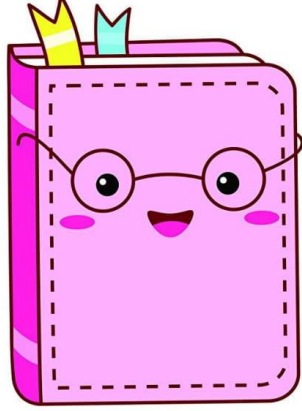
**ADIM 8: TEKRAR
TASARLA**

Tasarımınızın son haline karar veriniz. Son tasarım ürününüzün özelliklerini ve gerekçelerinizi açıklayınız. Tasarım çözümünüzü sununuz.



ADIM 9: KARAR VER

Mühendislik tasarım sürecini tamamladınız. Şimdi bir sonraki sayfada yer alan soruları yanıtlayınız.



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

DERS 10: TEST ET/RAPORLA

Tasarımınızı test ettikten ve nihai halini verdikten sonra tasarımınızı sınıf içerisinde sununuz. Sunum sırasında şunlara dikkat ediniz:

- Sunumunuzu karton, mukavva vb. yollarla gerçekleştirebilirsiniz.
- Tasarımınızın güçlü ve zayıf yönlerini sunumunuzda tartışın.
- Tasarımınızı gerçekleştirirken hangi malzemeleri ne amaçla kullandığınızı belirtin.
- Tasarım sonucunda maliyet analizinizi raporlayınız.
- Tasarımınızda karşılaşılabilecek beklenen muhtemel riskleri listeleyiniz.

Tasarımınızın diğer ürün ya da hizmetlerden farkını detaylandırınız.

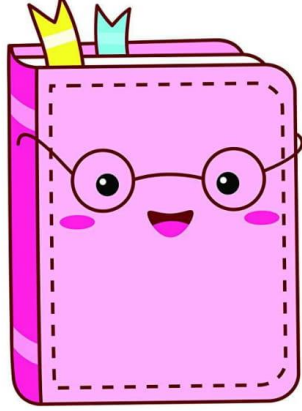
Tüm grupların sunum hazırlamak için (30dk.) süresi vardır.

Her grup 10dk.'lık bir sunum hazırlayacak ve sunacaktır.

Her sunum sonrasında 5dk. Soru-cevap etkinliği gerçekleştirilir.

Her grup için "ürün değerlendirme formu" nu doldurunuz.

En fazla puanı alan grup Hezarfen Rozeti alır.



Bu sayfayı senin için ayırdık. Bir dersi bitirdin. Bu dersten neler öğrendin? Neler eklemek istersin? Uçaklarla, deneyimlerinle ya da mühendislikle ilgili yazmak istediklerini buraya ekleyebilirsin.



Bir mühendisin her zaman kaydedeceği bilgiler vardır!!!

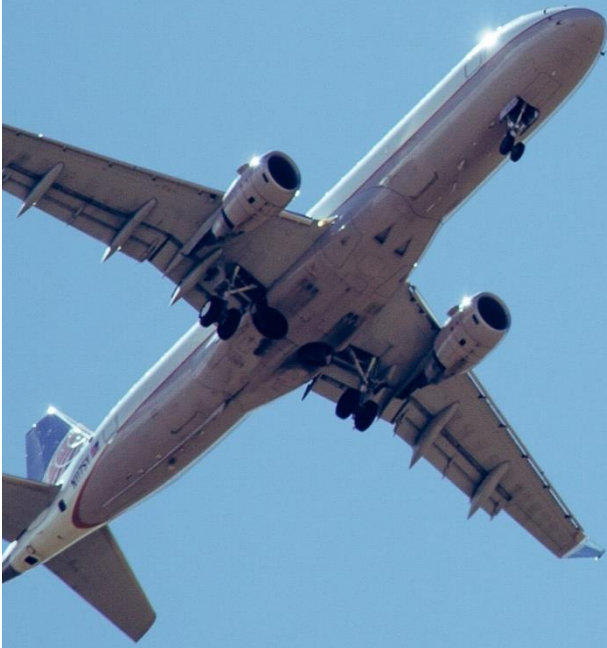
Sen Mühendis! Süreç boyunca eşsiz yenilikler yarattın ve bizi

Sen Mühendis! Süreç boyunca eşsiz yenilikler yarattın ve bizi
şaşırttın.

Şimdi süreci tamamladın. Tekrar görüşmek üzere...
Şimdi süreci tamamladın. Tekrar görüşmek üzere...



Mühendislik
Günlüğüm



UÇUŞ PRENSİPLERİ AÇIK UÇLU KAVRAM TESTİ

Değerli öğrenciler, Uçak Mühendisliği ünitesinde yer alan konular kapsamında hazırlanmış olan bu testin amacı, bilgi düzeyinizi belirlemektir. Testte bulunan sorulara vereceğiniz cevaplar hiçbir şekilde kimseyle paylaşılmayacaktır. Not verme veya eleştirme amacıyla hazırlanmamış olan bu teste vereceğiniz samimi cevaplar ve çalışmaya sunacağınız katkılar için teşekkür ederiz.

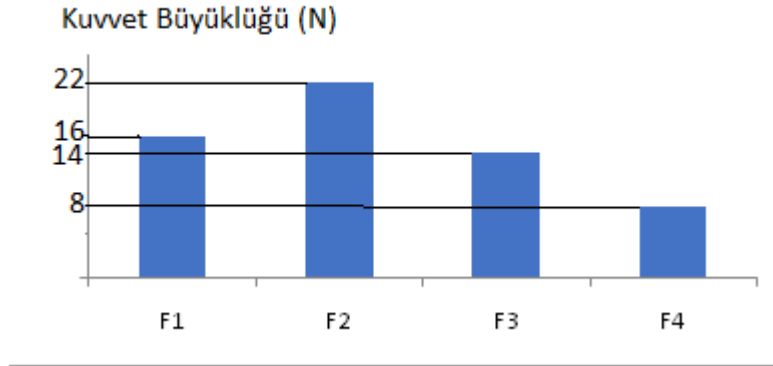
Merve ARIK ERDİN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Fen Bilgisi Eğitimi Programı Doktora Öğrencisi

Danışman: Prof.Dr. Mustafa Sami TOPÇU

Soru1: Aşağıda bazı kuvvetlerin büyüklükleri grafikte gösterilmiştir.



Bileşke kuvvetin en az olabilmesi için bu kuvvetler bir cisme nasıl etki etmelidir? Çizerek gösteriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

Bu şekilde yerleştirdiğinizde neden bileşke kuvvet en az olur? Açıklayınız.

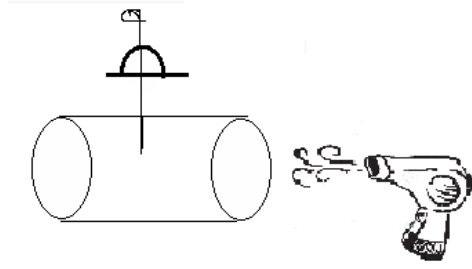
.....

.....

.....
.....
Soru2:

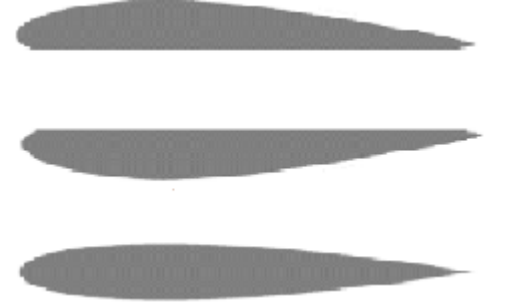
- ✓ Uçakların kanatları ve teknelerin yelkenleri havanın akış hızını değiştirip basıncı düşürerek kaldırma ya da emme kuvveti oluşması için tasarlanır.
- ✓ Kuşların vücut yapısı hava akımının üzerlerinden hızla geçmesini sağlayacak şekilde geliştiğinden basıncı azaltarak kolay havalanmalarını sağlar.
- ✓ Fırtınalarda çok hızlı esen rüzgar, çatıların üstündeki basıncı düşürüp havanın emme kuvveti uygulamasına ve çatıların uçmasına neden olabilir.

Ferman bu bilgileri kullanarak bir kanat tasarlamak istiyor. Otomobil, uçak, roket gibi araçların en verimli şekilde tasarlanmasını sağlamak için kullanılan rüzgar tünellerinin bir modelini görseldeki gibi oluşturuyor.



Bir iletkeyi sabitleyerek ortasından bir ipi plastik şişeden kestiği tünele sarkıtıyor. Saç kurutma makinesini çalıştırarak hava akımı oluşturuyor. İpin ucuna bağladığı kanat tasarımlarını ayrı ayrı deneyerek iletkiden sapma açılarını not ediyor. Böylece en etkili uçuş gösteren kanadı seçmeye çalışıyor. Ferman'ın notları ve test ettiği kanat tasarımları aşağıdaki gibidir:

Birinci tasarımım 45 derecede uçtu, ikinci tasarımım 30 derecede uçtu ve üçüncü tasarımım 15 derecede uçtu. Bence birinci tasarımım en uygun kanat tasarımını hem daha fazla uçtu hem de araştırmalarımındaki bilgilerle uyum gösteren bir tasarım oldu.



Ferman'ın notlarını ve tasarımlarını inceleyen öğretmeni **doğru** bulgulara ulaştığını ifade ettiğine göre; **Ferman'ın birinci modelim dediği tasarım hangisidir? İşaretleyiniz. Nedenini açıklayınız.** (Tüm kanat tasarımları aynı maddeden yapılmış, eşit kütle ve uzunluktadır.)

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

Soru3: Semih mahallede arkadaşları ile misket oynarken yanlarından bir araba hızla geçiyor. Arabanın geçişi sırasında, Semih ve arkadaşları yerdeki misketlerin, çöplerin,

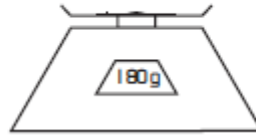
tozların ve hatta yaprakların bile arabaya doğru hızla bir süre sürüklendiğini gözlemliyorlar. Bu durumun nedenini Semih ve arkadaşlarına nasıl açıklarsınız? Yazınız.

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

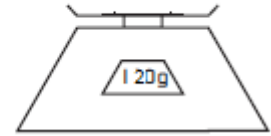
Soru 4: Ali, oturduğu ilçede çocuklar için bir uçurtma festivali düzenlendiğini öğreniyor. Festivale katılmak için bir uçurtma tasarlaması gerekiyor. Araştırmalar yaparak uçurtmalarda kullanılan farklı materyalleri listeliyor. Listedeki bütçesine göre satın alabileceği üç materyal tespit ediyor. Ancak bunlardan hangisini kullanarak uçurtmasını tasarlaması gerektiğine karar vermekte zorlanıyor. Eşit yüzey alanına sahip bu materyallerin kütlelerini ölçtüğünde ise aşağıdaki sonuçları gözlemliyor.



Çöp poşeti



Muşamba

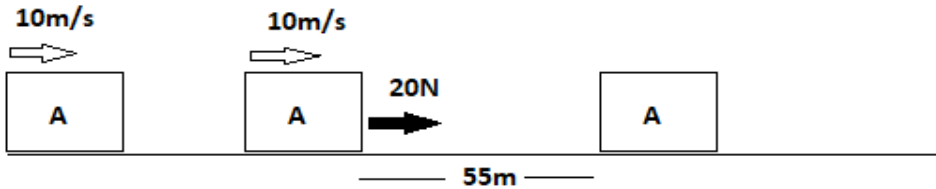


Kitap kaplama jelatini

Sizce Ali'nin bu malzemelerden hangisini uçurtma tasarımında kullanması daha uygun olur? Nedenini açıklayınız.

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

Soru 5: Kütleleri farklı A ve B cisimleri 10m/s sabit süratle eşit süre hareket ettikten sonra 20N'luk bir kuvvetin etkisine giriyor. Bu kuvvetin etkisi ile 3sn boyunca hareket eden cisimlerin aldıkları yollar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Sürtünmeler ayndır).



Buna göre, B cisminin A cisminden daha fazla yol almasının sebebi nedir? Açıklayınız.

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

Soru 6: Aylin öğretmen öğrencilerine birer naylon poşet, ip, birer yumurta ve yumurtayı yerleştirmek için özdeş karton bardak veriyor. Deney sürecini şu şekilde anlatıyor:

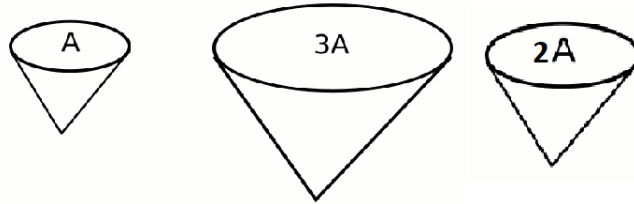
1-Yumurtayı karton bardağa yerleştiriniz.

2-Naylon poşeti kullanarak paraşüt yapınız.

3-Paraşütünüzü iple bardağa bağlayarak serbest bırakınız.

Selim, Ahmet ve Gülten tasarladıkları sistemi eşit yükseklikten bırakıyor ve öğretmen gözlemlerini not ediyor. Öğretmenin gözlemleri ve öğrencilerin paraşütleri aşağıda verilmiştir. (A=Yüzey Alanı)

Öğrenci Adı	Düşme süresi (s)	Sonuç
Selim	4	Yumurta kırıldı
Ahmet	8	Yumurta kırılmadı
Gülten	12	Yumurta kırılmadı



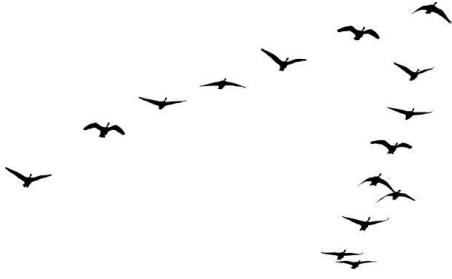
a-Buna göre hangi sistem hangi öğrenciye ait olabilir? Eşleştiriniz.

Selim= Ahmet= Gülten=

b-Bu eşleştirmeyi neye göre yaptığınızı açıklayınız. Hangi bilgiden yararlandınız?

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

Soru 7:



Kuşlar göç ederken “V” şeklinde dizilerek uçarlar? Sizce bunun nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

.....
.....

Soru 8: Kuşlar kanat açıklıklarını değiştirerek hızlarını değiştirirler. Aşağıda bir kuşun farklı kanat konumları verilmiştir. Bu kuşun 1,2,3 ve 4 numaralı konumlardaki hızlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

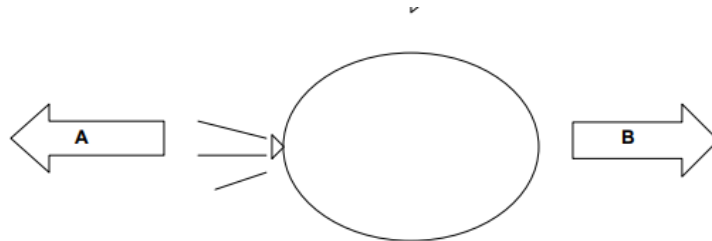


..... >..... >..... >.....

Bu sıralamayı yaparken hangi bilgidен yararlandınız? Açıklayınız.

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

Soru 9: Selim bir balonu şişirerek hava ile dolduruyor. Sonrasında şekildeki gibi serbest bırakıyor.



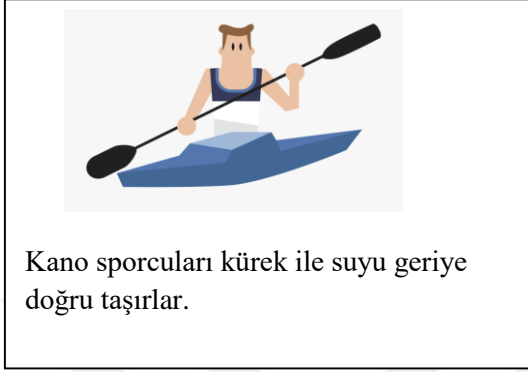
a-Sizce balon ne tarafa doğru hareket eder?

.....
.....

b-Nedenini açıklayınız. Harekete neden olan nedir?

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

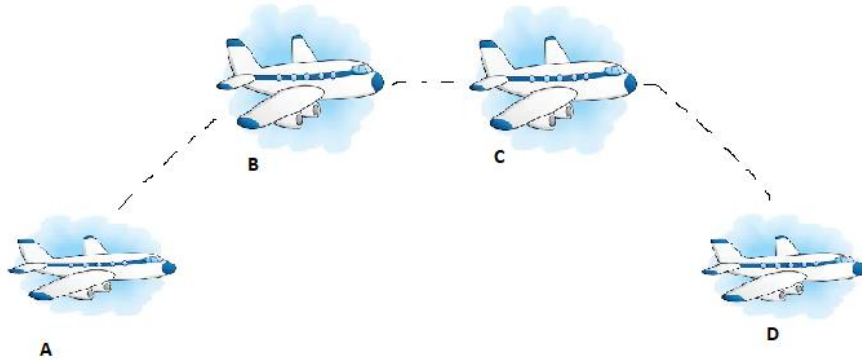
Soru10: Aşağıda bazı araçların hareket özellikleri verilmiştir.



Bu iki taşıtın hareketinde hangi kuvvet çeşidinden nasıl yararlanılmaktadır? Açıklayınız.

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

Soru 11: Bir uçak A noktasından yükselerek bir süre boyunca (B-C arasında) sabit süratle hareket ediyor. Ardından alçalışa geçerek piste (D noktasına) iniyor.

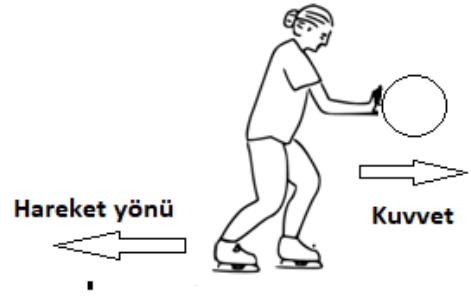


Buna göre bu uçağın hareketi boyunca, A-B noktaları arasında, B-C noktaları arasında ve C-D noktaları arasında etkisi altında olduğu kuvvetlerin denge durumları ile ilgili ne söylenebilir? Açıklayınız.

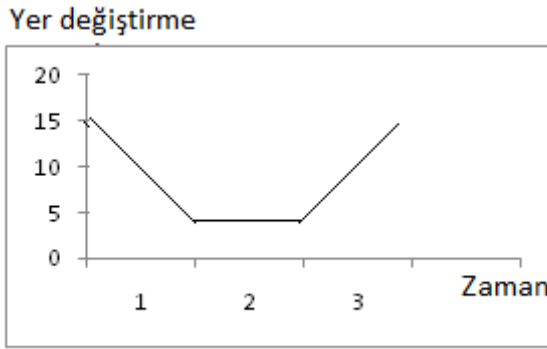
.....
.....

Soru12: Meral buz pateni ile kayarken elindeki topu ileri doğru kuvvet uygulayarak fırlatıyor. Topu fırlattığı sırada kendisi de geriye doğru kaymaya başlıyor. Meral'e geriye doğru gitmesinin sebebini nasıl açıklarsınız.

.....



Soru13: Hareket yönü şekildeki gibi gösterilen bir cismin 1, 2 ve 3 zaman aralıklarında aldığı yollar grafikte gösterilmiştir.



Buna göre, cisme 1, 2 ve 3 numaralı zaman aralıklarında etki eden kuvvetlerin yönü nasıl olmalıdır? Aşağıdaki şekiller üzerinde çizerek açıklayınız.



1 zaman aralığında

2 zaman aralığında

3 zaman aralığında

Çünkü;

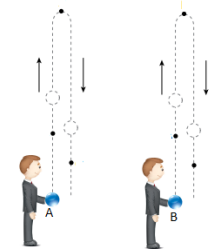
Çünkü;

Çünkü;

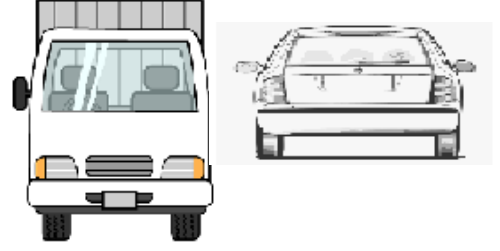
Soru14: Selim, A ve B cisimlerini eşit kuvvetle yukarı doğru fırlatıyor.

Selim cisimlerin yüzey alanlarının aynı olduğunu bilmekle birlikte; A cismini B cisminden **daha ağır** olarak ölçmüştür. **Buna göre cisimlerin yükselme miktarlarını karşılaştırarak nedenini açıklayınız.**

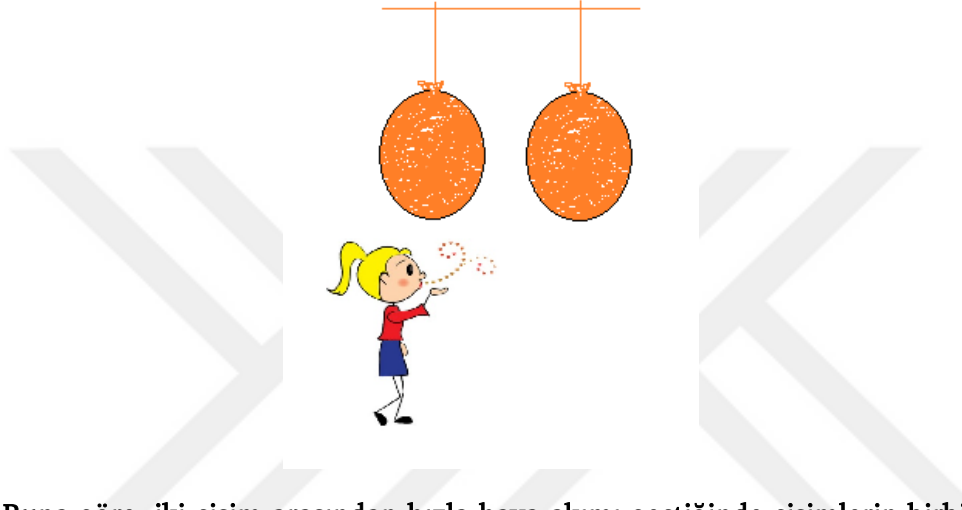
.....



Soru15: Çok büyük tırların otobanda küçük bir aracın hemen yakınından süratle geçmesi küçük aracın tıra yaklaşmasına neden olarak kazalara davetiye çıkarmaktadır.



Bu durumun daha iyi anlaşılması için Ece, görselde de görüldüğü gibi balonlarla bir etkinlik yapıyor. Ece, şişirdiği balonları birbirine yakın halde ipele tavana asıyor ve arasına üfleyince balonların birbirine yaklaştığını görüyor.



Buna göre, iki cisim arasından hızla hava akımı geçtiğinde cisimlerin birbirlerine doğru yaklaşmasının nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ODAK GRUP GÖRÜŞMESİ FORMU

1. Uçak Mühendisliğine yönelik bir öğrenme süreci geçirdiniz. Uçaklarla ilgili bilgi ve tasarım odaklı bir süreç deneyimlediniz. Bu süreçten neler öğrendiniz?
2. Bir mühendisin teknolojik bir araç tasarlaması sürecinde, başlangıçtan bitişe kadar yürütmesi gereken aşamaları adım adım ifade eder misiniz?
3. Bahsettiğiniz *problemin belirlenmesi aşamasında* hangi çalışmaları yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?
4. Bahsettiğiniz *tasarım çözümlerinin üretilmesi* aşamasında hangi çalışmaları yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?
5. Bahsettiğiniz *tasarım çözümlerinin geliştirilmesi* aşamasında hangi çalışmaları yürüttünüz? Bu aşamanın süreçteki önemini açıklar mısınız? Bu süreçte yaşadığınız zorluklar ve grup olarak avantajlar nelerdi?
6. Süreçte grup olarak diğer gruplara göre *en güçlü /avantajlı* olduğunuz aşama hangisiydi? Neden?
7. Uçak tasarımınızı gerçekleştirirken hangi adımda *en çok zorlandınız*? Sizce neden? Bu zorluklara karşın ne gibi çözüm önerilerinde bulunabilirsiniz?
8. Sizden sonra aynı tasarım sürecini gerçekleştirecek öğrencilere bu aşamalarda nelere dikkat etmelerini önerirsiniz? Neden?
9. Mühendis olmayı düşünürseniz, hangi becerilerinizi/yönlerinizi geliştirmeniz gerekir? Neden?

ÖĞRENCİ MÜHENDİSLİK GÜNLÜĞÜ RUBRİĞİ

Performans Kriterleri	Nitelik	Performans Düzeyi			Puan
Tasarım Süreci Aşaması		Düşük (1 puan)	Orta (2 puan)	Yüksek (3 puan)	
Problem Tanımı: Öğrenci, tasarım problemine ilişkin çözümünün mantığını ve buna neden ihtiyaç duyulduğunu açıklar.	Yoğunluk (anlaşılabilirlik ve ilişkili olma)	Defterdeki tasarım problemi cümlesinde problemin daha detaylı açıklanması gerekir; tasarıma neden ihtiyaç duyulduğu iyi bir şekilde ortaya konmaz ve hiçbir güvenilir kaynaktan yararlanılmamıştır.	Defterdeki tasarım problemi cümlesi probleme sınırlı bir açıklama getirir; fakat sınırlı sayıda güvenilir kaynaktan yararlanarak tasarıma neden ihtiyaç duyulduğunu ortaya koyar.	Defterdeki tasarım problemi cümlesi probleme açıkça belirtir ve çok sayıda güvenilir kaynaktan yararlanarak tasarıma neden ihtiyaç duyulduğunu detaylıca ortaya koyar.	
Kısıtlamalar ve Kriterler: Öğrenci, tasarlanan çözüme yönelik tüm kısıtlamaları ve tasarım kriterlerini belirler.	Doğruluk (sıklık)	Defterde tasarlanan çözüm için gerekli az sayıda kısıtlama ve kriter vardır fakat kısıtlama ve kriterlerin nedenine dair yeteri kadar ya da hiçbir açıklama yoktur.	Defterde tasarlanan çözüm için gerekli bazı kısıtlama ve kriterler vardır ve kısıtlamalar ve kriterlere dair bazı açıklamalar vardır.	Defterde tasarlanan çözümler için gerekli tüm kısıtlamalar ve kriterler vardır ve daha sonra nihai tasarım kararını değerlendirmek için kullanılacak kısıtlamalar ve kriterlere dair anlaşılır açıklamalar vardır.	
Araştırma: Öğrenci, tasarım problemine ve olası tasarım sonuçlarına yönelik kapsamlı araştırma yapar.	Miktar (sayı aralığı)	Kısıtlamaların ve kriterlerin nasıl ve neden oluşturulduğuna dair hiçbir detay yoktur.	Defterde, kısıtlamaların ve kriterlerin nasıl ve neden oluşturulduğuna dair bazı önemli detaylar vardır.	Defterde, kısıtlamaların ve kriterlerin nasıl ve neden oluşturulduğuna dair bütün önemli detaylar vardır.	

<p>Beyin Fırtınası/Fikir Üretme: Öğrenci, tasarım probleminin çözümüne yardımcı olacak tasarım öncesi fikirlerini ortaya koyar.</p>	<p>Miktar (sayı aralığı)</p>	<p>Defterde sorunu çözmeye yönelik 0-3 tasarım öncesi fikir vardır.</p>	<p>Defterde sorunu çözmeye yönelik 4-7 veya daha fazla tasarım öncesi fikir vardır.</p>	<p>Defterde sorunu çözmeye yönelik 7den daha fazla tasarım öncesi fikir vardır.</p>
<p>Olası çözümler üretmek: Öğrenci, belirlenen tasarım problemine yönelik çok sayıda çözüm geliştirir.</p>	<p>Miktar (sayı aralığı)</p>	<p>Defterde, az sayıda üretilmiş olası çözüm vardır; tasarım ekibini ve ayrılan zamanı göz önüne alınca bulunan çözümler ders için ya da tasarım ekibinin seviyesi için uygulanabilir değildir.</p>	<p>Defterde tasarım ekibindeki kişi sayısını, ders için uygulanabilirliği ve tasarım ekibinin seviyesini dikkate alarak bazı olası çözümler sunulmuştur.</p>	<p>Defterde öğrencilerin seviyesine, ayrılan zamana ve mevcut kaynakların kullanımına uygun olarak çok sayıda olası çözüm vardır. Nihai tasarım seçiminde çözüme yönelik doğru analizler değerlendirilmiştir.</p>
<p>Analiz (optimizasyon karar dahil olmak üzere): Öğrenci, belirlenen kısıtlamalar ve kriterler dikkate alınarak ortaya konmuş bir çözümü seçmek ve tasarım kararları almak için bir açıklama yapar.</p>	<p>Doğruluk (sıklık)</p>	<p>Defterde, belirlenen bütün kısıtlama ve kriterleri olmasa da bunların bazılarını dikkate alarak ortaya konmuş nihai tasarım çözümüne yönelik bir açıklama vardır. Bir tasarım çözümünün seçilmesiyle ilgili olarak bilgiye dayalı kararlar almak için sınırlı sayıda veriden yararlanılmıştır.</p>	<p>Defterde, belirlenen çoğu kısıtlama ve kriteri dikkate alarak ortaya konmuş nihai tasarım çözümüne yönelik açıklama vardır. Bir tasarım çözümünün seçilmesiyle ilgili olarak bilgiye dayalı kararlar almak için bazı verilerden yararlanılmıştır.</p>	<p>Defterde, belirlenen bütün kısıtlama ve kriterleri dikkate alarak ortaya konmuş nihai tasarım çözümüne yönelik açıklama vardır. Çözüm, öğretmenin verdiği örnekler gibi çok sayıda veriye dayalı karardan faydalanarak seçilmiştir.</p>

<p>Prototip: Öğrenciler tasarlanan çözümün işlevselliğini gösteren bir model oluştururlar.</p>	<p>Yoğunluk (anlaşılabilirlik ve ilişkili olma)</p>	<p>Defterde prototipin bazı özellikleri karşıladığına dair kanıtlar vardır. Prototip sınırlı işlevselliğe sahiptir; yapı malzemeleri rastgele veya uygunsuz kullanılmıştır.</p>	<p>Defterde prototipin orta düzeyde işlevsellik ile çoğu özelliği karşıladığına dair kanıtlar bulunur. Çoğu malzeme ve yapı prototip için uygundur.</p>	<p>Defterde prototipin tam işlevsellik ile ilişkilendirilen tüm özellikleri karşıladığına dair kanıtlar vardır. Kullanılan tüm malzemeler ve yapım teknikleri kaliteli bir prototip için uygundur.</p>
<p>Test etme: Öğrenci, tasarlanan çözümün kalitesini, güvenliğini ve işlevselliğini ölçmek için prototipi uygun şekilde test eder.</p>	<p>Doğruluk (sıklık)</p>	<p>Defterde, test etmeye yönelik hiçbir kanıt yoktur veya belirlenen kısıtlamalar ve kriterleri dikkate alarak geliştirilen tasarım çözümünün performansına dair yeteri kadar veya hiç kanıt yoktur.</p>	<p>Defterde prototip testlerinin yapıldığına dair kanıt vardır, belirlenen bazı kısıtlamalar ve kriterleri dikkate alarak geliştirilen tasarım çözümünün performansına dair kanıt vardır.</p>	<p>Defterde prototip testlerinin yapıldığına dair kanıt vardır, belirlenen tüm kısıtlamalar ve kriterleri dikkate alarak geliştirilen tasarım çözümünün performansına dair güçlü kanıtlar vardır. Uygun testler; sayısal veri, saha notları ve paydaş anketleri içerir.</p>
<p>Teknik Özellikler: Öğrenciler, tasarım çizimlerini, parçaların listesini ve yapım sürecinin dokümantasyonunu temin ederek nihai tasarımın teknik özelliklerini açıklar.</p>	<p>Yoğunluk (anlaşılabilirlik ve ilişkili olma)</p>	<p>Çözümün 2 boyutlu veya izomerik çizimi mevcuttur. Parça ve malzemelerin natamam listeleri vardır. Yapım sürecini belgeleyen süreç akış şeması tam değildir. Kullanılan ekipmanların dokümantasyonu tam değildir.</p>	<p>Çözümün parametrik modelleme çizimi ve prototipin 2 boyutlu çizimleri mevcuttur. Parça ve malzemelerin eksiksiz listeleri vardır fakat az sayıda detay mevcuttur. Yapım sürecini adım adım belgeleyen tam bir süreç akış şeması vardır. Kullanılan ekipmanların dokümantasyonu yapılmıştır.</p>	<p>Çözümün parametrik modelleme çizimi ve prototipin 2 boyutlu çizimleri mevcuttur. Veri güvenliği belgeleri, ürün yaşam evreleri detayları, üretim kodlarını içeren eksiksiz parça ve malzeme listeleri vardır. Yapım sürecini fotoğraflarla adım adım belgeleyen tam bir süreç akış şeması vardır. Kullanılan ekipmanların dokümantasyonu yapılmıştır.</p>
				<p>Toplam:</p>
<p>Öğretmen Notları:</p>				



T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411-44-E.5126888
Konu : Anket Araştırma İzni

10.03.2020

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Fen Bilimleri Enstitüsü)

İlgi: a) 22.02.2020 tarihli ve 2001220035 sayılı yazınız.
b) Valilik Makamının 09.03.2020 tarihli ve 5051632 sayılı oluru.

Üniversiteniz Fen Bilimleri Enstitüsü doktora programı öğrencisi Merve ARIK'ın "**Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi: Mühendislik Tasarım Süreç Beceriksizlerinin ve Kavramsal Öğrenmelerinin İzlenmesi**" konulu araştırma çalışması hakkındaki ilgi (a) yazınız ilgi (b) valilik onayı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve araştırmacının söz konusu talebi; bilimsel amaç dışında kullanmaması, **uygulama sırasında bir örneği müdürlüğümüzde muhafaza edilen mühürlü ve imzalı veri toplama araçlarının kurumlarımıza araştırmacı tarafından ulaştırılarak uygulanması**, katılımcıların gönüllülük esasına göre seçilmesi, araştırma sonuç raporunun müdürlüğümüzden izin alınmadan kamuoyuyla paylaşılması koşuluyla, gerekli duyurunun araştırmacı tarafından yapılması, okul idarecilerinin denetim, gözetim ve sorumluluğunda, eğitim-öğretimi aksatmayacak şekilde ilgi (b) Valilik Onayı doğrultusunda uygulanması ve işlem bittikten sonra 30 gün içinde sonuçtan Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Bölümüne rapor halinde bilgi verilmesini arz ederim.

Timur TUĞRAL
İl Millî Eğitim Müdürü a.
Şube Müdürü

EK:
1- Valilik Onayı
2- Ölçekler

Millî Eğitim Müdürlüğü Binbirdirek M. İmran Öktem Cad.
No:1 Eski Adliye Binası Sultanahmet Fatih/İstanbul
E-Posta: sgb34@meb.gov.tr

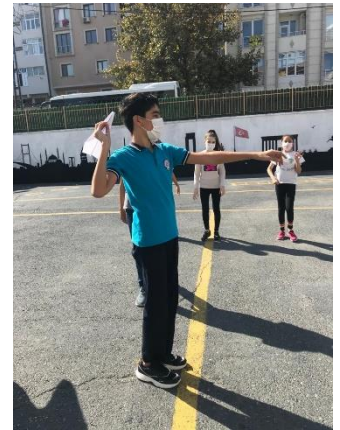
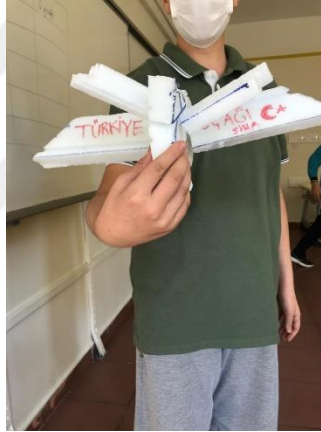
Bilgi İçin Aydın . BALTA VHKİ
Tel: (0212) 384 34 00- 3628



Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden 069d-55bd-38ee-bf6c-0106 kodu ile teyit edilebilir.

G

UYGULAMA SÜRECİ GÖRSELLERİ



TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri:

1. Arık, M., & Topcu, M. S. (2019). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Classrooms: A Meta-Synthesis Study. National Association of Research in Science Teaching, Baltimore, MD, USA, March 31-April 3.

2. Arık, M., & Topcu, M. S. (2021). Fen Eğitimi ile Mühendisliğin Bütünleştirilmesi: Uçak Mühendisliği Örneği. International Academic Researches for Sustainability Congress [INARS], Istanbul, Turkey, May 22-23, 64-65. (Özet Metni Basıldı)

Makaleler:

1. Arık, M., & Topçu, M. S. (2020). Implementation of engineering design process in the K-12 science classrooms: Trends and issues. *Research in Science Education*, 1-23.

Projeler:

1. Ortaokul Düzeyinde Uçak Mühendisliği Tasarım Ünitesinin Geliştirilmesi: Mühendislik Tasarım Süreç Becerilerinin ve Kavramsal Öğrenmelerinin İzlenmesi, BAP Doktora Tez Projesi-Yıldız Teknik Üniversitesi (Araştırmacı). **Proje No:** SDK-2019-3669, **Başlama Tarihi:** 04-12-2019, **Bitiş Tarihi:** 06-12-2021, **Proje Bütçesi:** 19,815.42 TL. Yürütücü: Prof. Dr. Mustafa Sami Topçu. Araştırmacı: Merve Arık