



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

**MATEMATİK AĞIRLIKLI BİR STEM MODÜLÜNÜN
GELİŞTİRİLMESİ VE MODÜLE YÖNELİK
GÖRÜŞLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

ESRA YILMAZ BİLİR

YÜKSEK LİSANS

KIRŞEHİR / 2021



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

**MATEMATİK AĞIRLIKLI BİR STEM MODÜLÜNÜN
GELİŞTİRİLMESİ VE MODÜLE YÖNELİK
GÖRÜŞLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

ESRA YILMAZ BİLİR

YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN

Doç. Dr. Muhammet ARICAN

II. DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Murat AKARSU

KIRŞEHİR / 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

ESRA YILMAZ BİLİR



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans sürecinde kendilerini tanıdığım günden bu yana gösterdikleri sakin ve sabırlı halleri ile her zaman bana örnek olmalarının yanı sıra bir bilim adamının nasıl çalışması gerektiğini kendilerinden öğrendiğim değerli danışmanlarım Doç. Dr. Muhammet ARICAN ve Dr. Öğr. Üyesi Murat AKARSU'ya büyük bir içtenlikle teşekkür ederim.

Tezi yazma sürecimde sorularıma verdikleri cevaplar ve manevi desteği ile beni her zaman motive eden kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Yasemin KIYMAZ'a teşekkür ederim. Tez yazım sürecinde manevi desteğini eksik etmeyen canım ablam Fatma Korkmaz'a teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başlamamda ve yüksek lisans süreci boyunca gerek araştırmaya gerekse bana maddi manevi her türlü desteğini esirgemeyen canım eşim Çetin Kürşat Bilir'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak bu süreçte beni anlayışla karşıladığı için canım oğlum Arın Asaf'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimi, ailem başta olmak üzere özellikle oğlum Arın Asaf'a ithaf ederim.

Temmuz, 2021

ESRA YILMAZ BİLİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu ve Araştırmanın Amacı	1
1.2. Problem Cümlesi.....	4
1.3. Araştırmanın Önemi	5
1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
1.5. Araştırmanın Varsayımları	6
1.6. Tanımlar	6
Uzman	6
STEM Modül	6
Mühendislik Tasarım Süreci	6
Matematik Ağırlıklı Modül	6
STEM Eğitimi Yaklaşımı	6
STEM Eğitiminde Teknoloji	7
Dijital Teknoloji	7
Dijital Olmayan Teknoloji	7
2. GENEL KISIMLAR.....	8
2.1. STEM Eğitimi Yaklaşımı.....	8
2.1.1. STEM Eğitimi Yaklaşımına Neden İhtiyaç Duyulmuştur?.....	8
2.1.2. STEM Eğitimi Yaklaşımı nedir?	9
2.1.3. STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri	11
2.1.4. Bütünleşik STEM Eğitiminin Faydaları	14
2.1.5. Bütünleşik STEM Eğitiminde Mühendislik Disiplininin Rolü	18
2.1.5.1. Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)	20

2.1.6. Nitelikli Bir STEM Modülü ve Özellikleri	26
2.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünde Entegre Edilen Konular	29
2.2.1. Oran-Orantı	29
2.2.2. Alan Ölçümü	31
2.2.3. Madde ve Isı	33
2.3. STEM ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	34
2.3.1. STEM Etkinlikleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....	34
2.3.2. STEM Eğitime Yönelik Geliştirilmiş Ölçek ve Çerçevesel Üzerine Yapılan Çalışmalar	37
3. YÖNTEM ve ARAÇLAR.....	39
3.1. Araştırma Deseni	39
3.2. Katılımcılar	39
3.3. Veri Toplama Araçları	40
3.3.1 Matematik Ağırlıklı STEM Modülü Tanımı	40
3.3.2. STEM Modül Değerlendirme Formu ve Matematik Ağırlıklı STEM Modülü Geliştirilme Süreci.....	41
3.3.2.1. STEM Modül Değerlendirme Formunun Geliştirilme Süreci.....	42
3.3.1.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünün Geliştirme Süreci.....	46
3.4. Veri Analizi	55
3.4.1. Nitelikli Değerlendirme	55
3.4.1.1. Mühendislik Not Defteri (MND).....	56
3.4.2. STEM Modül Değerlendirme Formu Veri Analizi	56
3.4.3. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü Veri Analizi	58
4. BULGULAR.....	60
4.1. STEM Modül Değerlendirme Formu	60
4.1.1. STEM Modül Değerlendirme Formunun Güncellenmesi	69
4.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü	72
4.2.1. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünün Güncellenmesi	82
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	88
5.1. STEM Modül Değerlendirme Formu	88
5.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü	91
5.3. Öneriler	100

KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	119
Ek 1. STEM Modül Değerlendirme Formu	119
Ek 2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü	134
ÖZGEÇMİŞ.....	154



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)	22
Şekil 3.1. Düzenlenmiş Mühendislik Tasarım Süreci (DMTS)	45



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1. STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin Geliştirilme Sürecine Ait Takvim...	42
Tablo 3.2. MA-STEM-M Tasarımı	55
Tablo 3.3. STEM-MDF Hazırlık Basamağı İçin Uzman Değerlendirme Sonuçlar	58
Tablo 3.4 Bağımsız Değerlendirmeler Arası Uyum Ölçme Tablo Örneği	59
Tablo 4.1 STEM-MDF Hazırlık Basamağı İçin Uzman Görüşleri	62
Tablo 4.2 STEM-MDF Tanımlama Basamağı İçin Uzman Görüşleri.....	63
Tablo 4.3 STEM-MDF Öğrenme Basamağı İçin Uzman Görüşleri	64
Tablo 4.4 STEM-MDF Planlama ve Prototip Oluşturma Basamağı İçin Uzman Görüşleri	65
Tablo 4.5 STEM-MDF Test etme ve Karar Verme Basamağı İçin Uzman Görüşleri	66
Tablo 4.6 STEM-MDF İletişim ve Grup Çalışması Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri	67
Tablo 4.7 STEM-MDF Yönerge Stratejileri Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri	67
Tablo 4.8 STEM-MDF Mühendislik Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri	68
Tablo 4.9 STEM-MDF Teknoloji Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri	69
Tablo 4.10 Modüldeki Hazırlık Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	73
Tablo 4.11 Modüldeki Tanımlama Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	74
Tablo 4.12 Modüldeki Öğrenme Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	76
Tablo 4.13 Modüldeki Planlama ve Prototip Oluşturma Derslerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	79
Tablo 4.14 Modüldeki Test Etme ve Karar Verme Derslerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	80
Tablo 4.15 Modüldeki İletişim ve Grup Çalışmasına Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	80
Tablo 4.16 Modüldeki Yönerge Stratejilerine Uzmanların Uygunluk Görüşleri.....	81
Tablo 4.17 Modüldeki Mühendisliğe Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	82
Tablo 4.18 Modüldeki Teknolojiye Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri	83

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABET	: Accreditation Board for Engineering and Technology
CCSSI	: Common Core State Standarts Initiative
CCSSM	: Common Core State Standarts for Mathematics
FeTeMM	: Fen Bilgisi, Teknoloji, Matematik, Mühendislik
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
MEB-YEĞİTEK	: Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü
MND	: Mühendislik Not Defteri
MTS	: Mühendislik Tasarım Süreci
MA-STEM-M	: Matematik Ağırlıklı STEM Modülü
STEM-MDF	: STEM Modül Değerlendirme Formu
NA	: National Academy
NAE	: National Academy of Engineering
NAEP	: National Assessment of Educational Progress
NCTM	: National Council of Teachers of Mathematics
NRC	: National Research Council
STEM	: Science, Technology, Engineering, Mathematics
STEM-ICA	: STEM Integration Curriculum Assessment
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

MATEMATİK AĞIRLIKLI BİR STEM MODÜLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİ VE MODÜLE YÖNELİK GÖRÜŞLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ESRA YILMAZ BİLİR

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı ve Matematik Eğitimi Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muhammet ARICAN

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat AKARSU

STEM eğitimi yaklaşımının önemi nedeniyle uygulanması ve geliştirilmesine yönelik adımlar atılmaktadır. Bu nedenle, STEM eğitimi yaklaşımına yönelik nitelikli programların hazırlanması eğitimciler için çok önemlidir. Nitelikli bir STEM eğitim uygulaması için alanda sınırlı sayıda STEM modülleri yer almakla birlikte var olan bu modüller fen bilgisi konularının öğretime yönelik olup, matematik bu modüllerde bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı ortaokul oran-orantı, alan ölçümü ve madde-ısı konularının öğretimi için matematik ağırlıklı STEM modülü geliştirmek ve geliştirilen bu modülün ve matematik eğitimi alanında ileride geliştirilecek olan modüllerin niteliğini değerlendirecek bir STEM değerlendirme formu oluşturmaktır. Bu çalışmada, geliştirilen matematik ağırlıklı STEM modülünün ve STEM değerlendirme formunun güvenilirliği ve geçerliliği uzman görüşleri alınarak araştırılmıştır. Bu çalışmada, tasarım temelli araştırma yöntemi kullanılmıştır. STEM değerlendirme formunun uzman görüşlerine göre Croanbach's alpha değeri 0,91 hesaplanmış olup yüksek düzeyde geçerlilik ve güvenilirliğin sağlandığını göstermektedir. Geliştirilen Matematik ağırlıklı STEM modülünün için uzmanlar arası görüş uyumluluğu %94 olarak belirlenirken modülün uzman görüşlerine göre

Croanbach's alpha değeri 0,80 olarak hesaplanmış olup yüksek düzeyde geçerlilik ve güvenilirliğin sağlandığını göstermektedir. Bu alışma ile geliştirilen matematik ağırlıklı STEM modülünün hem öğretmenler için düzenlenen eğitici eğitimi programlarında hem de yedinci sınıf ğrencilerinin eğitiminde kullanılabilir ve matematiğin ön planda olduğu STEM ğretim materyali eksikliğini gidermeye katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışma sürecinde geliştirilen STEM değerlendirme formunun ileride geliştirilecek STEM modüllerinin değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme aracı olarak alana katkı sunması amaçlanmaktadır.

Temmuz 2021, 154 Sayfa.

Anahtar Kelimeler: Matematik Ağırlıklı STEM Modülü, Mühendislik Tasarım Süreci, STEM Değerlendirme Formu, STEM Eğitimi Yaklaşımı

ABSTRACT

MASTER THESIS

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICS-BASED STEM MODULE AND ASSESSMENT OF OPINIONS PROVIDED ON THE MODULE

ESRA YILMAZ BİLİR

Kırşehir Ahi Evran University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mathematics Education

Supervisor: Doç. Dr. Muhammet ARICAN

II. Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Murat AKARSU

Due to the importance of the STEM education approach, necessary steps are taken for its implementation and development. For this reason, it is very important for educators to prepare qualified programs for the STEM education approach. Although there are a limited number of STEM modules in the field for the application of a qualified STEM education, the existing modules are mostly developed for teaching science subjects and mathematics is used as a tool in these modules. The aim of this study is to develop a mathematics-based STEM module for teaching middle school ratio-proportion, area measurement and matter-heat subjects and to create a STEM evaluation form that will evaluate the quality of this module and the modules to be developed in the future in the field of mathematics education. The reliability and validity of the developed mathematics-based STEM module and STEM evaluation form were investigated by taking expert opinions. Design-based research method was used in developing this study. According to the expert opinions, the Croanbach's alpha value of the STEM evaluation form was calculated as 0,91 that indicated that a high level of validity and reliability. While the agreement between the experts for the developed mathematics-based STEM module was determined as 94%, the Croanbach's alpha value was calculated as 0,80 according to the expert opinions on the module, indicating that a high level of validity and reliability was achieved. The mathematics-based STEM module

developed in this study will contribute to eliminating the lack of STEM teaching materials, in which mathematics is at the forefront, that can be used both in professional development programs designed for teachers and in the education of seventh grade students. In addition, the STEM evaluation form developed in this study will contribute to the field as an evaluation tool for the evaluation of STEM modules to be developed in the future.

July 2021, 154 Pages.

Keywords: Engineering Design Process, Mathematics-Based STEM Module, STEM Evaluation Form, STEM Education Approach



GİRİŞ

Bu bölümde ilgili alan yazın taranarak problem durumu, problem cümlesi, araştırmanın önemi, araştırmanın sınırlılıkları, araştırmanın varsayımları ve ilgili tanımlar verilmiştir.

1.1. Problem Durumu ve Araştırmanın Amacı

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte toplumun yaşam tarzında oluşan dönüşümlerin sanayi ve eğitim yaklaşımlarında da değişimi beraberinde getirdiğini görmekteyiz. Yirmi birinci yüzyıl dünyasında nüfusun giderek yaşlanması ve bununla beraber bireye özgü yaşamsal alan taleplerinin artması bizleri yeni bir toplumsal anlayış olan Toplum 5.0 ile karşı karşıya bırakmıştır. Bireye özgü yapay zekâ ağırlıklı yeni yaşam ekolojisini tasarlamak sanayinin de dönüşümüne kapı açmıştır. Sanayi 4.0 olarak adlandırdığımız bu dönüşüm yolculuğu birçok değişimi de beraberinde getirmiştir. Bu değişimlerden biri olan kobotların (grup olarak çalışan robotlar) etkin ve yaygın çalıştığı karanlık fabrikalar yeni dünya düzeninde ihtiyaç duyulan insan iş gücünün karakteristik özelliğini kökten değiştirmiştir. Toplum ve sanayi ihtiyacındaki böylesi kökten değişimlerin sonucu olarak 21. yüzyıl yeni nesillerin en üst seviyeden, analitik akıl yürütme, grup çalışması yapabilme, yaratıcılık, karmaşık problemleri çözme ve etkili iletişim kurabilme becerilerine sahip olmasını gerekli kılmaktadır (Bowman, 2010; Bybee, 2010). Bu gereklilik yeni bir eğitim yaklaşımının doğmasına neden olmuştur.

Yukarıda bahsedilen gerçek yaşam gereksinimlerinin doğası gereği, disiplinler arası eğitim yaklaşımlarının öğrenilmesi ve uygulanması zorunlu hale gelmiştir (Moore, Mathis, vd., 2014; Wang vd., 2011). Disiplinlerin entegrasyonunda en çok bilinen fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonu olup, bu entegrasyon STEM kısaltması ile ifade edilmektedir. STEM kısaltması İngilizce ‘S’cience, ‘T’echnology, ‘E’ngineering, ve ‘M’athematics, disiplinlerinin baş harflerinden oluşmuştur (Ring vd., 2017). Ülkemizde ise bu öğretim modeli, ‘Fe’n bilimleri, ‘Te’knoloji, ‘M’ühendislik, ve ‘M’atematik olmak üzere bu disiplinlerin baş harflerinden oluşarak FeTeMM olarak isimlendirilmiştir. Çalışmamızın bundan sonraki aşamalarında alan yazında yaygın kullanımından dolayı ‘STEM’ kısaltması kullanılacaktır.

Alan yazında STEM eğitime yönelik birçok tanımlama olmakla birlikte bu çalışmada kullanılacak STEM eğitim yaklaşımı tanımı şu şekildedir: “Gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran, ürün odaklı olmayan süreç ve beceri odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır” (Akarsu vd., 2020, s. 158). STEM eğitim yaklaşımı ile öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları problemleri anlamlandırmaları, bu problemlere yönelik çözümler üretmeleri ve bu çözümler için gerekli olan mühendislik tasarımlarını ve teknolojiyi kullanarak kendilerini geliştirmeleri hedeflenmektedir. Bu bağlamda, eğiticiler öğrencilere STEM eğitim yaklaşımını kullanarak etkili bir öğretim yapmak için nitelikli modüllere ihtiyaç duymaktadırlar (Guzey vd., 2016; Moore, Stohlmann, vd., 2014).

Alan yazına baktığımızda STEM eğitim yaklaşımına göre hazırlanmış nitelikli modüller az sayıdadır (Moore, Stohlmann, vd., 2014, Guzey vd., 2016). Var olan modüller fen bilgisi konularının öğretimine yönelik olup, matematik bu çalışmalarda elde edilen verilerin analizindeki işlemleri gerçekleştirmek için bir araç olarak kullanılmıştır (Örneğin; Aydın-Günbatar, 2018; Aydın ve Karşlı, 2019; Kasim ve Ahmad, 2018; Khalil ve Osman, 2017; Pekmez vd., 2018; Topalsan, 2018). Galileo’ya göre adına doğa denen kitabın dilinin matematik olması (Burt, 2014) ve matematik disiplinin fen bilgisi, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin her birinin doğasında bulunması (Schmidt ve Houang, 2007; Patrick ve Neill, 2016) disiplinler arası eğitim yaklaşımında matematiğin merkeze alınıp diğer disiplinlere göre etkin olarak kullanıldığı modüllerin tasarlanmasını gerekli kılmaktadır. Bu gereklilik matematik ağırlıklı bir STEM modülünün nasıl geliştirileceği ile ilgili araştırma yapma ihtiyacını ortaya koymuştur. Yapılan alan yazın araştırmaları sonucunda matematik ağırlıklı STEM modülünde matematik konularından oran-orantı ve alan ölçümü, fen bilgisi konularından ise madde ve ısı konusunun öğretimine yer verilmiştir.

Matematik konularının temel bir bileşeni olan oran-orantı günlük hayattaki problemlerin anlaşılmasında büyük öneme sahiptir (Cramer ve Post, 1993). Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme matematiğin temelini oluşturan kavramlar olmakla birlikte cebir, kesirler yüzdeler, geometri gibi konuların anlaşılmasında da önemli bir role sahiptirler (Lesh vd., 1987). Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme kavramlarının hem günlük hayattaki hem de diğer matematik konularının öğrenilmesindeki önemine rağmen, yapılan çalışmalarda öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin bu kavramları anlamakta zorlandıkları ve oran-orantı

konusundaki performanslarının yetersiz olduğu belirtilmiştir (örneğin, Arıcan, 2019b; Clark, 2008; Modestou ve Gagatsis, 2007; De Bock vd., 1998; Hart, 1984).

Diğer bir matematik konusu günlük hayatın birçok alanında karşılaştığımız alan ölçümü konusudur. Fiziksel varlıkların boyutunun ölçülmesini anlamak, öğrencilerin sayıların soyut dünyasını nesnelerin somut dünyasına taşımasını sağlar (Hiebert, 1981). Alan konusu kesirlerin ve bileşik sayıların çarpımını öğretmek için bir model olarak kullanılabilir (Hirstein vd., 1978). Hem günlük hayat hem de matematiğin diğer konularının öğrenim ve öğretimindeki rolüne rağmen National Assessment of Educational Progress (NAEP) [Ulusal Eğitim Gelişimini Değerlendirme] sınav sonuçlarına göre ilköğretim ikinci kademedeki öğrencilerin alan kavramını anlamakta zayıf oldukları (Blume vd., 2007) ve alan formüllerini kavramsal olarak anlayamadıkları ortaya çıkmıştır (Battista, 2003; Van de Walle vd., 2012). Yapılan çalışmalarda, öğrencilerin yaşadığı zorluklara paralel olarak öğretmen adaylarının (Bilir, 2018) ve öğretmenlerin de (Dorko ve Speer, 2015) alan konusunu anlamakta zorlandıkları ve düşük performans gösterdikleri belirtilmiştir.

Fen bilgisi konularından madde ve ısı konusu fen bilgisi disiplininin önemli bir konusudur. Bu konu ısı enerjisinin korunmasında ve ısı iletkenliğinden yararlanma hususunda sanayi, inşaat ve endüstriyel uygulamalar gibi günlük hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkmakta ve hayatımızı kolaylaştırmak için gerekli olan bilgilerin temelini oluşturmaktadır. Altıncı sınıf madde ve ısı ünitesi ile verilen ısı, ısı iletkenliği ve ısı yalıtkanlığı gibi kavramlar ilerleyen sınıflarda işlenecek fen bilgisi konularının anlaşılmasında önemli bir role sahiptirler (Er-Nas ve Çepni, 2016). Madde ve ısı ünitesi soyut kavramlar içermesi yönüyle öğrencilerin anlamakta zorlandıkları bir ünedir (Er-Nas ve Çepni, 2016; İnal ve Aydın, 2015). Alan yazında madde ve ısı ünitesi ile ilgili az sayıda çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar ısı ve sıcaklık (Aydoğan vd., 2003; Başer ve Çataloğlu, 2005) ile ısının yayılması (Yaşar ve Kırbaşlar, 2013; Ayvacı ve Durmuş, 2016) kavramlarının anlaşılmasına yöneliktir. Isı iletkenliği ve yalıtkanlığına yönelik çalışmalar az sayıdadır. Bu çalışma, ısı iletkenliği ve yalıtkanlığının öğretimine yönelik günlük hayat problemlerinin STEM eğitim yaklaşımı bağlamında kullanıldığı nitelikli ve ayrıntılı bir ders planı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Yapılan araştırmalar sonucunda öğrencilerin ilgili matematik ve fen konularını anlamakta zorlanmalarının nedenlerinden birisinin de dersin öğretim yöntemi ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Van de Walle vd., 2012). Bu bağlamda, bu çalışmada matematikten oran-antı ve alan ölçümü, fen bilgisinden madde ve ısı konularının öğrenimindeki zorlukların

giderilmesi ve öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini kazandırılması için yedinci sınıf öğrencilerine yönelik matematik ağırlıklı STEM modülünün (MA-STEM-M) geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan alan yazın taraması sonucunda, geliştirilecek olan bu modülün değerlendirilmesi için bir değerlendirme formunun olmayışı da fark edilmiş ve araştırma sürecinde bir STEM modül değerlendirme formu (STEM-MDF) geliştirilmiştir. Son olarak, geliştirilen MA-STEM-M'nin ve STEM-MDF'nin geçerliliği ve güvenilirliği bu çalışmada araştırılmıştır.

1.2. Problem Cümlesi

Bu çalışmanın problem cümleleri;

1. Geliştirilen STEM modül değerlendirme formu geçerli ve güvenilir bir değerlendirme aracı mıdır?
 2. Geliştirilen matematik ağırlıklı STEM modülü, değerlendirme formuna göre geçerli ve güvenilir bir öğretim aracı mıdır?
- olarak belirlenmiştir.

1.3. Araştırmanın Önemi

Etkili bir STEM eğitiminin uygulanmasında yaşanan zorluklara bakıldığında, öğretmenlerin içerik bilgisi, etkili müfredat modelleri ve bilhassa materyal ve kaynak eksikliği öne çıkmaktadır (Guzey vd., 2016; Moore, Stohlmann, vd., 2014). Son zamanlarda STEM eğitimine dair modül ihtiyacının giderilmesine yönelik çalışmalar olsa da doğası gereği diğer disiplinlerde kullanılan ve günlük hayat problemlerinin çözümünde etkin rol oynayan matematiğin ana unsur olarak ele alındığı, mühendislik tasarım süreci (MTS) kullanılarak geliştirilen matematik ağırlıklı bir STEM eğitim modülüne yapılan alan yazın taramasında rastlanmamıştır. Ayrıca matematik ağırlıklı STEM modülünün geliştirilme sürecine yönelik bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Bunlara ek olarak, ileride geliştirilecek matematik ağırlıklı STEM modüllerinin etkililiğini değerlendirecek bir değerlendirme formu da bulunmamaktadır. Bundan dolayı, bu çalışmada matematiğin disiplinler arası entegrasyonda etkin rol almasını sağlayan matematik ağırlıklı bir STEM eğitim modülü ve bu modülün değerlendirilmesi için bir STEM değerlendirme formu geliştirilmiştir. Bir üst paragrafta bahsedilen alan yazındaki eksikliklerden dolayı geliştirilen MA-STEM-M, öğretmenler için düzenlenen eğitici eğitimi programlarında uygulanabileceği gibi yedinci sınıf öğrencilerinin eğitimi için de kullanılabilir ve matematiğin ön planda olduğu STEM öğretim materyali eksikliğini gidermeye katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte, matematik ve fen konularını entegre etmesinden dolayı bu konuların daha etkili öğretimi konusunda da faydalı olacaktır. Ayrıca, bu çalışma sürecinde geliştirilen STEM-MDF'nin ileride geliştirilecek STEM modüllerinin değerlendirilmesine yönelik bir değerlendirme aracı olarak alana katkı sunması amaçlanmaktadır.

1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmanın sınırlılıklarından birisi geliştirilen STEM-MDF için STEM eğitim yaklaşımına hâkim fen bilgisi veya matematik alanında çalışmış dört uzmandan görüş alınmasıdır. Bu nedenle, fen bilgisi ve matematik alanında çalışmış uzmanların yanı sıra mühendislik eğitimi, teknoloji eğitimi ve ölçme değerlendirme alanlarında uzman araştırmacılarında sürece eklenmesi daha etkili olabilirdi.

Her ne kadar uzman görüşüne göre modülün STEM modül değerlendirme formuna göre geçerliliği ve güvenilirliği yüksek seviyede olsa da yedinci sınıf seviyesindeki öğrencilere uygulanamayışı bu çalışmanın diğer bir sınırlılığıdır.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

Bu çalışmada araştırmacı, araştırma süreci boyunca yansız davrandığı, araştırmada görüş bildiren uzmanlar arasında olumlu veya olumsuz bir etkileşim olmadığı ve çalışmaya katılan uzmanların STEM modülü değerlendirme formuna objektif bir şekilde cevaplar verdikleri varsayılmıştır.

1.6. Tanımlar

Uzman: STEM eğitim yaklaşımına yönelik çalışmalar yapmış, STEM modülü geliştirmiş ve uygulamış ve STEM projelerinde çalışmış olan araştırmacılarıdır.

STEM Modülü: STEM eğitim yaklaşımının uygulanması için fen bilgisi, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin, belirlenen kazanımlarının öğretim planlamasını ve uygulama içeriğini tanımlayan ders planlarının birleştirilmiş halidir.

Mühendislik Tasarım Süreci: Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) [Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu] (2008) tarafından mühendislik tasarım süreci; gerçek hayat problemlerini çözen fen, matematik, teknoloji ve mühendislik bilimlerinin uygulandığı tekrarlı (iterative) ve sistematik bir karar verme süreci olarak tanımlanmaktadır.

Matematik Ağırlıklı Modül: Verilen senaryonun tasarımı ve problemin çözümü için matematik öğretimi felsefesinin ve matematiksel düşüncenin ön plana alındığı, gerekli matematik ile ilgili aktivite sayısı, kazanımların belirlenen seviyeye uygunluğu ve ders saatinin diğer disiplinlere oranla daha fazla olduğu modüldür.

STEM Eğitim Yaklaşımı: STEM Eğitim Anlayışı, gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç ve süreç, beceri, bilgi ve tutum odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır.

STEM Eğitiminde Teknoloji: Gerçek hayat probleminin çözüme yönelik mühendislik bağlam ve prensipleri doğrultusunda ilgili fen ve matematik konularının edinimi ve tasarım sürecinde gerekli araç ve gereç kullanımına olanak tanınmasıdır.

Dijital Teknoloji: Yazılım, simülasyon, grafik hesaplayıcıları, web araçları, vb. araçlar olarak tanımlanmaktadır.

Dijital Olmayan Teknoloji: Açık ölçek, cetveller, kalem, termometre, dereceli silindir, yaylı teraziler vb. araçlardır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. STEM Eğitim Yaklaşımı

2.1.1. STEM Eğitim Yaklaşımına Neden İhtiyaç Duyulmuştur?

İnsanoğlunun ihtiyaçlarının değişmesiyle birlikte belirli dönemlerde bazı devrimler gerçekleştirilmiştir. İnsan hayatını kolaylaştırmak ve üretimde devamlılığı sağlamak adına yapılan bu devrimler çoğunlukla sanayi alanındadır. On sekizinci yüzyılda buhar makinesinin icadıyla başlayan “Sanayi 1.0” dönemi, 19. yüzyılda elektriğin keşfiyle birlikte iş bölümüne dayalı seri üretime geçilerek yerini “Sanayi 2.0” dönemine bırakmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte 20. yüzyılın başlarında bilgisayarın icat edilmesi ile “dijital devrim” denilen dönem, “Sanayi 3.0” başlamıştır. Bu dijital dönüşümle birlikte özellikle Almanya’nın gelişmiş ülkelerle olan üretim rekabetini arttırmak için teknolojinin entegrasyonu ile birlikte geliştirilen otonom sistemler ile yeni bir döneme adım atılmıştır. Yirmi birinci yüzyılın devrimi olan ve “Sanayi 4.0” olarak tanımlanan bu dönemde otonom sistemlerin kurulması ile sanal ortamlar üzerinden Kobotların (grup halinde çalışan robotlar) kullanılarak üretim yapıldığı “karanlık fabrikalar” denilen insansız akıllı fabrikalar kurulmuştur. Bu karanlık fabrikalardaki robotların birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışmaları ve insanlarla iş birliği yapabilmeleri, otonom sistemler içerisinde gerekli bileşenlerin entegrasyonunun sağlanması ile daha hızlı, güvenli, nitelikli ve verimli bir üretimin elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Sanayi 4.0 devriminin gerçekleşmesi, son yıllardaki yaşlı nüfus oranının yükselmesi, bireysel yaşam alanlarına olan ihtiyacın artması, sanal dünya ile toplumlar arasında uyumlu iş birliğinin sağlanması, nitelikli eleman ihtiyacı, çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi (Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, t.y.) sosyolojik ve çevresel etkiler yeni bir toplumsal anlayış ihtiyacını ortaya koymuştur. Bu ihtiyaca binaen dijital teknolojide dünya devlerinden olan Japonya, teknolojinin insanlar tarafından bir tehdit değil, bir yardımcı olarak algılanması gerekliliği felsefesi üzerine inşa edilen “Toplum 5.0” devrimini ortaya çıkarmıştır. “Süper akıllı toplum” olarak da isimlendirilen Toplum 5.0, Sanayi 4.0 devrimi ile gerçekleşen yapay zekâ, büyük veri analizi, nesnelerin interneti gibi teknolojik gelişmeler ile toplumun üst seviyede entegrasyonunun sağlanmasını hedeflemektedir. Yani, Sanayi 4.0’ın sağladığı gelişmelerden toplumların en yüksek seviyede yararlanarak yaşam kalitelerini artırabilmesine odaklanılmakta (Harayama, 2017) ve Sanayi 4.0 ile insan işgücüne olan ihtiyacın azalması ile işsizliğin artması ve bazı meslek türlerinin yok olması

gibi durumların olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir (Saracel ve Aksoy, 2020). Bunun için yukarıda bahsettiğimiz teknolojileri yönetmek ve birbirleri ile entegrasyonunu sağlayarak daha yüksek teknolojilere ulaşabilecek nesilleri yetiştirmek gerekmektedir. Bu nesilleri yetiştirmek uygun eğitim sistemi ve öğretim yöntemleri ile mümkündür. Jack Ma, dünya ticaret forumunda yaptığı konuşmada 30 yıl içerisinde eğitim öğretim yöntemlerimizi değiştirmesek eğitim sistemlerimizi çok büyük problemlerin beklediğini belirtmiştir (Dünya Ekonomi Formu, 2018). Burada bahsedilen öğretimin geleneksel öğretim yöntemleri ile değil, öğrencinin merkezde olduğu, yapılandırmacı bir yaklaşımla bilgiye ulaştığı ve bu bilgiyi diğer disiplinlerle birlikte uygulayarak problemleri çözebilecek şekilde öğrenmesi gerekliliğidir. Bu nedenle 21. yüzyıl dünyasında sanayi ve toplum ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik yaşanan bu değişimler eleştirel düşünce, yaratıcılık, karmaşık problemleri çözebilme, grup çalışması yapabilme, etkili iletişim kurabilme, teknolojik okur yazarlık, bilimsel okuryazarlık gibi becerilere sahip bireylerin yetiştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur (Aranda vd., 2020; Bowman, 2010; Bybee, 2010). Burada verilen becerilerin gelişimi birçok disiplinin entegrasyonunu ihtiva ettiğinden, günümüzde STEM eğitimi yaklaşımı büyük bir öneme sahiptir denebilir.

2.1.2. STEM Eğitim Yaklaşımı Nedir?

Değişen dünyada ülkelerin yapılan yenilikçi reformlara uyum sağlaması ve sosyal-ekonomik düzeylerini bir üst seviyeye taşıyabilmeleri ancak eğitim sisteminde yapılacak reformlarla mümkün olabilir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerin eğitim sistemlerine bakıldığında bilimsel süreci iyi yöneten, gelişime ve değişime açık, üreten bir sistem oluşturma çabası içerisinde oldukları görülmektedir. Yeni bir sistem oluşturma çabalarına paralel olarak sistemleri üretecek ve kontrolünü sağlayacak, 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylere ve bu bireyleri yetiştirecek eğitim sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç ancak disiplinlerin bütünlük olarak ele alındığı eğitim sistemi ile mümkündür. Son zamanlarda, bütünlük eğitim yaklaşımlarına yönelik yapılan çalışmalarda STEM eğitimi yaklaşımı ön plana çıkmaktadır (Akgündüz vd., 2015; Brown vd., 2011). STEM eğitimi, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonundan oluşan bir eğitim yaklaşımıdır.

Alan yazındaki çalışmalara bakıldığında, STEM eğitimi yaklaşımının Türkçe'ye uyarlanmasında birtakım problemler olduğu göze çarpmaktadır. Bunlardan birisi 'Science' kelimesinin 'Fen bilgisi' olarak değil de 'bilim' olarak alan yazına geçmesidir. STEM

eğitimi yaklaşımının çıkış yeri olan Amerika'ya baktığımızda 'Science' fen bilimleri disiplinine karşılık gelmektedir. 'Bilim' kelimesi matematik, mühendislik, teknoloji gibi bütün disiplinleri bünyesinde barındırması nedeniyle anlam karmaşasına neden olmaktadır. Bu nedenle, 'Science' kelimesinin fen bilgisi disiplinini temsil ettiği unutulmamalıdır. Alan yazına baktığımızda, STEM eğitimi yaklaşımının birçok tanımlamasının olduğu görülmektedir (Roberts, 2012; Shaughnessy, 2013; Wang vd., 2011). Bu tanımlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Wang ve arkadaşları (2011) STEM eğitimini, matematik, fen bilgisi, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin arasındaki engelleri kaldıran disiplinler arası bir ğretim yaklaşımı olarak tanımlar. Shaughnessy (2013) ise "mühendisliğin takım çalışması ve tasarım metodolojisini birleştirip, uygun teknolojiyi kullanarak, matematik ve fen bilgisi disiplinlerine ait kavram ve prosedürleri içeren problemleri çözmeyi ifade eder" (s. 324) şeklinde tanımlamıştır. Roberts (2012)'a göre STEM eğitimi, birbiriyle bağlantılı ancak farklı alanlar olan fen bilgisi, teknoloji, mühendislik ve matematik ile ilgili bilgi ve becerileri öğrencilere kazandırmayı hedefleyen ve öğrencilerin bu bilgi ve becerileri gerçek dünyada karşılaştıkları yeni problemleri çözmek için kullanmalarını amaçlayan bütünleşik bir yaklaşımdır. Yapılan tanımlara baktığımızda STEM eğitiminin bütünleşik yapısı, gerçek hayat problemleri içermesi ve bu problemlere çözüm üretme imkânı sunması, grup çalışmasına olanak sağlaması ve STEM disiplinlerine yönelik bilgi ve becerilerin kazanımını sağlaması gibi konulara değinilmiştir.

Uysal ve Cebesoy (2020) STEM eğitiminin tasarım ve süreç odaklı bir yaklaşım olduğuna dikkat çekmiştir. Akarsu ve arkadaşları (2020) yukarıda yer alan STEM eğitimi tanımlarından yola çıkararak verilen bütün özellikleri bünyesinde barındıran yeni bir STEM eğitimi yaklaşımını tanımını yapılmıştır. Bu tanıma göre STEM eğitim yaklaşımı, "Gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran, sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç ve beceri odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır" (Akarsu vd., 2020, s. 158). Bu alışma Akarsu ve arkadaşlarının (2020) yaptığı STEM eğitim yaklaşımını tanımını çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

2.1.3. STEM Eğitim Yaklaşımının Özellikleri

Alan yazındaki çalışmalara bakıldığında, STEM eğitim yaklaşımının sahip olması gereken bazı özellikler bulunmaktadır (Aydın-Günbatar, 2019; Moore, Glancy, vd., 2014; Ring, vd., 2017). Bu özellikler aşağıda verilmiştir:

1. STEM eğitimi yaklaşımı, doğası gereği disiplinler arası bir yaklaşımdır (Falloon vd., 2020; Wang, vd., 2011). Günlük hayat problemlerinin yapısının karmaşık olması, problemlerin çözümünün çok disiplinli olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır (Beane, 1995; Çorlu vd., 2014; Moore, Glancy, vd., 2014). Disiplinler arası yaklaşım, iki veya daha fazla disiplini bir araya getirerek bu disiplinlere bağlı kavram ve becerilerin derinlemesine incelenmesidir (English, 2016).
2. STEM eğitimi yaklaşımı gerçek hayat problemleri içermelidir. Bu problemler öğrencinin seviyesine uygun ilgi çekici ve motive edici şekilde oluşturulmalıdır (Carlson ve Sullivan, 2004).
3. STEM eğitimi yaklaşımında yaygın olarak MTS teorik çerçevesi kullanılmaktadır (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2014). Farklı formlarda hazırlanmış mühendislik tasarım süreçleri olmakla birlikte nihai hedef STEM disiplinlerinin bütünleşik olarak ele alındığı bir yöntem ile problemlere çözüm üretilmesidir.
4. STEM eğitimi yaklaşımı öğrencilere karar verme sürecinde kanıta dayalı açıklama fırsatları sunar (Mathis vd., 2018). Öğrenciler bu süreçte bireysel ve grup olarak belirledikleri hipotezleri, bu hipotezleri destekleyen verilerle tartışır. Karar verme süreçlerinde kanıtlara dayalı kararlar verilmesi, öğrenme sürecinde ve uygulamalarda önemli bir unsurdur (Smyrniou vd., 2015).
5. STEM eğitim yaklaşımı tekrarlı bir tasarım süreci içerir (ABET, 2013). Etkili bir STEM eğitimi yaklaşımı, tekrarlı süreçlerin uygulanabileceği şekilde planlanır. Bu şekilde öğrencilerin bilişsel seviyeleri, daha üst seviyedeki kazanımlara hazırlanabilir (Brophy vd., 2008; Moore, Glancy, vd., 2014). Öğrencilerin nitelikli bir çözüme ulaşabilmeleri için ihtiyaç duydukları taktirde tasarım sürecini tekrarlayabilmelerine olanak sağlar. Tekrarlama sürecinde öğrenciler problemi tekrardan analiz edebilir ve problem için yeni çözüm yöntemleri araştırarak etkili bir plan oluşturabilir.

6. STEM eğitim yaklaşımında öğrenme süreci ayrıntılı bir şekilde planlanmalıdır. STEM eğitimi yaklaşımının amaçlarından birisi de öğrencilerin ilgili kazanımları edinebilmesidir. Bilişsel olarak düşük seviyeden başlanarak daha yüksek seviyeli kazanımlara doğru bir ilerleme süreci gereklidir (Guzey ve Aranda, 2017). Bu süreç derinlemesine analiz edilerek planlanmalı ve uygulanan etkinliklere göre öğrenciyi düşündürmeye sevk edecek sorular ve ipuçları hazırlanmalıdır.
7. STEM eğitimi yaklaşımı öğrencilere hatalarından ders çıkartarak yeniden öğrenme fırsatları sunar. Öğrenciler hatalarının nedenlerini bulmak için tartışmalar ve analizler yaparlar. Bu şekilde yapılan hatalardan yeni öğrenmeler gerçekleşir. Bu yeni öğrenmeler, öğrencilere problemin çözümüne yönelik yeni tasarımlar oluşturarak farklı deneyimler yaşamalarına olanak sağlar (Carroll, 2019; Guzey, vd., 2016).
8. STEM eğitimi yaklaşımında süreç en az ortaya çıkan ürün kadar önemlidir. Bu süreçte öğrenilen kavramlar nitelikli bir ürünün çıkarılmasındaki ana unsurdur. Bu nedenle, öğrenilmesi istenilen kazanımlara öğrencilerin ulaşmasında süreç belirleyici bir faktördür (Akarsu, vd., 2020).
9. STEM eğitimi yaklaşımı probleme çeşitli çözümler üretilmesine imkân sağlar. STEM eğitimi yaklaşımında gerçek hayat problemleri, öğrencilerin problemin çözümüne dair farklı tasarımlar oluşturabilecekleri şekilde tasarlanır (Akarsu, vd., 2021; Guzey, vd., 2016). Burada tek bir doğru cevap olmasındansa çözümdeki çeşitlilik önemlidir. Problemin çözümünde çeşitliliğin sunulması öğrencilerin farklı yollar takip edebilmesine olanak sağlar.
10. STEM eğitimi yaklaşımında grup çalışması önemli bir role sahiptir. Grup çalışması ile öğrenciler arasında etkili bir iletişim sağlanarak akran öğrenimi desteklenir. Öğrenciler birbirlerinden edindikleri bilgilerle yanlışlarını düzelterek yeni öğrenme fırsatları yakalar (Chou ve Lin, 2015). Bu nedenle grup çalışması, doğası gereği STEM eğitimi yaklaşımının temel unsurlarındandır (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2014; Thibaut vd., 2018).

Yukarıda bahsedilen bu özelliklere baktığımızda STEM eğitim yaklaşımının temelinin yapılandırmaca kurama dayandığı görülmektedir. Yapılandırmacı kuramın öğrencilerin öğrenme sürecinin merkezinde olduğu öğrenci merkezli bir öğretmeyi içermesi (Draper,

2002; Simon, 1995) ve öğrencilerin çevreleriyle olan etkileşimleri sonucunda yeni bilgiler oluşturmaya olanak sağlaması (Gagnon ve Collay, 2005) nedeniyle STEM eğitiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, öğrenmenin sosyal yönünün öneminden dolayı (Sriraman ve Lesh, 2007) öğrencilerin verilen problemlerin çözümü için grup olarak çalışmaları gerekmektedir. Grup çalışmasının grup içi öğrenmeye, iletişime ve üst bilişi teşvik etmeye olan katkısı, grup çalışmasının etkili öğrenme ortamlarının önemli bir bileşeni olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Grup çalışması uygulaması, farklı cinsiyet, yetenek, sosyal becerilere sahip öğrencilerin öğrenmeyi gerçekleştirmek için ortak bir görev üzerinde küçük gruplar halinde çalışarak birbirlerinin öğrenmelerine olanak sağladıkları bir süreçtir (Açıkgöz, 1992). Bu süreçte gruplar oluşturulur, grup içerisinde belirlenen her bir öğrenciye düşen görev belirlenir ve öğrenciler kendilerine düşen görevi grup arkadaşlarıyla tartışarak keşfeder. Tartışma sonucuna göre bir akış şeması çizilir, bilgiler toplanır ve analizi yapılır, problemin çözümüne yönelik geliştirme planları yapılır, yapılan planlar uygulanır, gerekli görülen değişiklikler grup içerisinde tartışılarak karara bağlanır.

Yapılandırmacı kuramın önem verdiği bir diğer husus da öğrencinin öğrenmelerinin değerlendirilmesidir. Öğrenmeye dayalı bu süreçte öğretmenler öğrencinin ön bilgi olarak bildikleri ile öğrenmek istedikleri bilgi arasında köprü oluşturacak şekilde basit bir değerlendirme ortamı tasarlar (Gagnon ve Collay, 2001). Yapılandırmacı öğrenim ortamlarının bireylerin neyi nasıl öğrendiklerini önemseydiği, öğrenme aktivitelerinin merkezinde uygulama ve bilginin aktif bir şekilde kullanımını ele alan ve sözel bilgilerin, temel becerilerin, problem çözme, bilişsel stratejiler ve tutumlar içeren çoklu öğrenme düzeylerine göre tasarlanabilir. Bununla birlikte yapılandırmacı kuramda ölçme ve değerlendirme, öğrenme sürecine uyarlanarak sonuçtan çok öğrencinin öğrenme süreci ölçülür (Reeves ve Okey, 1996). Ayrıca, öğrenme sürecinde öğrencilerin grup çalışmaları, ürün ve sınıf içindeki durumları ele alınarak, bilimsel beceriler performansa dayalı bir şekilde değerlendirilmekte ve öğrenciler kişisel dosyaları yardımıyla gelişimleri izlenmektedir (Semerci, 2001; Özden, 2005). Yapılandırmacı kuramda sadece ürün veya davranış odaklı bir değerlendirmeden ziyade ürün ile sürecin de değerlendirildiği bir anlayış hakimdir. Bu değerlendirme yaklaşımı, alan yazında alternatif değerlendirme olarak tanımlanmaktadır (Özdemir, 2010). Bu değerlendirme tek bir doğru cevabı olan çoktan seçmeli testlerin de içinde bulunduğu geleneksel değerlendirmenin dışında kalan bütün değerlendirme aktivitelerini içerir ve bu değerlendirme aktiviteleri gerçek hayatla ilişkili olup öğrenci merkezlidir (Özdemir, 2010). Alternatif değerlendirme sürecinde kullanılan

ölçme ve değerlendirme yöntem ve araçları vardır. Bu araçlardan bazıları, öğrenci ürün (seçki) dosyası (portfolyo), günlükler, performans görevi/ödevi ve performans değerlendirme, proje, öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, gözlem, görüşme, poster, sunum değerlendirme ve dereceli puanlama anahtarları (rubrik)'dir (Özdemir, 2010). Genel olarak bu ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarının temelinde ürünün ve sürecin ölçülüp değerlendirildiği çoklu değerlendirme yaklaşımı bulunmaktadır.

Sonuç olarak hem öğrenme sürecindeki öğretmenin ve öğrencinin rolü hem de öğrenmenin değerlendirilmesi yönüyle yapılandırmacı kuramın sunduğu bu fırsatlar nitelikli bir STEM eğitim yaklaşımının uygulanması için önemlidir. Bu nedenle, STEM eğitimi yaklaşımının temeli yapılandırmacı kurama dayanır.

2.1.4. Bütünleşik STEM Eğitimi ve Faydaları

Dünyanın ileri gelen ülkelerine baktığımızda gelişim seviyelerini daha ileri taşımak için STEM eğitimi üzerine araştırmalar yaparak raporlar hazırladıkları görülmektedir. Daha güçlü bir ABD için National Academy (NA) [Ulusal Akademi] 2006 yılında yayınladığı raporda, gelecekteki matematikçilerin, mühendislerin, bilim adamlarının ve teknoloji uzmanlarının gelişimine yönelik endişelerin artması ve büyüyen küresel ekonomiyle rekabet gücünü artırılması için STEM eğitimi çalışmalarına yeniden hız verildiği belirtilmiştir (Wang vd., 2011). Aynı şekilde Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri (MEB-YEĞİTEK) Genel Müdürlüğü'nün 2016 yılında yayınladığı raporda çağın gereksinimlerini karşılayan, 21. yüzyıl becerilerine sahip, yaratıcı, sorgulayıcı, problemlere çözüm üretebilen bireyler yetiştirmenin milli eğitim sisteminin amaçları arasında yer aldığını ve bu amaca hizmet eden bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı gibi yenilikçi yaklaşımlardan faydalanılarak ülkemizin eğitim sistemine dahil edilmesinin bir zorunluk olduğunu belirtilmiştir.

STEM eğitimi yaklaşımında yer alan farklı disiplinlerin bütünleşik olarak ele alınması, günümüzde karşılaşılan karmaşık problemlerin çözümü için önemli bir gerekliliktir (Aranda vd., 2020; Berry vd., 2012; Johnston vd., 2019; Moore, Stohmann, vd., 2014). ABD'nin National Academy of Engineering (NAE) [Ulusal Mühendislik Akademisi] 2009 raporuna göre, küresel problemlerin nitelikli bir şekilde çözülebilmesi için fen, matematik, mühendislik ve teknoloji disiplinlerinin bütünleşik kullanılması önemlidir. Yapılan çalışmalara bakıldığında 'bütünleşik' kavramını tanımlamak için kullanılan terminoloji hakkında net bir ifade yoktur (Beane, 1995; Czerniak vd., 1999; Lederman ve Niess, 1997).

Alan yazında bütünleşik kavramını tanımlamak için çoğunlukla çok disiplinli (multidisciplinary) ve disiplinler arası (interdisciplinary) olmak üzere iki yaklaşımdan bahsedilmektedir (Drake ve Burns, 2004). Lederman ve Niess (1997) yaptıkları çalışmada, çok disiplinli ve disiplinler arası yaklaşımlar arasındaki temel farklılıkları açıklamak için tavuk çorbası ve domates çorbası metaforunu kullanmışlardır. Yapılan tanımlamalarda, çok disiplinli yaklaşımda, her bir bileşen için direkt olarak karışım olmadan, kendi benliğini koruyarak bir bütün oluşturmasını ‘şehriyeli tavuk çorbası’ olarak nitelendirilmiştir. Diğer taraftan, disiplinler arası yaklaşımı bütün bileşenlerin birbiriyle karıştırıldığı ve kolayca ayıramadığı bir ‘domates çorbası’ olarak değerlendirmiştir. Başka bir ifade ile çok disiplinli bir yaklaşımda, bileşenler arası sınırlar belirgin olduğu için öğrenci her konuyu kolayca birbirinden ayırabilir. Genel olarak, çok disiplinli yaklaşımlar konuya dayalı içerik ve becerilerle başlar ve biter (Beane, 1997; Bellack ve Kliebard, 1971). Bu nedenle, öğrencilerin farklı derslerde edindiği içerik ve becerileri ders dışında birbiriyle ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Örneğin, öğrenciler tarih dersinde kurtuluş savaşı konusunu işleyip, müzik dersinde bu konu ile ilgili türkü öğrenerek bu iki ayrı dersin konusu olan ‘kurtuluş savaşı’ temasını kullanarak ders dışı ilişkilendirme yapabilir. Disiplinler arası yaklaşımda ise konular arasındaki sınırlar belirgin değildir. Disiplinler arası yaklaşım, herhangi bir konuyla ilgili bir veya birden fazla disiplinin içeriğini ve elde edilmesi gereken becerilerini merkez alan bir problem veya sorunla başlar (Beane, 1997; Bellack ve Kliebard, 1971). STEM eğitimi yaklaşımında öğrenciye bir problem durumu verilir ve bu problemin çözümünde gerekli olan disiplinleri birlikte kullanarak bir çözüm inşa etmesi beklenir. Disiplinler arası yaklaşımın bu özelliği nedeniyle STEM eğitiminde çoğunlukla bu yaklaşım benimsenmektedir (Moore, Glancy vd., 2014). Bu nedenle, STEM eğitimi yaklaşımı disiplinleri, bölümlere ayrılmış disiplinlerden entegre edilmiş çok disiplinli bir eğitime dönüştürmektedir (Riechert ve Post, 2010). Yani, STEM eğitimi yaklaşımı, disiplinlerin ayrı ayrı ele alındığı bir eğitim anlayışından (geleneksel anlayış) entegre edilmiş çok disiplinli (STEM disiplinleri) bir eğitime doğru bir geçiş yapar. STEM eğitimi yaklaşımı disiplinler arası yaklaşımda, konuya dayalı içerik ve beceriler yerine disiplinler arası içerik ve becerilere odaklanılır (Drake, 1991; Jacobs, 1989). Örneğin, denklemler konusunda $x+3=9$ denkleminin çözümünü öğrenen öğrenciye bir bağlam içerisinde denklemin çözümünün öğretilmesi konuya dayalı içeriğin entegrasyonu olabilir. Fakat disiplinler arası entegrasyonda disiplinlerin içeriklerinin birbiriyle bütünleşmesi gerekir.

STEM eğitimi yaklaşımı, öğrencilerin STEM disiplinleri arasında bağlantılar kurmasını sağlamakla birlikte öğrencilerin hem disiplinlerin kendi içerisinde hem de disiplinler arasında gerekli bilgi ve beceri oluşturmalarını destekler (NAE ve National Research Council [NRC], 2014) ve özellikle gerçek yaşam problemleri ile disiplinleri daha anlamlı hale getirmektedir (Honey vd., 2014). Bu nedenle, bu çalışmada disiplinler arası bütünleşik kavramının kullanıldığı bir STEM eğitimi yaklaşımı ele alınmıştır.

Alan yazındaki çalışmalara göre bütünleşik STEM eğitiminin doğru ve nitelikli bir şekilde gerçekleştirilmesi için birçok yol vardır (Bybee, 2013; Hurley, 2001; Jacobs, 1989). Jacobs (1989)'a göre STEM disiplinlerini bütünleşik bir şekilde sunmanın altı farklı yolu vardır. Birincisi, disiplin ağırlıklı bir yaklaşımdır. Yani farklı disiplinler, farklı zamanlarda ve farklı sınıflarda öğretilir. İkincisi, herhangi bir konu ya da problem belirlenerek STEM disiplinleri bu konuya bağlantılı bir şekilde öğretilir. Üçüncüsü, bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımını oluşturan disiplinlerin bazıları birlikte öğretilirken, bazıları ayrı ayrı öğretilir. Dördüncüsü, bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımını oluşturan disiplinlerin bazıları amaçlı bir şekilde birbirleri ile bağlantılı bir şekilde öğretilir. Beşincisi, öğrencinin yaşantısından gerçek hayat problemi oluşturularak bütünleşik STEM eğitimi disiplinleri, bu problemin çözümünün bulunması için öğretilir. Son olarak, öğrencilerin günlük hayatlarından edindikleri probleme çözüm üretebilmeleri için bütünleşik STEM eğitim yaklaşımını oluşturan disiplinlerin hepsi bütünleştirilerek öğretilir. Jacobs (1989)'a göre, bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımında daha başarılı olmak için, okullar farklı kombinasyonlar yaparak, farklı disiplinleri entegre edip disiplinlerin birbirleriyle olan bağlantılarının açıklayacak şekilde kendi müfredatlarını geliştirebilir.

Jacobs (1989)'un çalışmasına benzer şekilde, Hurley (2001) çalışmasında STEM disiplinlerini bütünleşik bir şekilde sunmanın beş farklı yolundan bahseder. Birincisi, disiplinler aralarında sıralanarak öğretilir. Örneğin; önce matematik sonra fen bilgisi öğretilir. İkincisi, disiplinlerin hepsi aynı anda öğretilir. Yani fen bilgisi ve matematik disiplini aynı anda öğrenciye keşfettirilebilir. Üçüncüsü, disiplinler belirli bir süreliğine birlikte öğretilir. Bu düzeyde, fen bilgisi ve matematik konuları kısmen beraber ele alınabilir. Dördüncüsü, fen bilgisi veya matematik disiplinlerinden biri ana disiplin olarak belirlenir ve diğer disiplinler belirlenen ana disiplinin öğrenilmesini kolaylaştırmak için destek olarak kullanılabilir. Son olarak, fen bilgisi ve matematik iki ana disiplin olarak belirlenir ve diğer disiplinler bu iki disiplinin anlaşılmasını kolaylaştırmak için kullanılabilir. Hurley (2001)'in edindiği sonuçlara göre öğrenciler farklı bütünleşik

seviyelere uygun STEM modüllerinin oluşturulması ana disiplinde öğrencilerin daha yüksek başarılar göstermelerine neden olabilir. Örneğin, matematik disiplini ana disiplin olarak seçildiği ve diğer disiplinlerin matematik disiplininin anlaşılmasını kolaylaştırmak için kullanıldığı bütünleşik düzeyde öğrencilerin matematik başarıları diğer disiplinlere göre daha fazla olabilir.

Hurley (2001) ve Jacobs (1989) dışında Bybee (2013) STEM entegrasyonu için dokuz farklı yaklaşıma değinmiştir. Birincisi, sadece fen bilgisi veya matematik odaklı olunması; ikincisi, hem fen bilgisi hem matematik odaklı olunması; üçüncüsü, teknoloji mühendislik ve matematik üçlüsünün katılımı ile fen bilgisi odaklı bir yapı; dördüncüsü, fen bilgisi, matematik, teknoloji ve mühendisliğin ayrı ayrı öğretilmesi; beşincisi, matematik ve fen bilgisinin teknoloji ve mühendislik programı ile birbirlerine bağlanması; altıncısı, disiplinler arası koordinasyon ile disiplinlerin öğretimi; yedincisi, iki veya üç disiplinin birleştirilmesi, sekizincisi, disiplinler arasında tamamlayıcı örtüşme; dokuzuncu ise disiplinler arası öğretim programı kullanılmasıdır.

Yukarıda bahsedildiği üzere, STEM eğitimi yaklaşımında birçok farklı entegrasyon türü olmasına rağmen alan yazında sıkça kullanılan iki entegrasyon çeşidi bulunmaktadır: içerik entegrasyonu ve bağlam entegrasyonu (Moore, Mathis, vd., 2014). İçerik entegrasyonu, iki veya daha fazla içerik alanının bir araya getirilerek öğrencinin “büyük fikri” anlamasını sağlamak için anlamlı bir ders ya da ünite oluşturulmasıdır. Burada “büyük fikir” ile kastedilen farklı içerik alanlarının yaşam kalitesini artırma amacı için gerçek yaşam problemlerinin doğası gereği bir arada verilmesidir. Her disiplinin bütünleştirilmesi bu fikri anlamak için gereklidir. Örneğin, Moore, Mathis vd. (2014) öğrencilerden, havuzdaki suyu temizlemeleri için bir su arıtıcısı tasarımlarını istemiştir. Çözüm için tasarımın bir parçası olarak mühendislik ve tasarımı uygulamak için teknoloji disiplinlerine ihtiyaç duyulmuştur. Aynı zamanda, temiz suyun tanımlanması için suyun sahip olması gereken içerikleri belirlemede fen bilgisi disiplini kullanılırken, bu içeriklerin oranlarının belirlenmesinde veri analizine yani matematik disiplinine ihtiyaç duyulmuştur. Dolayısıyla, problemin çözümü için dört disiplinin aynı anda ve aktif bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Bağlam entegrasyonu ise, bir disiplinin odağının diğer disiplinlerin üzerine yerleştirilerek ve birincil içeriği öğretmek için anlam ve motivasyon yaratan bir ortam sağlamak adına ikincil disiplinlerin kullanılmasıdır (Moore, Mathis vd., 2014). Aydın ve Günbatır (2018) yaptıkları çalışmada, öğrencileriyle elmanın kararmasını engellemek için bir etkinlik düzenlemiştir. Bu etkinliğin esas odağı fen bilgisi disiplini iken, mühendislik ve teknoloji disiplinleri ikincil

disiplinler olarak kullanılmıştır. Etkinlik sırasında eğer öğrenciler elma dilimlerini farklı pH değerine sahip çözeltilerde saklamak gibi bir çözüm üretmeyi tercih ederlerse pH dengelerini belirlemek için veri analizi kullanarak matematiği ikincil bir disiplin olarak uygulamaya dahil edebilir. Burada amaç öğrenci tarafından sadece fen bilgisi kazanımlarının doğru bir şekilde öğrenilmesidir. Diğer disiplinlerin kazanımlarının edinimi hedeflenmemektedir. Bu uygulama çeşidi bağlam entegrasyonuna örnek olarak gösterilebilir.

Bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımında kullanılan bağlam ve içerik entegrasyonu öğrencilerin disiplinlerin birbiriyle olan bağlantılarını algılamalarını kolaylaştırmaktadır (Moore ve Smith, 2014). Smith ve Karr-Kidwell (2000), STEM eğitimi yaklaşımının disiplinler arası doğasını “öğrenmenin birbirine bağlı, odaklanmış ve anlamlı hale gelmesi için [bireysel] disiplinleri birbirine bağlayan bütünsel bir yaklaşım” olarak tanımlamıştır (s. 24). Burada bağlam ve içerik entegrasyonu yaklaşımları verilen tanımdaki amaca ulaşmak için uygundur. Diğer bir noktada Akarsu ve arkadaşları (2020)’nin bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımına yönelik sadece ürün odaklı değil aynı zamanda süreç odaklı olduğu şeklindeki tanımı her bir disiplinin üzerine derinleşilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, içerik entegrasyonu, bağlam entegrasyonuna göre her bir STEM disiplininin derinlemesine incelenebilmesine olanak sağladığından (Moore, Mathis vd., 2014) bu çalışma kapsamında hazırlanan modülde fen bilgisi, matematik, mühendislik ve teknoloji disiplinlerinin entegrasyonunu sağlamak için içerik entegrasyonu kullanılmıştır.

Nitelikli bir STEM eğitimi için disiplinlerin doğru bir şekilde entegre edilmesi önemlidir. Entegrasyonun nitelikli bir şekilde yapıldığı STEM eğitimi yaklaşımları ile eğitimde birçok fayda sağlanmaktadır. Moore (2008)’e göre öğrenciler günlük hayat problemlerinden yola çıkarak her bir disipline yoğunlaşıp bu disiplinlerle ilgili anlayışlarını derinleştirir. STEM entegrasyonu, probleme çözüm üretmek için farklı disiplinleri öğrencinin yaparak yaşayarak öğrenme yoluyla anlamasına olanak sağlar. Sosyal ve kültürel olarak ilgili STEM bağlamlarına ve öğrencilerin STEM alanlarına girme yollarını arttırır. STEM disiplinlerine olan ilgiyi genişleterek fen bilgisi, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini birleştirir.

2.1.5. Bütünleşik STEM Eğitimi Yaklaşımında Mühendislik Disiplininin Rolü

Öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemlere karşı analitik düşünüp bu problemlerin çözümüne yönelik fikirler üretmeleri gerekmektedir. Bu gereksinimin karşılanmasında en önemli yardımcımız mühendislik disiplinidir. Mühendislik disiplini

özünde problemleri bir amaca yönelik çözmek için bir düşünme yoludur (Dym, 1999). ABD’de birçok eyalette fen bilgisi müfredatının içine mühendislik müfredatı eklemeleri yapılarak STEM eğitimi geliştirilmeye çalışılmıştır (Kuenzi vd., 2008; Moore, Tank vd., 2013; Strobel vd., 2011). Mühendisliğin STEM derslerine entegrasyonunu destekleyen ABD’deki bir başka ulusal rapor müfredatın mühendislik tasarımını vurguladığını, STEM'in tüm disiplinlerini entegre ettiğini ve mühendislik düşüncesinin gelişimini teşvik ettiğini göstermektedir (NAE ve NRC, 2009). Ülkemizde ise diğer ülkelerin gerçekleştirdiği reformlar, yapılan akademik çalışmalar ve yapılan anketlerden elde edilen veriler ışığında 2018 yılı itibariyle ortaokul 7. ve 8. sınıflar için öğretim programına “teknoloji ve tasarım dersi” eklenerek mühendislik tasarım fikri ile öğrencilerin tanışması hedeflenmiştir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018).

Mühendislik, gerçek dünyada var olan karmaşık problemlere çözümler üretebilmek için fen bilgisi, matematik ve teknoloji disiplinlerinin kullanılmasını gerektiren bir disiplindir (Sheppard vd., 2009). Bu nedenle, mühendislik tasarımının eğitim üzerindeki etkisine yönelik mühendislik tasarım tanımlamaları yapılmıştır. ABD’deki NAE (2010) mühendislik tasarımını "bir problemin tanımlanmasıyla başlayan ve belirlenen kısıtlamaları dikkate alan ve istenen performans için spesifikasyonları karşılayan bir çözümle biten yinelemeli bir süreç" olarak tanımlamaktadır (s. 6-7). Bir başka tanımda ise Dym ve arkadaşları (2005) mühendislik tasarımını “tasarımcıların, biçim ve işlevi probleme çözüm isteyen birey/kurumların amaçlarını veya kullanıcıların ihtiyaçlarını belirli bir dizi kısıtlamayı sağlayacak şekilde karşılayan cihazlar, sistemler veya süreçler için kavramlar oluşturduğu, değerlendirdiği ve belirlediği sistematik, akıllı bir süreç” olarak tanımlamaktadır (s. 104). Mühendislik tasarımı, ABD’deki Fen Eğitimi Çerçevesi raporunda (NRC, 2012) anaokulundan 12. sınıfa kadarki eğitimde hem öğrenciler tarafından öğrenilecek uygulamalardan biri hem de disiplinlerin temel fikri olarak tanımlanmıştır. Verilen tanımlara bakıldığında mühendislik tasarımı, öğrenciler tarafından öğrenilecek uygulamaların ve disiplinlerin temeli olan, gerçek hayat problemlerinin tanımlanması ve belirlenen kriter ve kısıtlamalar eşliğinde probleme çözüm talep eden kişi/kurum taleplerini sağlayacak şekilde sistemler veya süreçler için kavramların oluşturulduğu, bu kavramların değerlendirildiği, sistematik ve tekrarlı bir süreç olarak ifade edilebilir. Mühendislik tasarımının bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımına sağladığı önemli katkılar vardır. ABET (2013)’e göre mühendislik tasarımı, fen bilgisi, matematik ve teknoloji disiplinlerini anlamlı bir şekilde birleştirir. Mühendisliğin diğer STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesindeki bu bağlayıcı

görevi “ekmek hamuru” metaforu ile açıklanabilir. Ekmek hamurunu oluşturan temel malzemeler un, tuz, maya ve sudur. Un, tuz ve mayanın aktif hale gelerek bütünleşik bir yapıya ulaşmasını sağlayan, bizi hedefe götüren yani malzemeleri hamura dönüştüren unsur su dur. Burada suyu bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımındaki mühendislik disiplini, diğer malzemeleri ise bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımındaki diğer disiplinler olarak ele alabiliriz. Bununla beraber mühendislik tasarımı, disiplinlerin bütünleşik yapısını motive edici hale getirir (Brophy, vd., 2008; Douglas vd., 2004; Thornburg, 2009). STEM disiplinlerinin anlamlı bir şekilde bütünleştirmesi için zengin, ilgi çekici ve motive edici kapsamlı bağlamlar sunulmalıdır (Moore, Glancy, vd., 2013). Bu bağlamlar sayesinde öğrenciler günlük hayatlarında karşılaştıkları birçok sorunun çözümünde STEM disiplinlerinin nasıl bir rol oynadığını keşfeder. Bu keşif sürecine bağlam sağlayarak mühendislik tasarımı, öğrencilerin matematik ve fen bilgisi içeriklerini öğrenmelerine katkı sunar (Cantrell vd., 2006; NAE ve NRC, 2009). Mühendislik tasarım görevlerinin karmaşık yapısı öğrencilerin iletişim becerilerinin ve ekip çalışmasının geliştirilmesini teşvik eder ve STEM kariyerlerine (mühendis, yazılım geliştirici vs.) karşı tutumlarını geliştirecek eğlenceli ve uygulamalı bir ortam sağlar (Hirsch vd., 2007; Koszalka vd., 2007).

Nitelikli bir bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı için mühendislik tasarımının önemi açıkça görülmektedir. Disiplinlerin bir tasarım bünyesinde öğrencilere sunulduğunda disiplinler arasında daha anlamlı bağlar kurdukları, disiplinlerin ne işe yaradığını görmelerinin onları motive ettiği ve öğrenmelerine katkı sunduğu görülmektedir. Mühendislik tasarımı ile STEM disiplinlerini birbirine bağlamanın öğrenciler için faydalı olduğuna dair kanıtlar göz önüne alındığında, öğrencilere mühendislik hakkında bilgi edinmeleri ve örgün eğitimlerine mühendislik tasarımının eklenmesi için fırsat verilmesi zorunludur.

2.1.5.1. Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)

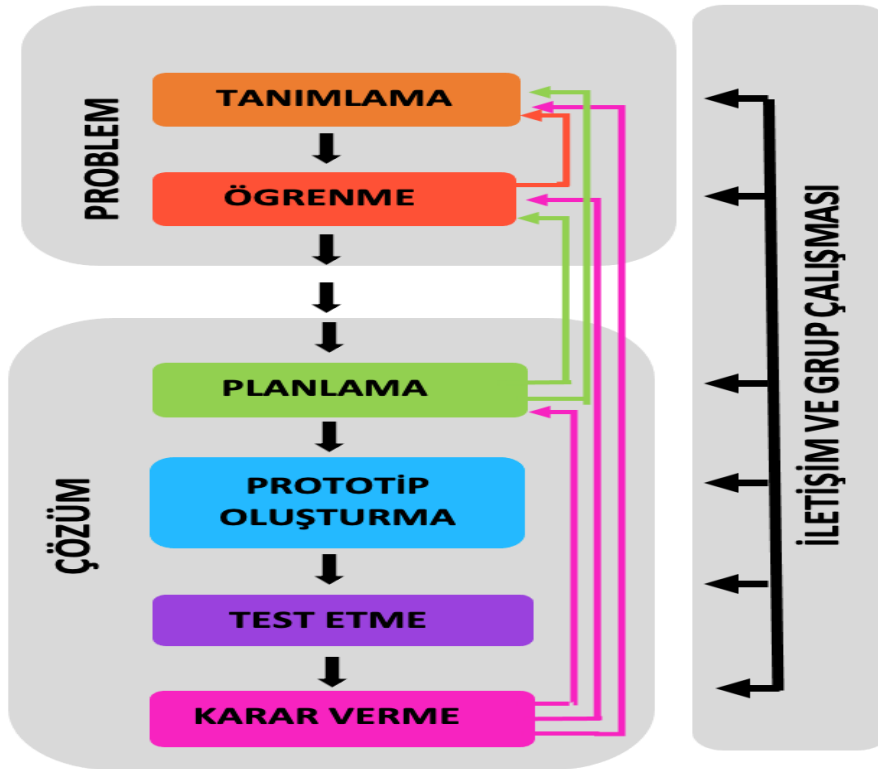
ABD'deki NAE ve NRC (2009)'nin ortaklaşa yayınladıkları “Anaokulundan 12. Sınıfa Eğitimde Mühendislik” raporunda bahsi geçen aralıktaki tüm sınıf düzeylerinde verilecek mühendislik eğitimi için üç ana ilke belirtmişlerdir. Birinci ilke, mühendislik tasarımına odaklanılması gerekliliği iken, ikinci ilke, matematik, fen bilgisi ve teknolojiyi içeren bir mühendislik eğitiminin okullarda verilmesidir. Üçüncü ve son ilke ise anaokulundan 12. sınıfa kadar verilecek mühendislik eğitiminin, mühendis düşünce yapısının edinimini teşvik etmek için sistemsal düşünce, yaratıcılık, iyimserlik, iş birliği, iletişim ve etik hususlara dikkat ile uyumlu olması gerekmektedir.

Moore, Stohlman ve arkadaşları (2014) çalışmalarında NAE ve NRC (2009)'nin bu çalışması ile uyumlu olacak şekilde anaokulundan 12. sınıf seviyesine kadar tüm seviyelere uygun mühendislik müfredatını geliştirmek ve değerlendirmek için altı ilkeden oluşan bir çerçeve geliştirmiştir. Bu ilkelerden birincisi, nitelikli bir bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımının müfredatı motive edici ve ilgi çekici bir içeriğe sahip olmalıdır. Müfredat, öğrencilerin verilen problemin çözümüne dahil olabilmelerini sağlayan, bireysel olarak anlamlı bağlantılar kurabilecekleri, çeşitli bağlamlara sahip olmalıdır (Brophy vd., 2008; Carlson ve Sullivan, 2004; Frykholm ve Glasson, 2005). İkinci olarak müfredat; problem çözme, yaratıcılık ve üst düzey düşünme becerilerini geliştirmek amacıyla zorlayıcı bir amaç için ilgili teknolojilerin mühendislik tasarım zorluklarına öğrencilerin katılmasını içermelidir (Morrison, 2006). Üçüncü ilke, müfredat öğrencilerin başarısızlıktan ders almasına ve ardından yeniden tasarlama fırsatına sahip olmasına izin vermelidir (Moore, Guzey, vd., 2014). Dördüncü ilke, müfredatın okul öğrenimi ile uyumlu olması ve uygulama için harcanan zamanın öneminden dolayı, müfredat ana hedefler olarak matematik ve / veya fen bilgisi içeriğine sahip olmalıdır (Fortus vd., 2004; Harris ve Felix, 2010; Mehalik vd., 2008). Müfredat, teknolojiler geliştirmek için mühendislik tasarımını kullanarak öğrencilerin fen ve / veya matematikteki yeteneklerini geliştirmelidir. Hatta tüm süreçte diğer STEM dışı disiplinlerle ilişki kurmak daha da iyi olur. Beşinci ilke, matematik ve / veya fen içeriğinin öğretilmesine yönelik pedagojilerin araştırma, keşif, vb. öğrenci merkezli pedagojiler olması gerekir (Smith vd., 2005; Furner ve Kumar, 2007; Stinson vd., 2009). Bu pedagojiler, öğrencilerin fen bilgisi veya matematik bilgilerini kavramsal anlamayı derinleştirecek şekilde geliştirmelerine yardımcı olur. Son ilke olarak, iyi tasarlanmış STEM entegrasyon müfredatı ekip çalışmasına (Carlson ve Sullivan, 2004; Selingo, 2007; Smith vd., 2005) ve iletişime (Dym vd., 2005; NAE ve NRC, 2009; Selingo, 2007) imkân tanır.

NAE ve NRC (2009)'nin ilkeleri ile Moore, Stohlman ve arkadaşları (2014)'nin ilkelerini incelediğimizde öğrencilerin tüm sınıf düzeyinde mühendislik tasarımına katılmaları için mühendisliğin doğasını anlamaları ve detaylı planlanmış bir tasarım sürecine dahil olmaları gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, STEM disiplinlerinin bütünleşik yapısının nasıl kurulabileceği ile farklı çalışmalar yapılmıştır. Guzey ve arkadaşları (2016) bu çalışmalardan Jacobs (1989), Hurly (2001) ve Bybee (2013)'nin bütünleşik yaklaşım yöntemlerinin, yüksek düzeyde kavramsallaştırmayı sağlamada kullanışlı olsa da disiplinlerin bütünleşik olarak ele alındığı bir öğretim için bir kılavuzun eksikliğinden bahsetmişlerdir. Bu şekildeki bir kılavuzun oluşturulma yolculuğunda Atman ve arkadaşları (2007) mühendislik

tasarımının beş temel teması olduğunu belirtirler. Birinci tema, problem kapsamı ve bilgi toplama; ikincisi, proje gerçekleştirme; üçüncüsü, alternatif çözümleri göz önünde bulundurma; dördüncüsü, tasarım faaliyetini zaman içine yayma ve sonuncu tema ise çözüm kalitesini tekrar gözden geçirmedi. Temalardan daha derine inip mühendislik tasarım sürecini ayrıntılandırmayı hedefleyen çalışmalar da olmuştur. Örneğin, Museum of Science [Fen Bilimleri Müzesi], (2009) mühendislik tasarım sürecinin basit bir modelini, sorma, hayal etme, planlama, yaratma ve geliştirme adımlarından geçen bir problem çözme süreci olarak ifade etmiştir. Lakin, bu çalışmalar mühendislik tasarım sürecine kılavuz olacak kapsam ve içeriği tam olarak yansıtmamaktadırlar (Moore, Stohlman, vd., 2014).

Bütünleşik STEM eğitime yönelik modüllerin geliştirilmesine kılavuzluk etmesi için Moore, Glancy ve arkadaşları (2013) alan yazındaki etkili STEM çalışmalarını inceleyerek altı basamaktan oluşan bir MTS teorik çerçevesi geliştirmişlerdir. Bu basamaklar; tanımlama, öğrenme, planlama, prototip oluşturma, test etme ve karar verme basamaklarıdır. Geliştirilen MTS teorik çerçevesi belirlenen ilkeleri yapılan diğer çalışmalara göre daha kapsamlı, açık ve anlaşılır şekilde içerdiği için bu çalışmada STEM-MDF ve MA-STEM-M geliştirme sürecinde Moore ve arkadaşlarının (2013) geliştirdiği MTS teorik çerçevesinden yararlanılmıştır (Bkz. Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Mühendislik Tasarım Süreci (MTS) (Moore, Glancy, vd., 2013)

Tanımlama: Mühendislik tasarım sürecinin başlangıcında öğrencilere bir günlük hayat problemi verilir. Öğrencilerden verilen problem ile kendi yaşamlarından bağlantılar kurmaları istenir. Bu şekilde öğrencilerin probleme karşı olan ilgi ve motivasyonları artırılabilir. Bu basamakta öğrencilerden problemi analiz etmeleri istenir. Öğrenciler tarafından problemin çözümünün önemi kavranarak problem tanımlanır. Problemin çözümüne yönelik kriter ve kısıtlamaların önemine değinilir ve ilerleyen aşamalarda bu kriter ve kısıtlamalara göre ilerleneceği öğrenciye aktarılır. Bununla birlikte, öğrencilerin problemi eksiksiz ve doğru bir şekilde anlaması önemlidir. Öncelikle öğretmen problemin önemine ve çözümüne yönelik öğrencilere uygun ipuçları veya açık uçlu sorular sorarak onları konu üzerinde düşünmeye sevk etmelidir. Ayrıca, öğretmen problemin daha anlaşılır olması için öğrencileri soru sormaya teşvik etmelidir. Bu basamağın sonunda öğrenciler problemin kriter ve kısıtlamalarını belirleyerek, çözümün gerekliliğine ve önemine dair nedenleri öğrenmiş olur (Moore, Glancy, vd., 2014).

Alan yazındaki çalışmalar, tanımlama ve öğrenme basamaklarının mühendislik tasarım sürecinin en önemli ve zor basamakları olduğunu belirtmektedir (Cross, 2001; Cross ve Clayburn Cross, 1998; Jain ve Sobek, 2006). Öğrencilerin problem durumunu doğru tanımlamaları ve bu tanımlama ışığında mühendislik tasarım sürecinden yararlanarak problemi çözümü için gerekli olan matematik ve fen bilimleri konularını öğrenmeleri problemin çözümü için bu iki basamağın önemini ortaya koymaktadır (Jain ve Sobek, 2006). Bununla birlikte, MTS'nin her aşamasında problem durumunun düzenli olarak tekrar edilmesi, problemin daha iyi anlaşılmasında etkili olduğu araştırmacılar tarafından desteklenmektedir (Aranda vd., 2020; Atman vd., 2007; Moore, Glancy vd., 2013; Yang, 2005). Tanımlama basamağı içerisinde problem durumunun her öğretim sürecinin başında öğretmen tarafından tekrarlanması, öğrenciyi düşünmeye sevk edecek açık uçlu sorular sorulması ve ipuçları verilmesi, öğrencinin soru sormaya cesaretlendirilmesi problem durumunun anlaşılmasını ve ilerleyen aşamalarda daha kolay hatırlanmasını sağlayacaktır. Araştırmalara göre, problemin tanımlanması sürecindeki en büyük zorluk, problem durumunun öğrenciler tarafından açık ve net bir şekilde anlaşılmamış olması olarak ifade edilmektedir (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2013; Yang, 2005). Mühendislik tasarım sürecinin basamakları birbiriyle bağlantılı olduğundan problem durumunun anlaşılmaması öğrencilerin sürecin diğer aşamalarında da sorun yaşamasına ve zaman kaybetmelerine neden olduğu belirtilmektedir. Bu tarz sorunların oluşmaması için öğrenciler, problem tanımlama sürecinde önce grup üyeleri olarak birbirlerine düşünmeye

sevk edici sorular sormalı ve aralarında tartışmalar yapmalıdır. Daha sonra sınıf içinde gruplar halinde tartışma ortamları yaratılarak bütün öğrenciler sürece dahil edilmelidir. Bu tartışma ortamında öğrencilerden gelen sorular ve cevapları öğretmen tarafından dikkatlice dinlenmelidir. Tanımlama basamağının sonunda problem durumunun öğrenciler tarafından anlaşılıp anlaşılmadığını tespit etmek için öğrencilere açık uçlu sorulardan oluşan değerlendirme ölçeğinin olduğu bir değerlendirme yapılmalıdır.

Öğrenme: Öğrenme basamağı, nitelikli bir mühendislik tasarım sürecinde en önemli basamaklarından biridir (Jain ve Sobek, 2006). Bu basamak problemin tanımlama basamağında elde edilen bilgiler ışığında problemi çözmek için gerekli olan fen bilgisi ve matematik konularına ait bilgiler öğrenilir. Burada amaç çok bilgi öğrenilmesi değil ihtiyaç duyulan bilginin öğrenilmesidir. Gereğinden çok bilginin öğrenilmesi, problemin çözümüne ulaşma hususunda, diğer basamaklarda ilerlemeyi yavaşlatabilir (Christiaans ve Dorst, 1992; Atman vd., 2007). Öğrenme basamağında, öğretmenin, grup içinde ya da gruplar arasında tartışma ortamları kurarak öğrencilerin fikir üretmelerini sağlaması, problemin çözümü için gerekli olan bilgilerin öğrenilmesinde büyük önem taşır. Bu tartışma ortamları, öğrencilerin fen bilgisi ve matematik disiplinlerine yönelik problemin çözümünde kullanılacak bazı hipotezler kurmalarını sağlamalıdır. Öğrencilerin bu hipotezleri kanıtlarıyla birlikte açıklamaları anlamlı öğrenme için çok önemlidir. Bu süreçte öğrencilere problemin çözümü için uygun standartlarda matematik ve fen bilgisi kazanımlarının belirlenmesi ve bu kazanımların öğrencinin merkezde olduğu yapılandırmacı yaklaşım ile keşfettirilmesi, öğretim süreci boyunca edinimi istenilen kazanımların kazandırılması için önemli bir husustur. STEM modülleri ortalama olarak 10-20 saat arası planlanmaktadır. Bu nedenle, süreç boyunca öğrencilerde problem durumuna yönelik odak kaymaları ya da unutmalar yaşanabilir. Bu durumun önüne geçmek için uygulama boyunca her dersin başında açık uçlu sorular sorularak öğrencilerin problemin çözümü için gerekli kriter ve kısıtlamaları hatırlaması sağlanmalıdır. Öğretmenler bütünlük STEM eğitimi yaklaşımına göre geliştirilen STEM modüllerinin uygulanmasında büyük önem arz eden ve oldukça zorlayıcı olan tanımlama ve öğrenme basamaklarına yeterli süre ayırdıklarından emin olmalıdırlar.

Planlama: Planlama basamağında öğrenciler öğrenme basamağında matematik ve fen bilgisi disiplinlerinden elde ettikleri bilgileri kullanarak her bir öğrenci problemin çözümüne yönelik en az iki tane tasarım planı hazırlar. Öğrenciler bireysel olarak hazırladıkları tasarım planını grup arkadaşlarına kanıtları ile açıklar (Moore, Glancy, vd., 2014). Bütün grup üyeleri bireysel olarak kendi planlarını delilleri ile açıkladıktan sonra grup olarak bu planlar

üzerinde tartışarak ortak bir plan belirlenir. Grup üyeleri var olan planlar üzerinden problemin çözümüne katkı sağlayabilecek ortak bir plan belirleyemediği takdirde, grup olarak yeni bir plan hazırlanır. Öğrenciler grup olarak belirlenen tasarım planını, öğrendikleri fen bilgisi ve matematik bilgilerine dayandırarak delilleriyle birlikte açıklamalıdır. Bu açıklama öğrencilerin problem durumu üzerinde daha derin düşünerek anlamlı bağlar kurmalarına ve hangi aşamalarda nelerin yapılması gerektiğini nedenleriyle birlikte anlamalarına yardımcı olacaktır (Siverling vd., 2019). Planlama basamağında grup üyelerinin beyin fırtınası yapmaları, birbirleri ile iletişim içinde olmaları, oluşturulan planları tartışmaları, fikirlerini paylaşmaları, ortak kararlar alarak bu kararlara göre birlikte hareket etmeleri önemlidir. Bu sayede grup üyeleri birbirlerinin öğrenmelerine katkı sunabilir. Grup olarak belirlenen planın sınıftaki diğer gruplarla paylaşmak için her grup kendi planlarının poster sunumu hazırlamalıdır. Poster sunumu hazırlanırken öğrenciler neden böyle bir plan hazırladıklarını delilleriyle birlikte açıklamalıdır. Bu süreçte öğretmen her bir grubun düzenli aralıklarla takibini yaparak gerekli gördüğü yerde açık uçlu sorularla öğrencilerin planları kanıta dayalı bir şekilde sunmalarına yardımcı olmalıdır. Bu şekilde öğretmen öğrencilerin süreçte aktif olmalarına ve istenilen hedefe ulaşmalarına katkı sunar. (Moore, Glancy, vd., 2014).

Prototip Oluşturma: Prototip oluşturma basamağında ise her grup, grup üyeleriyle birlikte hazırladıkları plan çerçevesinde gerekli kriter ve kısıtlamaları göz önünde bulundurarak test etme amaçlı bir prototip geliştirirler (Moore, Glancy, vd., 2014).

Test Etme: Test etme basamağında gruplar tarafından hazırlanan prototipler, problemin çözümü için gerekli olan kriter ve kısıtlamalara olan uygunluğunu belirlemek adına teste tabi tutulur. Bu testten elde edilen verileri grup üyeleri tablolar oluşturarak ya da grafikler çizerek (manuel ya da program kullanarak) gruplandırıp grup üyeleri ile tartışılır. Yapılan tartışma sonucunda hazırlanan prototipin pozitif ve negatif yönleri belirlenmeye çalışılır.

Karar Verme: Karar verme basamağında, test etme basamağında elde edilen bulgular ışığında mühendislik tasarımının verilen problemin çözümüne olan uygunluğuna karar verilir. Eğer hazırlanan prototip istenilen kriter ve kısıtlamaları sağlamıyorsa yeniden tasarlama sürecine geçilir. Bu süreç probleme uygun yeni bir tasarım imkânı tanınması nedeniyle önemli bir süreçtir. Elde edilen veriler ışığında oluşturulan prototip problemin çözümü için gerekli şartları sağlayacak düzeyde ise karar verme aşamasına geçilmesi sağlanır. Daha sonra bu süreç, sınıftaki diğer öğrencilerle paylaşılmak üzere poster sunumu

olarak hazırlanır. Bu sunumda planlama sürecine, elde edilen verilere ve bu verilerin yorumlanması ile elde edilen karara yer verilmesi sağlanır (Moore, Glancy, vd., 2014).

Mühendislik tasarım süreci tekrarlanabilen bir süreçtir (Moore, Glancy, vd., 2013). Şekil 1. de verilen şemadaki renkli oklar bu sürecin yinelenebilir bir süreç olduğunu göstermektedir. Örneğin, öğrenciler karar verme basamağına geldiklerinde elde ettikleri çözümün problemde verilen kriter ve kısıtlamaları yeterince karşılamadığını düşündükleri takdirde, çözümleri ile alakalı sorunun nerden kaynaklandığı konusunda analiz yaparlar. Bu analize göre sorun hangi basamaktaysa (planlama, öğrenme veya tanımlama) o basamağına geri dönebilirler. Eğer sorun öğrenme basamağında ise öğrenciler ilgili konuya ait bilgileri (matematik/fen bilgisi) tekrardan öğrenir. Diğer basamakları (planlama, deneme, test etme, karar verme) sırasıyla takip ederek karar verme basamağına kadar ilerler. Bu süreçte öğrenciler yeniden planlama yapabilirler ve yeniden bir model (prototip) oluşturabilirler. Tekrardan test yaparak elde ettiği yeni veriler ışığında problemin çözümüne yönelik kararlar verebilirler. Benzer şekilde, öğrenci planlama aşamasında herhangi bir sorun yaşadığında sorunun kaynağını belirleyerek ilgili basamağına (öğrenme, tanımlama) geri dönebilir. Şekil 1 de yer alan siyah oklar grup çalışması ve iletişimin mühendislik tasarım sürecinin her bir basamağında önemli bir yere sahip olduğunun göstergesidir. Süreç boyunca öğrenciler grup olarak çalışarak probleme çözüm üretebilmek için sürekli bir iletişim halindedirler.

2.1.6. Nitelikli Bir STEM Modülü ve Özellikleri

Son yıllarda ülkemizde STEM eğitimini uygulamak ve geliştirmek adına önemli adımlar atılmış, STEM eğitime yönelik raporlar hazırlanmıştır. Bu raporlarda STEM okur yazarlığı ile ülkenin sosyo-ekonomik seviyesini ileri taşıyacak, küresel rekabeti arttırmaya katkı sağlayacak 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesinin gerekliliğinden bahsedilmektedir (MEB-YEĞİTEK, 2016; Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği [TÜSİAD], 2017; MEB, 2019; Millî Eğitim Bakanlığı- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2020). Ülkemizde STEM disiplinleri geleneksel olarak okul öncesinden 12. sınıfa kadar okullarda birbirinden bağımsız olarak öğretilse de bu raporlar STEM eğitimi yaklaşımının önemini ortaya koymaktadır. STEM eğitimi, ilgili disiplinlerin öğrenilmesini öğrencilerin yaşantılarıyla ilişkilendiren ve STEM disiplinleri arasındaki bağlantıları görmelerine yardımcı olan, öğrencilerin matematik/fen bilgisi konularını öğrenme motivasyonlarını artırabilen ve aynı zamanda bu disiplinlere ait kavramsal anlayışlarını geliştirebilen bütünlük bir yaklaşımı temsil eder (NAE ve NRC, 2014). Bütünlük STEM eğitimi

yaklaşımının sunduğu bu fırsatların sağlanabilmesi adına nitelikli müfredatlar eğitimciler için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, farklı disiplinlerin entegre edilerek öğrenmelerin daha nitelikli ve zengin içerikli hale gelmesi için eğitim müfredatlarının oluşturulması 21.yüzyıl eğitim sisteminin önemli gereksinimlerindendir (Bybee, 2013; NRC, 2009). Herhangi bir STEM programının başarılı bir şekilde uygulanması, kullanılan ders planlarının niteliği ile ilgilidir. Çeşitli çevrimiçi kaynaklar öğretmenlere bazı STEM etkinlikleri sağlasa da bu etkinliklerin nitelikleri değişiklik gösterir. Örneğin, fen sınıfları için STEM etkinlikleri ile ilgili arama yapıldığında bazı veriler çıkabilir. Fakat bu STEM etkinliklerinin birçoğu mühendislik tasarımı içeremeyebilir ve mühendislik tasarım sürecine vurgu yapmaz, ayrıca bu etkinlikler fen bilgisi, matematik ve teknoloji disiplinlerinin uygun şekilde entegre edildiği bilgi ve becerilerini ve mühendislik düşünce yapısının gelişimini içeremeyebilir (NRC, 2009). Ayrıca bu etkinlikler yapılandırmacı kuram ışığında öğrencilerin STEM disiplinlerine yönelik kazanımları öğrenmelerini sağlayacak yeterli içerik ve uygulama süresi açısından kısıtlıdır.

STEM modülü, STEM eğitimi yaklaşımının uygulanması için fen bilgisi, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin belirlenen kazanımlarının, öğretim planlamasını ve uygulama içeriğini tanımlayan ders planlarının birleştirilmiş halidir. Nitelikli bir STEM öğretim modülü daha önceki sayfalarda değinilen Moore, Stohlman ve arkadaşlarının (2014) çalışmasında ortaya koydukları altı ilkeyi içermelidir. Böylece bu nitelikli STEM modülü daha önce değinilen entegrasyonun faydalarının edinimine olanak sağlar.

Alan yazına baktığımızda bu ilkelere sahip STEM eğitimi yaklaşımına göre hazırlanmış nitelikli ders planları az sayıdadır (Moore, Glancy vd., 2014, Güzey vd., 2016). Geliştirilen ders planları genellikle fen bilgisi ağırlıklı olup, bu çalışmalarda matematik, elde edilen verilerin analizinde işlemleri gerçekleştirmek, basit ölçümler ve hesaplamalar yapmak için kullanılmıştır (Örneğin; Aydın-Günbatar, 2018; Khalil ve Osman, 2017; Kasım ve Ahmad, 2018). Fen bilgisi, mühendislik ve teknoloji için matematik bir iletişim dili olması nedeniyle bu üç disiplinin doğasında bulunmaktadır (Schmidt ve Houang, 2007; Patrick ve Neill, 2016). Ayrıca, matematik diğer STEM disiplinlerindeki kavramların anlaşılabilirliğinin daha da artması için kolaylaştırıcı veya zorunlu olduğundan (Silk vd., 2010) disiplinler arası eğitim yaklaşımında matematiğin daha etkin olduğu ders planlarının tasarlanmasını gerekli kılmıştır. Bu gereklilik öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırarak güncel problemleri çözmeleri adına bir matematik ağırlıklı STEM öğretim modülünün nasıl geliştirileceği ile ilgili araştırma yapma ihtiyacını ortaya koymuştur. Yapılan alan yazın araştırmasında STEM

modülleri geliştirmek ve bu modüllerin etkililiğini ölçmek için kullanılabilir bazı çerçevelere rastlanmıştır (Örneğin; Aydın-Günbatar, 2019; Akarsu vd., 2021; Walker vd., 2018). Araştırmaya dayalı şekilde geliştirilen bu çerçeveler, anaokulundan 12. sınıfa kadar eğitim veren okulların bütünlüşik STEM modülleri geliştirmesine yardımcı olabilir (Walker, vd., 2018).

Aydın-Günbatar (2019) yaptığı çalışmasında alan yazın taraması yaparak STEM eğitiminin bazı temel özelliklerini belirlemiştir. Bu özelliklere göre etkinliklerin STEM eğitimi felsefesinin ne derecede yansıttığını belirlemek üzere bir “FeTeMM Analiz Kriterleri” rubriğini geliştirmiştir. Rubrik yedi problemden oluşturulmuş olup bunlar; 1) gerçek hayat problemi içermesi, 2) STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içermesi, 3) öğrenci merkezli olması, 4) problem ve sorgulayıcı yaklaşım ağırlıklı öğrenme içermesi, 5) grup çalışması ve iletişim, 6) yeniden tasarlama imkânı sağlaması ve 7) tasarımların belirli ölçütlere göre değerlendirilebilmesini içermektedir. Aydın-Günbatar (2019)’ın bu çalışması fen bilgisi disiplinin temel alınarak geliştirildiği bir çalışma olup oluşturulan temaların içeriklerinin sorgulanması bakımından sınırlı bir çalışmadır. Ayrıca çalışmada mühendislik tasarım sürecine yeterince değinilmemiştir.

Aydın-Günbatar (2019) çalışmasında değinilmeyen mühendislik tasarım süreci bu çalışmadan yararlanarak öğretmen adayları tarafından geliştirilen bir STEM modülünün değerlendirilmesine yönelik bir çalışma yapan Akarsu ve arkadaşları (2021) tarafından giderilmiştir. Akarsu ve arkadaşları (2021), Aydın-Günbatar’ın (2019) çalışmasında yedi olan tema sayısını mühendislik tasarım süreci ekleyerek sekize çıkarmıştır. Ayrıca değerlendirmeye yönelik her temada yer alan soruları sayı bakımından da artırdıkları gözlemlenmiştir. Lakin elde edilen bu değerlendirme formu içerik konusunda bir modülü her yönüyle değerlendirmede kısıtlı kalmıştır.

Bütünlüşik STEM modüllerinin niteliğinin belirlenmesi için geliştirilen çerçevelerden biri de Mühendislik Tasarım Tabanlı STEM Entegrasyon Müfredat Değerlendirmesidir (STEM Integration Curriculum Assessment, [STEM-ICA]) (Güzey ve Moore, 2017). STEM-ICA nitelikli bir STEM entegrasyonunun özellikleri ve mühendislik eğitiminde olması gereken dokuz kategorinin birleştirilmesinden oluşmuştur. STEM-ICA’ya göre STEM modülünde olması gereken kategoriler: (1) motive edici ve ilgi çekici bir bağlam, (2) bir mühendislik tasarımı zorluğu, (3) bilim içeriğinin entegrasyonu, (4) matematik içeriğinin entegrasyonu, (5) (öğrenci merkezli) öğretim stratejileri, (6) ekip çalışması, (7) iletişim, (8) organizasyon

ve (9) performans ve biçimlendirici değerlendirmedir. Walker ve arkadaşları (2018) STEM-ICA'nın mühendislik yapısının ağırlıkta oluşunun STEM modülü geliştirme ve uygulamada ilk adımı atacak okul ve öğretmenler için zorlaştırıcı olabileceğine vurgu yaparak STEM-ICA'yı düzenlemişlerdir. Düzenlenen çerçeveye Walker ve arkadaşları (2018) Entegre STEM Müfredatı Planlama ve Yansıtma Değerlendirme Tablosu ismini vermişlerdir. Bu değerlendirme tablosu sekiz kategori içerir: (1) motive edici ve ilgi çekici bir bağlam, (2) STEM içeriğinin entegrasyonu, (3) öğrenci merkezli öğretim stratejileri, (4) takım çalışması, (5) iletişim, (6) biçimlendirici ve özetleyici değerlendirme, (7) öğrenme hedefleri etrafında organizasyon ve (8) öğrenmeyi geliştirmek için teknolojinin entegrasyonu. Bu son geliştirilen değerlendirme tablosundaki her bir kategori en az iki alt madde içermekte olup toplamda 26 alt maddeden oluşmaktadır. STEM-ICA ve Entegre STEM Müfredatı Planlama ve Yansıtma Değerlendirme Tablosu nitelikli bir modülün oluşturulmasına ve değerlendirilmesine olanak sağlasalar da içeriklerinde bir modülün matematik ağırlıklı olup olmadığını ölçecek yeterli sorgulamaya sahip değillerdir. Ayrıca çerçevelerde belirlenen kategorilerin içerdiği maddelerin modülün hangi kısmına yönelik olduğunun belli olmaması ve bu durumda bütün modül için incelenmesi gerektiğinden değerlendirme için zorlayıcı olmakla birlikte zaman alıcıdır. Bu nedenle bu çalışmada nitelikli bir MA-STEM-M geliştirmek ve modülün etkililiğini değerlendirebilmek için daha spesifik soruların sorulabileceği ve MTS'nin her bir basamağına göre gruplandırılarak hazırlanmış daha sistematik sorular içeren bir STEM-MDF geliştirilmiştir.

2.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünde Entegre Edilen Konular

2.2.1. Oran-Orantı

Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme kavramları okul matematiğinde önemli bir yere sahip olup öğrenciler için öğrenilmesi ve öğretmenler açısından öğretmesi zor olan bir alandır (Lobato ve Ellis, 2010). Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme kavramlarını anlamak, okul matematiğinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Lobato ve Ellis, 2010). Örneğin, National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) [Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi] (2000)'e göre, ortaokul öğrencileri nicelikler arasındaki ilişkileri temsil etmek için oran ve orantı kavramlarını anlamalı ve kullanmalıdır. Benzer şekilde, ortaokul öğrencileri orantılı ilişkileri “analiz edebilmeli ve gerçek dünya ve matematik problemlerini çözmek için bunları kullanabilmelidir” (Common Core State Standarts Initiative, [CCSSI], 2010, s. 48). Matematik konularının temel bir bileşeni olan oran, orantı ve orantısal akıl yürütme

kavramları günlük hayat problemlerinin anlaşılmasında da büyük öneme sahiptir (Cramer ve Post, 1993). Ayrıca, bu kavramlar hız, moment, güç, basınç, yoğunluk ve madde ve ısı gibi fen bilimleri kavramlarının anlaşılabilmesi için gerekli olan önemli kavramlardır. Bu nedenle, STEM öğretim modülünde oran orantı konusuna yer verilmiştir.

Oran, aynı veya farklı birimli iki niceliğin birbiriyle olan çarpımsal ilişkisini ifade eden matematiksel kavramdır (Arıcan, 2015). Oran sembolik olarak a/b ve $a:b$ şekilleriyle ifade edilebilir ve a 'nın b 'ye oranı şeklinde okunur. Orantı ise iki oranın eşitliğini ifade eden matematiksel kavramdır (Fisher, 1988). Orantısal akıl yürütme ilköğretim müfredatının önemli bir bileşeni olmakla birlikte, öğrencilerin daha üst düzey matematik ve fen bilimleri konularını öğrenmelerinde de büyük öneme sahiptir (Lesh vd., 1987). Matematiğin önemli konularından olan cebir, kesirler, yüzdeler ve geometri gibi konuların temelinde orantısal akıl yürütme vardır. Ayrıca, öğrencilerin orantısal akıl yürütme becerilerinin gelişimlerinin gerekliliği Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması ve Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı gibi uluslararası çalışmalarda da belirtilmiş olup matematiksel yeterlilik için bir ölçüt olarak kabul edilmiştir. Çarpımsal akıl yürütmenin özel bir biçimi olan orantısal akıl yürütme (Lesh vd., 1987), öğrencilerin matematiksel gelişiminde anahtar bir rol oynamakta olup ilkökul aritmetiğinde ve daha üst düzey matematikte önemli bir yere sahip olan bir kavramdır (Kilpatrick vd., 2001; NCTM, 2000). Lamon (2007) orantısal akıl yürütmeyi “orantısal ilişkileri tespit etme, temsil etme, analiz etme, açıklama ve kanıt sunma” olarak tanımlamıştır (s. 647). Cramer vd. (1993)'e göre orantısal akıl yürütme, orantısal olan veya orantısal olmayan durumlardaki (özellikle çarpıma dayalı) ilişkileri fark edebilme, orantı yoluyla matematiksel olarak şekillendirilen bir durumu tanıyabilme, bu durumu sembolik olarak ifade edebilme ve orantı problemlerini çözebilme becerisi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, orantısal akıl yürütme, iki nicelik arasındaki orantısal ilişkileri tespit etmeyi ve ifade etmeyi gerektirir (CCSSI, 2010).

İki tür orantısal ilişkiden bahsetmek mümkündür: doğru orantılı ilişki ve ters orantılı ilişki. Doğrudan orantılı bir ilişkide, x ve y gibi iki niceliğin aldığı değerlerin oranı sabit bir k reel sayısına eşit olup, bu ilişki matematiksel olarak $x/y = k$ şeklinde ifade edilir. Öte yandan, ters orantılı bir ilişkide, iki niceliğin değerlerinin çarpımı sabit bir k sayısına eşit olup $x*y = k$ şeklinde ifade edilir (Arıcan, 2018).

Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme kavramlarına matematik dersi öğretim programında yeterince önem verilmesine rağmen, yapılan çalışmalarda öğrencilerin, öğretmen

adaylarının ve öğretmenlerin bu kavramları anlamakta zorlandıkları ve düşük performans gösterdikleri belirtilmiştir (Arıcan, 2019b; Clark, 2008; Modestou ve Gagatsis, 2007). Ayrıca, yapılan çalışmalar (Ben-Chaim vd., 2007; Cramer vd., 1993; Hull, 2000; Simon ve Blume, 1994), öğretmen adaylarının ve öğrencilerin orantısal akıl yürütme durumlarının ve karşılaştıkları zorlukların benzerlikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme kavramlarının öğreniminde ve öğretiminde karşılaşılan problemlerden birisi, geleneksel öğretim yönteminin kural ezberleme ve içler-dışlar çarpımı gibi mekanik hesaplamalar üzerine bina edilmesi olarak belirtilmiştir (Arıcan, 2019a; Singh, 2000). Bu nedenle, orantısal problemleri çözerken öğrenciler ve hatta öğretmenler çarpma çarpma algoritması ve mekanik hesaplamaları kullanmaya ciddi ölçüde bağımlıdırlar (Arıcan, 2018 ve 2019a). Çarpma çarpma algoritması, orantısal problemleri çözmede etkili olmasına rağmen, öğrencilerin nicelikler arasındaki çarpımsal ilişkileri anlamalarını engeller (Farrell ve Farmer, 1985; Lamon, 2007; Riley, 2010; Singh, 2000; Stemm, 2008). Karşılaşılan bir diğer problem ise, öğrencilerin ve öğretmen adaylarının orantısal olmayan ilişkileri orantısal olarak düşünme eğilimine sahip olmaları ve orantısal yöntemler kullanarak bu tip ilişkiler içeren soruları çözmeye çalışmalarıdır (De Bock vd., 1998; Fisher, 1988; Lim, 2009; Modestou ve Gagatsis, 2007; Riley, 2010; Van Dooren vd., 2007). Bu çalışmada geliştirilen MA-STEM-M'nin disiplinler arası bir yaklaşımla oran, orantı ve orantısal ilişki kavramlarının öğrenilmesinde ve öğretilmesinde karşılaşılan bu tür zorlukların giderilmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

2.2.2. Alan Ölçümü

Geometri ve ölçme okul müfredatlarının her seviyesinde yer alması gereken önemli bir öğrenme alanıdır (NCTM, 2000). Günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan alan ölçümü ve uzamsal düşünme kavramlarının öğrenilmesinin önemi Common Core State Standards for Mathematics, [CCSSM], (CCSSI, 2010) tarafından vurgulanmıştır. Alan konusu, öğrencilerin öğrenmede (Battista, 2004; Outhred ve Mitchemore, 2000), öğretmen adayları (Bilir, 2018) ve öğretmenlerin (Baturu ve Nason, 1996; Dorko ve Speer, 2015; Murphy, 2012; Rickard, 1996; Simon ve Blume, 1994) anlamakta ve öğretmekte zorlandıkları ve düşük performans gösterdikleri bir konudur.

Alan ölçümü ve uzamsal düşünme kavramları, birçok farklı konularda yapılan işlemlerin açıklanması için hem öğretmenler hem de ders kitapları tarafından model olarak kullanılmaktadır (Hirstein vd., 1978; Woodward ve Byrd, 1983). Örneğin, alan kavramı

kesirlerin ve bileşik sayıların çarpımını öğretmek için bir model işlevi görür (Hirstein vd., 1978). Model görevi dışında fiziksel varlıkların alan ölçümünün anlaşılması öğrencilerin sayıların soyut dünyasını nesnelere somut dünyasına bağlamasına katkı sağlar (Hilbert, 1981). Kısacası, alan ölçümü matematik eğitiminde şiddetle tavsiye edilen bir kavram olmuştur. Bundan dolayı, okullarda alan ölçüm kavramı ve uzamsal düşünme becerisinin daha anlamlı bir şekilde öğretilmesine ihtiyaç vardır (Kordaki ve Potari, 1998). Bu nedenle, geliştirilen STEM modülünde alan ölçümü konusuna yer verilmiştir.

Alan, belirli bir bölgenin kapladığı miktar iken alan ölçümü bu kaplanan miktarın belirlenme işlemidir (Batur ve Nason, 1996). Birçok ilköğretim ve ortaokul öğrencileri, dikdörtgenler gibi geometrik şekillerin alan ölçümü için belirlenen standart formülleri hatırlayabilir; ancak alan ölçümü hala sorundur (Lehrer, 2003). Öğrenciler genelde alan ölçümünü kavramsal olarak anlamada (Walters, 2020), lineer ölçme ile alan ölçmeyi ilişkilendirme ve alanın korunumunu anlamada problemler yaşamaktadırlar. Bunun nedeni, öğrencilere alan formülünün ezberleme yoluyla öğretilmesi olabilir (Simon ve Blume, 1994). Çünkü birçok öğretmen yetersiz içerik bilgisi ve kendilerine olan güven eksikliği nedeniyle alan ölçümünün ezberlenmesi gereken bir konu olduğunu düşünmektedir (Colter, 1972). Diğer taraftan, öğrencilerin geometrik şekiller için belirlenen formülleri ezberlemek yerine, ne işe yaradıklarını anlamaları gerekir (Strutchens vd., 2003).

Ortaokul kademesindeki öğrencilerin geometrik şekillerin alanlarından en çok dairenin alan ölçümü konusunda zorlandıkları belirtilmiştir (Yenilmez ve Demirhan, 2013; Evirgen ve İki kardeş, 2019). CCSSM (CCSSI, 2010), 7. sınıf öğrencilerinin daire alanı formülü için kendi stratejileri ile formülleri açıklayabilmeleri gerekliliğinden bahseder. Colter (1972)'e göre kare, dikdörtgen, üçgen ya da yamuk gibi bölgelerin alanını görselleştirmek öğrenciler için daha kolaydır. Öğrenciler bir dikdörtgen oluşturmak için iki üçgeni bir araya getirebilir ve böylece bir üçgenin alanının, karşılık gelen bir dikdörtgenin alanının yarısı olduğu sonucuna varabilir. Bir yamuğu parçalayabilir ve parçaları dikdörtgenler, paralelkenarlar veya dikdörtgenler ve üçgenler yapmak için yeniden düzenleyebilirler ve böylece bilinen diğer şekillerin alanından bir yamuğun alanını bulabilirler (Stacey ve Vincent, 2009). Ayrıca, öğretmenler bloklar ya da birim kareler gibi üç boyutlu nesnelere kullanarak öğrencilerin ilgili bölgenin alanını keşfetmelerine yardımcı olabilirler. Fakat dairenin alanının keşfinde bu görselleştirmeler öğrenciler için zorluklar oluşturmaktadır (Colter, 1972). Öğrencilerin kavramsal anlam oluşturmada zorlandıkları bir diğer konu da silindirin yüzey alan ölçümü konusudur (Durmuş, 2004). Silindirin yüzey alan ölçümü formülünü oluşturmada

öğrencilerin direk ezberleme yoluna gittikleri ve bu nedenle anlamlı ve kalıcı öğrenmeler oluşturmamadıkları belirtilmiştir (Özgül ve Kaplan, 2016).

Güncel alan yazında genellikle öğrenci, öğretmen adayı ve öğretmenlerin alan ölçümü konusundaki zorluklarının tespitine yönelik çalışmalar yer alıp (Battista, 1982; Battista, 2004; Curry ve Outhred, 2005; Hilbert, 1981; Hirstein, vd., 1978; Kamii ve Kysh, 2006; Outhred ve Mitchelmore, 2000), bu zorlukların giderilmesine yönelik çok az sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalar sadece bir veya iki aktivite içermekte olup, alan ölçümüne yönelik kapsamlı bir öğretim modülü neredeyse yok denecek kadar azdır. Özellikle 21. yüzyıl beceri gereksinimlerini karşılayacak şekilde disiplinler arası bir eğitim anlayışı ile geliştirilmiş kapsamlı bir alan ölçümü öğretim modülü bulunmamaktadır. Alan ölçümünün de içeriğinde yer alacağı kapsamlı bir STEM modül ihtiyacının giderilmesi hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin alan ölçümündeki zorluklarını giderilmesine katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda uzay geometrisine yönelik hazırlığa da önemli katkı sağlayacağından geliştirilen STEM öğretim modülünde daire ve daire diliminin alan ölçümü ve silindirin yüzey alan ölçümü konularına yer verilmiştir.

2.2.3. Madde ve Isı

Madde ve ısı konusu fen bilgisi disiplininin önemli konularından biridir. Bu konu ısı enerjisinin korunmasında ve ısı iletkenliğinden yararlanma hususunda sanayi, inşaat ve endüstriyel uygulamalar gibi günlük hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkmakta ve hayatımızı kolaylaştırmak için gerekli olan bilgilerin temelini oluşturmaktadır. Madde ve ısı ünitesi ile verilen ısı, ısı iletkenliği ve ısı yalıtkanlığı gibi kavramlar ilerleyen sınıflarda işlenecek fen bilgisi konularının anlaşılmasında önemli bir role sahiptirler (Er-Nas ve Çepni, 2016). Fen bilgisinin doğal olayları inceleyen soyut yapısının anlaşılması hem öğrenciler hem de yetişkinler için zorlayıcıdır (Brown, 1992; Clement, 1993; Vosniadou ve Brewer, 1992; Wandersee vd., 1994). Özellikle ortaokul öğrencileri madde ve ısı ünitesinin soyut kavramlar içermesi nedeniyle bu konuyu anlamakta zorlanmakta (Er-Nas ve Çepni, 2016; İnal ve Aydın, 2015) ve fen dersine karşı olumsuz tutum geliştirebilmektedirler (Önen, 2005; Şaşmaz Ören ve Yılmaz, 2013).

Alan yazında madde ve ısı ünitesi ile ilgili yapılmış az sayıda çalışma olup, bu çalışmalar ısı ve sıcaklık (Aydoğan vd., 2003; Başer ve Çataloğlu, 2005) ile ısıyın yayılması kavramlarının anlaşılmasına yöneliktir (Ayvaci ve Durmuş, 2016; Yaşar ve Kırbaşlar, 2013). Isı iletkenliği ve yalıtkanlığına yönelik çalışmalar bu konuların günlük yaşamdaki önemlerine rağmen yok

denecek kadar azdır. Madde ve ısı konusunun öğretiminde konunun somutlaştırılmasını kolaylaştırması bakımından günlük hayat problemleri içeren 5E (Er Nas, 2013), işbirlikli öğrenme (Yalçın, 2008) ve laboratuvar uygulamaları (Sezer, 2008) veya mühendislik tasarımı (Schnittka ve Bell, 2011) gibi yöntemler kullanılmaktadır. Öğretimin etkili gerçekleşmesi için ABD'deki Mühendislik Akademisi ve Ulusal Araştırma Konseyi, anaokulundan 12. sınıfa kadarki her seviyede mühendislik tasarımının fen bilgisi müfredatıyla birleştirilmesi için gerekli çalışmaların yapılmasını teşvik etmiş ve böylece fen bilgisindeki önemli kavramlar ve becerilerin bir mühendislik tasarımı yaklaşımı kullanılarak etkili bir şekilde öğretilbileceğini belirtmiştir.

Yukarıda bahsedilen bilimsel sonuç ve öneriler ışığında bu çalışma, ısı iletkenliği ve yalıtkanlığına yönelik STEM eğitimi yaklaşımı ile günlük hayat problemlerinin kullanıldığı nitelikli ve ayrıntılı bir ders planı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Geliştirilen STEM modülü madde ve ısı konusunun soyut kavramlarını somutlaştırılmasına olanak sağlayacak bir modül olacaktır.

2.3. STEM ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.3.1. STEM Etkinlikleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Son yıllarda STEM eğitimi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı STEM eğitiminin önemine, bütünleşik yapısına ve mühendislik algısına yönelik iken (Kınık-Topalsan, 2018; Pekmez, vd., 2018; Aydın ve Karslı, 2019; Bozkurt Altan vd., 2019; Silk vd., 2010; Smith vd., 2013; Özdemir, 2018; Kasim ve Ahmad, 2018) büyük çoğunluğu fen bilimleri odaklı STEM çalışmaları olup (örneğin; Gökbayrak ve Karışan, 2017; Eroğlu ve Bektaş, 2016; Şimşek, 2019; Üçüncüoğlu ve Bozkurt Altan, 2018) genel olarak öğretmen, öğretmen adayları ve öğrencilerin STEM algısı, STEM başarısı, STEM tutumu ve görüşleri üzerine yoğunlaşmıştır. Fen merkezli olan bu çalışmalarda 7E öğrenme modeli (örneğin; Güven vd., 2018), proje tabanlı öğrenme (Çevik, 2018), ve tam öğrenme (Yıldırım ve Selvi, 2017) gibi öğrenme yaklaşımlarının kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenerek sunulacaktır.

Silk ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışmada Robotik Akademi tarafından geliştirilen bir STEM modülünü matematik ve teknoloji ilişkisini kurarak öğrencilerin orantısal akıl yürütme becerilerinin gelişimini destekleyecek şekilde yeniden dizayn etmişler ve böylece

öğrencilerin öğrenmelerinde önemli bir fark yaratılacağını öne sürmüşlerdir. Öğrencilerin orantısal akıl yürütme becerilerini geliştirmek için farklı büyüklükte ve boyutlarda robotlar tasarlamaları ve bu robotları senkronize bir şekilde dans ettirmeleri istenmiştir. On iki saat süren çalışmanın sonunda öğrencilerin çoğunluğunun, robotlar birbirleriyle senkronize edilmiş gibi görüne kadar programlarındaki parametreleri sürekli olarak değiştirmek için tahmin et ve kontrol et stratejilerini kullandıklarını tespit etmişlerdir. Matematiğin robotların senkronize olarak hareket etmesini sağlamak gibi amaçlı olarak ilişkilendirerek kullanımının matematik öğretiminde etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Smith ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada değişimin oranı, eğitim ve hız içerikli uygulamalara yer vermiştir. Bu çalışmanın amacı öğretmenlerin matematik içinde ve matematik ile diğer STEM disiplinleri arasındaki bağlantıları ve istatistikleri dahil ederek kullanılabilecek pedagoji geliştirmektir. Merdivenler ve basamaklarla eğitim kavramını keşfettirmeyi içeren bu çalışmada, matematiği bir araç olarak kullanmışlardır. Merdivendeki basamakların dikliğini karşılaştırmak, öğrencilere sabit değişim oranını anlamaya başladıklarını, değişim oranı ve eğitim hakkında kavramsal bir anlayış geliştirdiklerini ve orantısal akıl yürütme becerilerini geliştirdikleri görülmüştür.

Kınık Topalsan'ın 2018 yılında yaptığı çalışmada sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarına Fen ve Teknoloji Öğretimi-II dersi bünyesinde STEM eğitimi verilerek öğrencilerden STEM etkinlikleri geliştirmeleri istenmiştir. Fen bilgisi odaklı olan bu etkinliklerin geliştirilmesinde Hynes ve arkadaşlarının (2011) hazırladığı mühendislik tasarım süreci döngüsü kullanılmıştır. Çalışmanın amacı mühendislik tasarım süreci odaklı geliştirilen etkinliklerin değerlendirilmesi ve uygulama sırasında ortaya çıkan aksaklıkların belirlenmesidir. Yapılan çalışmada kullanılan disiplinlerin entegrasyonuna yönelik bir bilgi verilmemiştir. Değerlendirme için alan taramasından elde edilen ve 10 maddeden oluşan bir rubrik kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmede öğretmen adaylarının problem tanımlama aşamasında problem yaşadıkları, diğer aşamalarda yeterli görüldükleri belirtilmiştir.

Pekmez ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada 4., 5. ve 6. sınıf öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi için hazırlanmış bir öğretim modülünün, öğrencilerin fen bilgisi ve mühendislikle ilgili tutum ve kavrayışlarına olan etkisi araştırılmıştır. Nicel araştırma yöntemi ile analiz edilen bu çalışmada beş aşamadan oluşan (Soru sor, öneri üret, planla, ürün oluştur ve ürünü geliştir) bir mühendislik tasarım süreci kullanılmıştır. Fen bilgisi disiplinin bünyesindeki “kuvvet” konusunu ele alan bu

eğitim modülü 4., 5. ve 6. Sınıf öğrencilerinin teknoloji ve tasarım konusundaki bilgilerini artırmak ve fen ve teknoloji okuryazarı olmalarına katkıda bulunmak amacıyla uygulanmıştır. Yaklaşık 460 dk. sürede uygulanan modülün uygulama öncesi ve sonrasında Mühendislik Tutum Ölçeği, Teknoloji Nedir? ve Mühendislik Nedir? ölçekleri uygulanarak analizler sonucunda öğrencilerin bilgi düzeyinde anlamlı bir gelişme olduğu belirlenmiştir.

Özdemir (2018) yaptığı tez çalışmasında meslek lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili matematik başarısını geliştirmeye yönelik çalışmıştır. Lise 11. sınıf seviyesi öğrencilerine ve öğretmenlere uygulanan bu çalışmada yurt dışındaki kaynaklar ve meslek lisesi ders kitapları incelenerek STEM matematik modülü ve matematik ders planları oluşturulmuştur. Geliştirilen STEM matematik modülünde Lave ve Wenger (1991)'in alan yazına kattığı 'durumlu öğrenme' (situated learning) teorik çerçevesinden yararlanılmıştır. Modül geliştirilirken teorinin nasıl kullanıldığına yönelik yeterli bilgi bulunmamaktadır. Deney ve kontrol gruplarının oluşturulduğu araştırmada deney grubundaki öğrencilere STEM matematik modülü uygulanırken, kontrol grubundaki öğrencilere geleneksel yöntemle uygulama yapılmıştır. Öğrencilere uygulama öncesi ve sonrası STEM Kariyer İlgisi Anketi ve Mesleki Matematik Başarı Testi uygulanmıştır. Ayrıca, katılımcılara sürece yönelik düşüncelerini belirtmeleri için form doldurtulmuştur. Araştırmanın sonucunda deney grubundaki katılımcıların STEM alanlarına karşı olan tutum, kariyer, meslek seçimlerinde ve matematik başarılarında pozitif yönde artma görülmüştür. Mesleki matematik başarı testi sonuçlarında deney ve kontrol gruplarının ön test sonuçları birbirine yakın iken son test puanlarının deney grubu lehine anlamlı fark olduğu gözlemlenmiştir.

Kasim ve Ahmad (2018) çalışmalarında geliştirdikleri fen merkezli STEM modülünün (PRO-STEM Modülü) etkililiğinin araştırmışlardır. Fen bilgisi konularından 'biyo çeşitliliğin ve ekosistemin' çalışıldığı bu modül yapılandırmacı öğrenme teorisi ve iki aşamadan oluşan Sidek Modül Geliştirme Modeli (Sidek ve Jamaludin, 2005) temel alınarak geliştirilmiştir. Sidek modül geliştirme modelinin ilk aşamasında anket yöntemi ile ihtiyaç analizi yapılmıştır. Yirmi uzman fen öğretmeni ile yapılan ihtiyaç analizi çalışmasında bütünleşmiş bir STEM öğretim modülünün geliştirilmesine ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. İkinci aşamasında geliştirilen modülün geçerliliğini ve güvenilirliğini belirlemek için içerik geçerlilik indeksi kullanılarak PRO-STEM modülünün iyi bir geçerlilik ve güvenilirliğe sahip olduğunu (.976) ve STEM'i fen sınıflarına entegre etmek için öğretme ve öğrenme sürecinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Aydın ve Karşlı (2019) yaptığı çalışmada fen bilgisi ağırlıklı STEM etkinliği bünyesinde “karışımların ayrıştırılması” konusunu ele almıştır. MTS kullanılarak geliştirilen STEM etkinliği ile ilgili 7. sınıf öğrencilerinin görüşleri incelenmiştir. Disiplinler arası STEM entegrasyonunun baz alındığı etkinlikte MTS kullanılmıştır. Fakat araştırmada sürece yönelik bilgiler verilmemiş ve etkinliğin toplamda 4 ders saati boyunca uygulandığı belirtilmiştir. Görüşmelerden elde edilen sonuçlara göre STEM etkinliği öğrencilerin iş birliği, eleştirel düşünebilme, problem çözebilme, yaratıcılık ve özgüven gibi 21. yüzyıl becerilerine katkı sağladığı belirlenmiştir.

Bozkurt Altan ve arkadaşlarının (2019) yaptığı çalışmada 6., 7. ve 8. sınıflara devam eden öğrencilere nakliye firmalarının 4. kata apartmanın asansörünü kullanmadan nakliyeyi gerçekleştirebilecek 1/20 ölçeğinde küçülterek bir tasarım hazırlamaları istenmiştir. Bu tasarımın yapımında beş aşamadan oluşan (problem çözme, olası problem çözümü üretme, en iyi çözüm önerisini seçme, prototip yapma ve test etme, iletişim) MTS kullanılmıştır. On iki ders saati boyunca süren çalışmada STEM entegrasyonu uygulanmaya çalışılmıştır. Öğrencilerin MTS'nin ilk üç aşamasında problem çözme, olası problem çözümü üretme, en iyi çözüm önerisini seçme, birden çok çözüm geliştirmek, grup çalışması yapmak, çözümlerini prototipe aktarmak ve matematiksel model oluşturma hususunda sorun yaşadıkları belirlenmiştir.

Yukarıda verilen çalışmalara bakıldığında, STEM eğitimi yaklaşımına yönelik geliştirilen modül sayısı yetersiz olmakla birlikte var olan modül ve etkinlikler fen bilgisi merkezli olup uygulama süreleri ve içerik bilgileri sınırlıdır. Ayrıca, bazı çalışmalarda MTS'ye değinilmesine rağmen bu çalışmaların alan yazında bahsettiğimiz MTS ile aynı aşamalara sahip olmamakla birlikte daha sınırlıdır. Alan yazında matematiğin temel alındığı ve önceki sayfalarda tanımını verdiğimiz MTS'yi kullanarak geliştirilen yeterli içerik ve uygulama süresine sahip bir modülün etkinliğini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan geliştirilen MA-STEM-M'nin eğitimcilerin STEM eğitimi yaklaşımına yönelik müfredat eksikliklerini gidererek alana katkı sunması beklenmektedir.

2.3.2. STEM Eğitime Yönelik Geliştirilmiş Ölçek ve Çerçevler Üzerine Yapılan Çalışmalar

STEM eğitiminde kullanılmak üzere birçok ölçek geliştirilmiştir. Bu ölçekler genellikle öğrencilerin STEM eğitime karşı olan tutumlarını (Mahoney, 2009), STEM içeriğine ve STEM alanlarına yönelik ilgilerini (Tyler-Wood vd., 2010), STEM eğitime yönelik

farkındalıklarını (Buyruk ve Korkmaz, 2016), öğretmen adaylarının STEM eğitimine ilişkin yönelimlerini (Lin ve Williams, 2015) ölçmek üzere geliştirilmiştir. Alan yazına bakıldığında STEM modülünün değerlendirilmesine yönelik az sayıda çalışma bulunmaktadır (Örneğin; Aydın-Günbatar, 2019; Falloon, vd., 2020). Var olan bu çalışmalarda matematik ağırlıklı STEM modüllerini değerlendirmede içerik olarak sınırlıdır. Yapılan alan yazın taramasında bir STEM modülünün matematik ağırlıklı olup olmadığını değerlendirecek bir çerçeveye rastlanmamıştır. Bu tez çalışması ile geliştirilen MA-STEM-M'nin geçerlilik ve güvenilirliğini ölçmek amacıyla geliştirilen STEM-MDF araştırmacıların ilerde geliştirecekleri MA-STEM-M'lerin değerlendirilmesine yönelik alana katkı sağlaması beklenmektedir.



3. YÖNTEM VE ARAÇLAR

Son yıllarda STEM eğitimi yaklaşımına olan ilginin artmasıyla birlikte, STEM eğitimi yaklaşımına yönelik yapılandırıcı bakış açısının ürünü olan STEM modüllerine ihtiyaç artmış ve bu modülleri değerlendirecek formlara gereksinim duyulmuştur. Bu gereksinimi karşılamak için araştırmacı tarafından STEM-MDF ve MA-STEM-M geliştirilmiştir. Bu çalışmada, STEM-MDF'nin geçerliliği ve güvenilirliği ile MA-STEM-M'nin değerlendirme formuna göre geçerliliği ve güvenilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde sırasıyla araştırma deseni, katılımcılar, veri toplama araçları, MA-STEM-M'nin tanımı, STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin Geliştirilme Süreci başlığı altında STEM-MDF geliştirilme süreci, MA-STEM-M'nin geliştirme süreci, nitelikli değerlendirme, Mühendislik Not Defteri (MND), veri analizi konuları ele alınmıştır.

3.1. Araştırma Deseni

Bu çalışma araştırmacı, araştırma ekibi, pilot çalışma yapılan öğretmenler ve görüş bildiren uzmanlar ile yapılan uyumlu çalışma sonucu ortaya çıkmıştır. Bu geliştirme süreci tekrarlı analizleri içeren sistematik bir süreç olduğu için bu çalışmada, tasarım temelli araştırma yöntemi kullanılmıştır. Tasarım temelli araştırma; “gerçek dünya ortamlarında araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında iş birliğine dayanan ve bağlama duyarlı tasarım ilkeleri ve teorilerine yol açan, yinelemeli analiz, tasarım, geliştirme ve uygulama yoluyla eğitim uygulamalarını iyileştirmeyi amaçlayan sistematik ancak esnek bir yöntemdir” (Wang ve Hannafin, 2005, s. 6).

3.2. Katılımcılar

Bu çalışmada, STEM-MDF ve MA-STEM-M tasarım sürecinde alanında uzman dört araştırmacı ile çalışılmıştır. Uzman seçiminde çalışmanın amacına bağlı olarak gerçekleştirildiğinden ve daha önceden belirlenmiş bir dizi kriterin karşılanması gerektiğinden bu seçim için amaçlı örneklem yönteminden (Marczyk vd., 2005) ölçüt örnekleme ile seçilmiştir (Marshall ve Rossman, 2014).

Uzman seçiminde araştırmacı tarafından alan yazın taraması yapılarak çalışmanın nitelikli olması için görüş alınacak uzmanların seçimine yönelik bazı kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler; uzmanların STEM eğitimi yaklaşımı alanında tez veya makale yazmış olma, STEM

eğitimi yaklaşımına göre hazırlanmış projelerde çalışmış olma, STEM eğitimi yaklaşımına yönelik modül geliştirmiş olma ile STEM alanında ders vermiş olma şeklinde belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen kriterlerden herhangi birine sahip olan uzmanları belirlemek için web üzerinden bilimsel dergiler, makaleler ve tezlere yönelik araştırmalar yapılmıştır. Tespit edilen STEM eğitimi alanında çalışmış uzmanlara onlarla neden iletişime geçtiğimizi bildiren e-posta gönderilmiştir. Bu e-postada yapılan çalışmanın amacı, önemi ve araştırma soruları hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışma konusu ile ilgilenen uzmanlara daha ayrıntılı bilgi verilebileceği iletilmiştir. E-postalara geri dönen uzmanlar dört gönüllü uzman seçilmiştir. Bu uzmanlara e-posta aracılığı ile yapılan çalışma hakkında ayrıntılı bilgilendirme yapılmıştır. Çalışmada uzmanların gerçek isimlerinin yerine U1, U2, U3, U4 kodları kullanılmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada, veri toplama aracı olarak STEM-MDF kullanılmıştır. Geliştirilen STEM-MDF'nin taslağı 91 maddeden oluşturulmuştur. Bu taslak uzmanlara gönderilerek STEM-MDF'nin içeriği ve tasarımı hakkında ayrıntılı bir şekilde incelemeleri istenerek görüşleri alınmıştır. Bu görüşler doğrultusunda üç madde formdan çıkarılarak toplamda 88 madde ile STEM-MDF güncellenmiştir. Güncellenen STEM-MDF ile geliştirilen MA-STEM-M tekrardan uzmanlara gönderilerek STEM-MDF ışığında geliştirilen MA-STEM-M'ye yönelik görüşleri alınmıştır.

3.3.1. Matematik Ağırlıklı STEM Modül (MA-STEM-M) Tanımı

Alan yazında bahsedildiği üzere STEM eğitiminde yapılmış modüllerin ve etkinliklerin fen odaklı olması (Gökbayrak ve Karışan, 2017; Eroğlu ve Bektaş, 2016; şimşek, 2019; ncoğlu ve Bozkurt Altan, 2018) ve matematik ağırlıklı STEM modüllerinin eksikliğinin giderilmesi ihtiyacı öncelikle MA-STEM-M tanımlanması gerekliliğini ortaya koymuştur. Alan yazında böyle bir tanımlamanın olmaması sebebiyle bu çalışmada bir modülün hangi gerekçelere dayandırılarak matematik ağırlıklı olduğunu belirtmek için alan yazın taraması yapılmıştır. Neill ve Patrick (2016) yaptıkları çalışmada, ğrencileri STEM disiplinleri üzerinde ne kadar dşndrdğnzn, o etkinlikteki ilgili disiplinin süreç içerisinde nasıl ele alındığıyla bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Bu anlayıştan yola çıkarak Neill ve Patrick (2016) STEM etkinliklerinde disiplinlerin hangi boyutlarda ele alındığını belirlemek için “Oklahoma Eyaletinin STEM çerçevesini” geliştirmişlerdir. Bu çerçeveye

göre, bir STEM etkinliğinin bir disiplini ön plana çıkardığını iddia edebilmesi için uygulanan etkinliğin, istenilen sınıf düzeyine uygun kazanımları içermesi, ilgili disipline yönelik aktivite sayısının diğer disiplinlerin aktivite sayısından daha fazla olması gerekir. Bu nedenle, matematik ağırlıklı STEM modülü “Verilen senaryonun tasarımı ve problemin çözümü için matematik öğretimi felsefesinin ve matematiksel düşüncenin ön plana alındığı, gerekli matematik ile ilgili aktivite sayısı, kazanımların belirlenen seviyeye uygunluğu ve ders saatinin diğer disiplinlere oranla daha fazla olduğu modül” olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama ışığında STEM-MDF ve MA-STEM-M geliştirilmiştir.

3.3.2. STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin Geliştirilme Süreci

Tablo 3.1'de STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin geliştirilme sürecine ait takvim verilmiş olup ilerleyen aşamalarda sürecin nasıl işlediği ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Tablo 3.1. STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin Geliştirilme Sürecine Ait Takvim

Süreç Aylar	21-24.ay	18-21.ay	15-18.ay	12-15.ay	9-12.ay	6-9.ay	3-6.ay	1-3.ay
1. Adım: Modül Değerlendirme Formu İçin Alan Yazın							*	*
2. Adım: Maddelerin Belirlenerek Değerlendirme Formu						*	*	*
3. Adım: Araştırmacı Grubundan Görüş Alınması ve Alınan Görüşlere Göre STEM Modül Değerlendirme Formunun					*			
4. Adım: STEM Modül Değerlendirme Formu İçin Uzman Görüşü Alınması ve Formunun Uzman Görüşüne Göre Güncellenmesi								
1. Adım: Modül İçin Alan Yazın Taraması							*	*
2. Adım: Problem Durumunun Oluşturulması							*	*
3. Adım: Ders Planı Taslağının Oluşturulması							*	*
4. Adım: Hazırlık Basamağı Ders Planının Oluşturulması							*	*
5. Adım: Tanımlama Basamağı Ders P Planının Oluşturulması							*	*
6. Adım: Öğrenme Basamağı Ders Planının Oluşturulması							*	*
7. Adım: Plan Basamağı Ders Planının Oluşturulması							*	*
8. Adım: Prototip Oluşturma Basamağı Ders Planının Oluşturulması							*	*
9. Adım: Test Etme, Karar Verme ve Yeniden Tasarlama Basamağı Ders Planının Oluşturulması			*					
10. Adım: Modül İçin Araştırma Ekibinden Görüş Alınması ve Görüşler Doğrultusunda Düzeltilmesi			*					
11. Adım: Pilot Çalışma Yapılması ve Verilere Göre Modülün Düzeltilmesi			*					
12. Adım: Modül İçin Uzmanlardan Görüş Alınması ve Bu Görüşler Doğrultusunda Modülün Güncellenmesi			*					

3.3.2.1. STEM Modül Değerlendirme Formunun (STEM-MDF) Geliştirilme Süreci

1. Adım: STEM-MDF İçin Alan Yazın Taraması

Araştırmacı tarafından STEM-MDF’ni geliştirmek için alan yazın taraması yapılarak STEM eğitimi üzerine geliştirilmiş farklı modül değerlendirme formu çalışmaları incelenmiştir. Bu taramalardan yola çıkılarak STEM eğitimi yaklaşımına göre tasarlanmış nitelikli bir STEM modülünün sahip olması gereken özellikler belirlenmiştir (Moore, Stohlmann, vd., 2014). Bu özelliklerden biri olan mühendislik tasarımının, STEM eğitimi yaklaşımı için bağlayıcı bir görev üstlenmesi, motive edici bir etki yaratması ve süreç içerisinde etkin rol oynamasından dolayı geliştirilecek STEM-MDF’nin MTS odaklı geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik üzerine alan yazın taraması sonucunda STEM-MDF’yi geliştirmek için Moore, Glancy ve arkadaşlarının (2013) geliştirdiği mühendislik tasarım süreci (MTS) teorik çerçevesine ulaşılmıştır. MTS’nin STEM eğitime yönelik bir modül ve modül değerlendirme formu geliştirme sürecine kılavuzluk edecek şekilde hazırlanmış olması bu çerçevenin tercih edilmesine neden olmuştur.

STEM modül değerlendirme formu geliştirme sürecinde nitelikli bir STEM modülü değerlendirme formunda olması gereken özelliklere yönelik de alan yazın taraması yapılmıştır. Alan yazın taraması sonucunda takip eden özellikler tespit edilmiştir: Değerlendirme formundaki her bir madde ölçülmek istenen özelliklerden sadece birini içermeli ve sade, açık ve anlaşılır bir şekilde yazılmalıdır (Ekici vd., 2012). Maddenin içeriği hedeflenen kapsama sahip olmalıdır (DeVellis, 2017). Maddenin biçim ve dil bilgisi açısından da Türkçe yazım ve dil bilgisi kuralları gözetilerek doğru bir şekilde ifade edilmesi önemlidir (Özdamar, 2016). Noktalama ve yazım yanlışının olmamasına dikkat edilmelidir. (Şeker ve Gençdoğan, 2014). Oluşturulan maddelerin bilimsel yönden doğru olması da geliştirilecek modül değerlendirme formu için önemli bir faktördür (Atılğan vd., 2017). Özetle, yapılan alan yazın taraması sonucunda araştırmacı STEM-MDF’nin içermesi gereken beş temel özellik belirlemiştir. Bu beş temel özellik; maddelerin bilimsel yönden doğru olması, maddelerin modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamda olması, maddelerin kolay anlaşılabilirliği, dil bilgisinin doğru şekilde kullanılması ve değerlendirme formunun biçimsel olarak analiz için kullanışlı olmasıdır.

2. Adım: Maddelerin belirlenerek STEM Modül Değerlendirme Formu Taslağının Oluşturulması

STEM-MDF'yi geliştirme sürecinde alan yazın da değinilen mühendislik tasarım sürecinin ilkeleri ve nitelikli bir modülün sahip olması gereken özellikler ışığında STEM-MDF taslağı oluşturulmuştur. Bu taslak oluşturulurken STEM eğitimi üzerine geliştirilmiş değerlendirme formu çalışmaları incelenerek (Örneğin; Aydın-Günbatır, 2019; Akarsu vd., 2021; Walker vd., 2018) STEM eğitimi yaklaşımına uygun olacak şekilde sorular oluşturulmuştur. STEM-MDF, giriş kısmı ve MTS basamaklarından oluşan bir tablo olmak üzere iki kısımdan oluşturulması planlanmıştır.

Alan yazın taramasında da bahsedildiği üzere STEM eğitime yönelik farklı içeriklere sahip birçok tanım bulunmaktadır (Bybee, 2010; Sanders, 2009). STEM modüllerin geliştirilmesi, bu süreçte ele alınan tanımlar üzerine kurgulanmaktadır. Bu nedenle STEM-MDF geliştirilirken hangi STEM eğitimi yaklaşımının benimsendiğinin ve bu yapının hangi kavramlar üzerine kurulduğunun belirtilmesinin, değerlendirme formunu uygulayacak eğitimciler için değerlendirme formundaki maddelerin anlaşılması ve sürecin daha kolay ilerlemesi hususunda yol gösterici olabilir. Bu nedenle STEM-MDF'nin birinci kısmında değerlendirme formunu kullanacak olan eğitimcilere ön bilgilendirme olması amacıyla araştırmacı tarafından bir giriş yazılmıştır. Giriş kısmında; STEM eğitimi yaklaşımı, STEM modülü, mühendislik tasarım süreci, matematik ağırlıklı modül, nitelikli değerlendirme, teknoloji ve sınıf seviyesi gibi STEM-MDF'de ve aynı zaman da MA-STEM-M'de de kullanılan bazı kavramların tanımları verilmiştir.

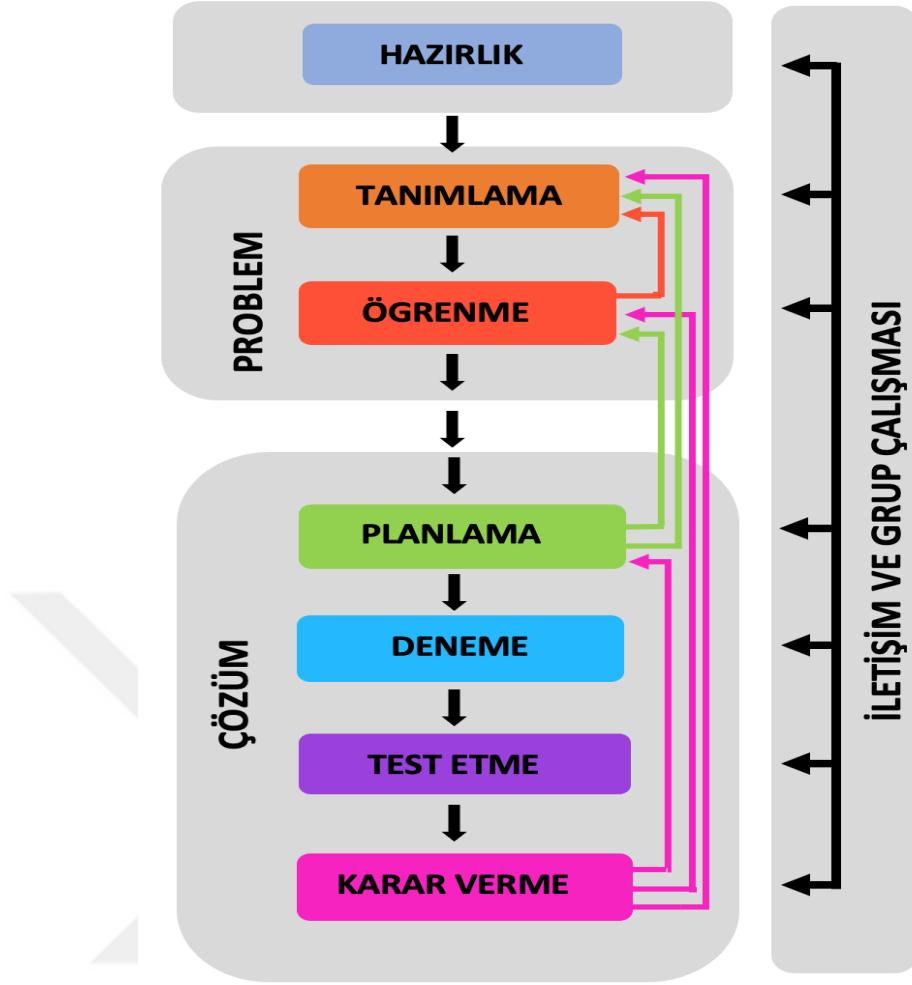
STEM-MDF'nin ikinci kısmında mühendislik tasarım sürecinin (Moore, Galncy, vd., 2013) basamaklarından hareketle tanımlama, öğrenme, planlama ve prototip oluşturma, test etme ve karar verme, grup çalışması ve iletişim olmak üzere beş alt başlıktan oluşan bir tablo hazırlanmıştır. Tanımlama alt başlığında, modülün içerdiği gerçek hayat problemine ve ana problemin anlaşılmasının değerlendirilmesine yönelik maddeler oluşturulmuştur. Öğrenme alt başlığında, süreçte öğrenilmesi hedeflenen STEM disiplinleri ve kazanımları ile bu konulardaki hazır bulunuşluk, öğrenimin yapılandırmacı yaklaşım ile ilişkisi ve öğrenimin değerlendirilmesine yönelik maddeler hazırlanmıştır. Ayrıca bu alt başlıkta matematik ve fen bilgisi disiplinlerinin içeriğini daha ayrıntılı incelemek için her madde ayrı olarak sorgulatılacak şekilde tasarlanmıştır. Planlama ve prototip oluşturma alt başlığında daha önce öğrenilen konuların tasarım sürecinde aktif kullanımına yönelik maddeler yer

almaktadır. Test etme ve karar verme alt başlığında, prototip oluşturma ve bunun kullanımına yönelik veri toplama, analiz etme ve değerlendirme süreçlerine yönelik maddeler hazırlanmıştır. Grup çalışması ve iletişim alt başlığında grup çalışması ve iş birliğine dayalı öğrenmeye yönelik maddeler içermektedir. Değerlendirme formunda yer alan her bir madde için uygulayıcıların görüşlerini bildirmeleri için “Evet”, “Kısmen”, “Hayır” şeklinde bölümlere yer verilmiştir.

3. Adım: Araştırma Ekibinden Görüş Alınması ve Alınan Görüşlere Göre STEM Modül Değerlendirme Formunun Düzeltilmesi

STEM alanında uzman üç akademisyen ve bir araştırmacıdan oluşan dört kişilik bir araştırma ekibi ile birkaç kez bir araya gelinerek STEM-MDF taslağı maddelerin bilimselliği ve kapsamı, anlaşılabilirliği, dil bilgisi kullanımı ve biçimsel kullanışlılığı yönüyle araştırma ekibindeki uzmanlardan görüş alınmıştır. Bu görüşler aşağıda açıklanmıştır.

Moore, Glancy ve arkadaşlarının (2013) geliştirdiği MTS teorik çerçevesinin ilk basamağı olan ‘tanımlama basamağı’ içeriğinin, dersin işleniş yöntemi ve stratejilerine yönelik bilgilendirmeler (Grup çalışması ve iletişim, MTS, MND’nin kullanımı) ve problemin tanımlanmasından oluştuğu görülmüştür. Yapılan alan yazın taraması, incelemeler ve araştırma ekibi uzmanları görüşleri, STEM eğitiminin birçok öğrenci ve öğretmen için yeni bir yaklaşım olduğu (Eroğlu ve Bektaş, 2016) ve uygulama sürecine başlamadan önce sürece yönelik ön bilgilerin öğrencilere ve öğretmenlere verilmesinin sürecin anlaşılmasına ve uygulanmasına katkı sağlayacağı nedeniyle MTS’nin tanımlama basamağında verilen grup çalışması ve iletişim, MTS, MND’nin kullanımına yönelik bilgilendirmelerin ayrı bir basamak olarak verilmesinin sürecin işleyişi bakımından daha kolaylaştırıcı olacağı yönünde görüş alınmıştır. Alan yazın ve uzman görüşüne binaen MTS’nin başlangıcına ‘hazırlık’ basamağı eklenerek MTS düzenlenmiştir. (Bkz. Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Düzenlenmiş Mühendislik Tasarım Süreci (DMTS)

Ayrıca, araştırma grubundaki uzman görüşleri doğrultusunda STEM-MDF'nin MTS süreci basamaklarını içeren tabloya hazırlık basamağı eklenerek modülün uygulanması için gerekli ön bilgilendirmeye yönelik maddeler oluşturulmuştur.

Araştırma ekibindeki uzmanlar, değerlendirme formunun biçimsel olarak tasarımı ve kapsamına yönelik görüş bildirmiştir. Uzmanlar, mühendislik tasarım süreci basamaklarını içeren bir tablo ve MTS'nin her basamağında kullanılan iletişim ve grup çalışması, sınıf yönergesi, mühendislik ve teknoloji alt başlıklarını içeren bir tablo olmak üzere iki ayrı tablo oluşturulmasının değerlendirme formu ile veri analiz sürecinin takibi, değerlendirme formu kullanımında problem oluşması durumunda problemin tespiti ve kısa sürede bu problemlerin çözülmesini kolaylaştıracağı yönünde görüş bildirilmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda STEM-MDF'ye ikinci bir tablo eklenmiştir. Bu tablo iletişim ve grup çalışması, yönerge stratejileri, mühendislik ve teknoloji alt başlıklarından oluşturulmuştur. İletişim ve grup çalışması alt başlığında, modülün genelinde uygulanan grup çalışması ve iş birliğine dayalı

öğrenmeye yönelik maddelere yer verilmiştir. Yönerge stratejileri alt başlığı, modülün kullanımı konusunda yönlendirilmeye yönelik maddelerden oluşturulmuştur. Mühendislik alt başlığında mühendisliğin doğası, tanımı ve işleyişine yönelik maddelere yer verilirken teknoloji alt başlığında da dijital ve dijital olmayan araçların öğrenme sürecinde kullanımına yönelik maddeler yer almıştır.

Ayrıca uzmanlar, her iki tablodaki maddeler için uygulayıcıların görüşlerini ifade edeceği “Evet”, “Kısmen”, “Hayır” bölümlerine, uygulayıcıların görüşlerini açıklayabilecekleri “Evet için nedenini açıklayınız” ve “Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız” şeklinde iki ayrı bölüm daha eklenmesi yönünde görüş bildirmiştir.

Alan yazın ve araştırma ekibi uzman görüşleri doğrultusunda, MTS'nin güncellenmiş versiyonundan yararlanılarak STEM-MDF; giriş, MTS basamaklarını içeren tablo ve MTS sürecinin genelini ele alan ikinci bir tablo olmak üzere üç kısımdan oluşturulmuştur. Uygulayıcıların görüşlerini bildirmeleri ve nedenlerini açıklayabilmeleri için “Evet”, “Kısmen”, “Hayır”, “Evet için nedenini açıklayınız” ve “Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız” şeklinde toplamda beş bölüme yer verilerek düzenlenmiştir.

3.3.2.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünü Geliştirme Süreci

Bu bölümde MA-STEM-M geliştirme sürecinin her bir adımından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. İlk adımda modülde işlenecek konuların belirlenmesi için yapılan alan yazın taramasından, ikinci adımda problem durumunun oluşturulmasından bahsedilmiştir. Üçüncü adımda ders planı taslağının oluşturulması başlığı altında ders planlarının genel çerçevesi açıklanmıştır. Dördüncü adımdan dokuzuncu adıma kadar MTS basamaklarının her birine yönelik ders planlarının nasıl oluşturulduğuna dair ayrıntılar verilmiştir. 10. adımda modül için araştırma ekibinden görüş alınması ve bu görüşler doğrultusunda modülün düzeltilmesi ve 11.adımda pilot çalışma yapılması ve elde edilen verilere göre modülün düzeltilmesine yönelik açıklamalara yer verilmiştir.

1. Adım: Modülde İşlenecek Konuların Belirlenmesi İçin Alan Yazın Taraması Yapılması

Alan yazın taraması sonucu daha önce değinilen eksiklikleri gidermek adına matematiğin ağırlıklı olduğu, içerik ve uygulama süresi bakımından yeterli düzeyde olan, mühendislik tasarım sürecinin uygulandığı, yapılandırmacı kuramın ışığında ayrıntılı bir şekilde planlanmış bir matematik ağırlıklı STEM modülünün geliştirilmesi gerekliliği belirlenmiştir. Moore, Glancy ve arkadaşlarının (2013) geliştirdiği ve bu çalışmada güncellenen MTS

basamakları takip edilerek modül geliştirme süreci başlamıştır. Matematik ağırlıklı STEM modülünde uygulanacak STEM disiplinleri konularının belirlenmesi için alan yazın taraması yapılmıştır. Tarama sonucunda matematik disiplininden oran-orantı, alan ölçümü, fen bilgisi disiplininden madde ve ısı konuları ile ilgili öğrencilerin bu konuları anlamakta zorlandıkları görülmüştür. Bu nedenle, modülde oran-orantı, alan ölçümü ve madde ve ısı konuları çalışılmıştır.

2. Adım: Problem Durumunun Oluşturulması

STEM modülünde kullanılacak oran-orantı, alan ölçümü ve madde ve ısı konuları içeren, öğrencilerin günlük hayatlarında karşılaşılabilecekleri ilgi çekici ve motive edici bir gerçek hayat probleminin oluşturulması için araştırmacı tarafından çevrim içi araştırmalar yapılarak güncel kaynaklar taranmıştır. Bu araştırmalar sonucunda hem insan hayatı için önemi hem de günlük hayatın birçok alanında karşılaşılması nedeniyle problem konusu olarak “Yangın Merdiveni Tasarımı” seçildi. Öğrencilerin ilgisini çekecek ve onları motive edecek şekilde yangın merdiveni tasarımını içeren bir problem durumu oluşturulmuştur.

Belirlenen matematik ve fen bilgisi konularının tüm kazanımlarının problemin çözümü için gerekli olup olmadığı ve eklenmesi gereken başka kazanımların olup olmadığını belirlemek için araştırmacı tarafından problemin çözümüne yönelik bir prototip hazırlanmıştır. Prototip hazırlama sürecindeki uygulamalar ışığında problem durumuna son şekli verilerek problemin çözümü için gerekli olan STEM disiplinleri kazanımları güncellenmiştir.

3. Adım: Ders Planı Taslağının Oluşturulması

Problem durumu ve gerekli kazanımlar belirlendikten sonra STEM modül uygulama sürecinin daha net ve açık bir şekilde ilerleyebilmesi için mühendislik tasarım sürecinin basamaklarına yönelik ayrıntılı ders planları için bir taslak plan hazırlanmıştır. Ders planının taslağı dört aşamadan oluşturulmuştur.

Birinci aşamada dersin içeriğine yönelik kısa bir özet ile o dersin süresini, o derste kazanılacak kazanımları, derste öğrenilmesi hedeflenen önemli kelimeleri, kullanılacak malzemeleri ve gerekli olan fotokopilerin listesini içeren bir tabloya yer verilmesi planlanmıştır. Bu özet ve tablo ile öğreticinin gereken hazırlıkları (örn; gerekli malzemelerin temini ve çıktılarının hazırlanması) yapabilmesine ve dersin içeriğine yönelik bir ön bilgilendirmeye sahip olmasına olanak sağlanması amaçlanmıştır.

İkinci aşamada, uygulama öncesi işlenecek dersin içeriğinde yer alan aktiviteler ve ders işleyişine yönelik öğretmenleri bilgilendirmek için “Öğretmenin Bilmesi Gereken Ön Bilgiler” şeklinde bir bölümün hazırlanması planlanmıştır. Bu bölüm ile modül uygulamasının verimli, nitelikli ve sağlıklı şekilde gerçekleşmesi için öğretmeni sürece dair ayrıntılı bilgilendirmesi amaçlanmıştır. Süreç içerisinde öğretmenin dikkat etmesi gereken önemli hususlar bu aşamada ayrıntılı bir şekilde aktarılması planlanarak öğretmenin dersin içeriğine her yönüyle hâkim olmasına olanak sağlanmıştır.

Üçüncü aşama, öğretmenin dersin uygulanmasına yönelik adım adım yönlendirilmesini amaçlayan “Sınıf Yönergesi” bölümü planlanmıştır. Bu bölüm, uygulamayı yapacak öğretmene yapılandırmacı kuram ışığında öğrenciyi nasıl yönlendirmesi gerektiğini açıkça ifade etmek için tasarlanmıştır. Hangi aktivitelerin, çalışma kağıtlarının ve görsellerin nerede ve nasıl kullanılacağına yönelik ayrıntılı bir içerik yazılması amaçlanmıştır.

Dördüncü aşama ise ders içerisinde uygulanacak aktivite ve değerlendirme formlarını düzenli bir sıra ile içermektedir. Böylece öğretmenin, fotokopisi alınacak formlara kolayca ulaşması amaçlanmıştır. Modül içerisinde yer alan her ders planı dört basamaktan oluşan bu taslağa göre hazırlanmıştır.

4. Adım: Hazırlık Basamağı Ders Planının Oluşturulması

Güncellenmiş MTS'nin ilk basamağı olan hazırlık basamağına yönelik bir ders planı oluşturulmuştur. Hazırlık basamağı ders planı bir ders saati (40dk) olarak belirlenmiş ve ders planı daha önceden bahsedildiği üzere dört bölümde hazırlanmıştır. Öncelikle birinci bölümde, dersin içeriğine yönelik kısa bir özet ve ders süresini, kazanımları, ders sürecinde gerekli olacak malzemeleri, dersin içerisinde geçen ve öğrencinin yeni karşılaşacağını düşündüğümüz bazı önemli kelimeleri ve gerekli çıktıların listesini içeren bir tablo hazırlanmıştır.

Ders planının ikinci aşaması olan “Öğretmenin Bilmesi Gereken Ön Bilgiler” bölümünde ise STEM eğitimi yaklaşımında grup çalışması ve iletişimin önemi nedeniyle öncelikle öğretmenin sınıftaki grup oluşturma sırasında nelere dikkat etmesi gerektiğine, grup kurallarının uygulama sürecinin akışını sağlamasındaki önemine ve öğrencilerin bu kuralları belirlerken nelere dikkat etmeleri hususunda öğretmene yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde MTS'nin basamaklarının ve MND'nin özelliklerine ve önemine yönelik bilgiler yazılmıştır. Özellikler MTS'ye ait yönelik doğru bilinen yanıtlara

yer verilmiştir. Bununla beraber problemin çözümünde sıkça kullanılacak kriter ve kısıtlama kavramlarının tanımları ve önemi konusunda öğretmene açıklamalar yazılmıştır. Ders sürecinde öğrencinin karşılaşılabileceği yeni kelimelerin öğrenilmesine yönelik notlara ve ders içerisinde uygulanacak aktiviteler ile bu aktivitelerin sırası ve uygulanaşına yönelik kısa açıklamalara yer verilmiştir. Ders planının son kısmında öğretmenin modülün gelişimine katkı sunabilmesi için nasıl geri bildirimde bulunabileceği hakkında bilgilendirmeler yapılmıştır.

Ders planlamasının üçüncü aşaması olan “*Sınıf Yönergesi*” bölümü, öğretmenin öğrenciyle birebir iletişime geçtiği bölümdür. Bu kısımda uygulama sırasında öğretmenin bir problem yaşamaması için ders sürecine ait uygulaması gereken aktiviteler, sorulacak açık uçlu sorular, öğrencilerin bu sorulara verebileceği olası cevaplar ve sürecin değerlendirilmesi için gerekli bilgilendirmeler alt başlıklar halinde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Mühendislik projesinin öğrencilere tanıtılması ile başlayan sınıf yönergesi bölümü, grupların ve grup kurallarının belirlenmesi, MND’nin tanıtımı, mühendis düşünce yapısının özellikleri gibi alt başlıklar hazırlanarak sürecin nasıl işleneceği hakkında ayrıntılı açıklamalar yazılmıştır. Bu bölümde öğrencilerin MTS ile tanışmaları ve MTS’nin nasıl işleyeceğine yönelik bilgilendirilmeleri için yönergeler oluşturulmuştur. Ayrıca yeni kelimelerin anlamalarının öğrenciler tarafından tartışılması için notlar eklenmiştir. Ders planının son aşamasında derste kullanılması gereken formlar ve değerlendirme yapıklarına yer verilmiştir.

5. Adım: Tanımlama Basamağı Ders Planının Oluşturulması

MTS’nin diğer basamağı olan Tanımlama basamağı ders planının ilk aşamasında dersin içeriğine yönelik kısa bir özet ve tablo hazırlanmıştır. İkinci aşama olan “Öğretmen Bilmesi Gereken Ön Bilgiler” başlığı altında ise problem tanımlama, tasarım sürecindeki zorluklar, problemin çözümünü talep eden kişi ile süren iletişimin tartışılması, öğrencilerin sorularının problem sahibine sorulması/iletilmesi, öğrenciler tarafından sorulan soruların paylaşılması, öğrencilerin sordukları soruların cevaplanması ve problemde verilen kriter ve kısıtlamaların belirlenmesi alt başlıklarına göre içerik bilgilendirmelerine yer verilmiştir. Üçüncü aşama olan “Sınıf Yönergesinde” bir önceki aşamada değinilen hususlarla beraber süreç içerisinde hangi formların nasıl kullanılmasına yönelik ayrıntılı bilgilendirme notları hazırlanmıştır. Örneğin, Problem Tanımlama Formu’nun ne zaman ve nasıl öğrencilere doldurtulması gerektiğine yönelik bilgiler yazılmıştır. Bununla beraber öğrencilerin problem durumunu daha net anlamaları için onlara örnek merdiven modelleri gösterilerek ilgili örnekleri yorumlamalarına imkân sağlanmıştır. Öğrencilerin probleme çözüm talep eden

birey/kurumdan daha ayrıntılı bilgi edinmek istenmesi olasılığına yönelik yönlendirme notları hazırlanmıştır. Dördüncü aşamada problem tanımlama formu, probleme çözüm isteyen birey/kurumdan gelen e-postalar, değerlendirme formları ve rubrikler yer almaktadır.

6. Adım: Öğrenme Basamağı Ders Planının Oluşturulması

Öğrenme basamağı ders planında problemin çözümü için gerekli olan konuların ayrıntılı planlanması yapılmıştır. Ders planlaması yapılırken matematik ve fen bilgisi disiplinlerinin her bir konusu alt öğrenme alanlarına ayrılarak ele alınmıştır. Öğrenme basamağı ders planı, öğrencilerin ilgili konuları rahatça keşfedebilmeleri için toplamda sekiz ders saati olarak hazırlanmıştır. Fen bilgisi disiplini konularından madde ve ısı konusu için bir ders saati, matematik disiplini için alan ölçümü konusunda dairenin alan ölçümü konusu için bir ders saati, daire dilimi alan ölçümü için bir ders saati, silindirin yüzey alan ölçümü için bir ders saati planlanmıştır. Matematik konularından oran-orantı konusunda orantı konusu için bir ders saati, doğru orantı konusu için iki ders saati, ters orantı konusu için bir ders saati planlanmıştır. Öğrenme basamağının matematik ve fen bilgisine ait her bir ders planı; ders özeti ve bilgilendirme tablosu, öğretmenin bilmesi gereken on bilgiler, sınıf yönergesi ve gerekli formlar ve fotokopilerin olduğu bölümü içeren dört aşamada planlanmıştır. Bu ders planı yapılırken problemin çözümü için gerekli kazanımları öğrencilerin aktif olarak edinebilmeleri için öğrenci merkezli olacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrencinin aktif, öğretmenin rehber olduğu bu ders planında “yangın merdiveni” probleminin çözümüne katkı sağlayacak şekilde alt problemler oluşturulmuştur. Öğrenciler alt problem durumuyla ilgili konuları öğrenirken aynı zamanda “yangın merdiveni” probleminin çözümü için gerekli bilgi, beceri ve yetenekleri edinmeleri amaçlanmıştır.

7. Adım: Planlama Basamağı Ders Planının Oluşturulması

MTS'nin Planlama basamağı ders planı bir ders saati olacak şekilde dört aşamada hazırlanmıştır. İlk aşamada genel bir bilgilendirme amaçlı kısa bir özet ve dersin içeriğine yönelik bilgilendirmelerin yapıldığı bir tablo hazırlanmıştır. İkinci aşamada “Öğretmenin Bilmesi Gereken Ön Bilgiler” kısmında öğretmenin derse hazırlanması ve daha nitelikli bir şekilde dersi uygulayabilmesi için dersin içeriğine yönelik kavram tanımları, planlama süreci ve ders sırasında öğretmenin takip etmesi gereken basamaklara yer verilmiştir. Üçüncü aşamada ‘Sınıf Yönergesi’ hazırlanmıştır. Bu aşamada aşağıda belirtilen noktalara yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Bunlar; öğrencilerin 1) problem durumu ve problemin kriter ve kısıtlamalarının tekrardan sorgulaması, 2) ders sürecinde yapacakları plan için gerekli

kavramları tartışması 3) öğrencilerin yaratıcılıklarını arttırmak için önce bireysel olarak en az iki plan hazırlamaları ve bireysel planlar oluşturulduktan sonra her bir planın grup ile tartışması 4) hazırlanan planlardan etkili olduğu düşünülen planın grup planı olarak seçilmesi ya da grup olarak yeni bir plan hazırlanabilmesi, 5) hazırlanan planı öğrenilen matematik ve fen konularına dayandırarak kanıta dayalı bir şekilde açıklayabilmeleri olarak belirtilmiştir. Bu şekilde öğrencilerin problem durumu üzerinde daha derin düşünerek anlamlı bağlar kurmaları ve neyi niçin yaptıklarını nedenleriyle birlikte anlamalarına yardımcı olunması amaçlanmıştır. Öğrencilerin bireysel ve grup olarak hazırlayacakları planları oluşturmaları için “bireysel/grup tasarım planı” ve “Tasarım ve kanıt sunma formu” formları hazırlanmıştır. “Bireysel/grup tasarım planı” formlarında planları çizebilecekleri, tasarım için hangi malzemeyi seçeceklerini, kullanacakları ölçüleri, bu planın çalışıp çalışmayacağına dair kanıta dayalı açıklama yapabilecekleri ve gerekli hesaplamalar için bölümler oluşturulmuştur. Tasarım ve kanıt sunma formunda öğrencilerin hazırladıkları bireysel ve grup planlarını fen bilgisi ve matematik konularına göre nasıl kullanıldığını kanıtlarıyla açıklayabileceği bölümlere yer verilmiştir. Planlama ders planının dördüncü aşamasında ise bahsi geçen formların da içinde olduğu değerlendirme formu ve rubrikleri ile öğretmen notları çizelgesi fotokopi alınması için düzenli olarak bir arada verilmiştir.

8. Adım: Prototip Oluşturma Basamağı Ders Planının Oluşturulması

Prototip Oluşturma basamağı bir ders saati olacak şekilde dört aşamada planlanmıştır. İlk aşamamada genel bir bilgilendirme amaçlı kısa bir özet ve dersin içeriğine yönelik bilgilendirmelerin yapıldığı bir tablo hazırlanmıştır. İkinci aşamada öğretmenin derse hazırlanması ve daha nitelikli bir şekilde dersi uygulayabilmesi için dersin içeriğine yönelik kavram tanımları, planlama süreci ve ders sırasında öğretmenin takip etmesi gereken basamakların belirtildiği “Öğretmenin Bilmesi Gereken Ön Bilgiler” kısmı hazırlanmıştır. Bir sonraki ‘Sınıf Yönergesi’ aşamasında ise problem durumu, kriter ve kısıtlamalar tartışılmasına ve hazırlanan plana göre bir prototip hazırlamasına yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Öğrencilerin buldukları MTS aşamasının hangisi olduğu ve bu derste hangi yeni kelimeler öğrenildiğinin sorgulanması için ayrıntılar eklenmiştir. Dersin genel değerlendirmesi için açık yönergeler yazılmıştır. Dördüncü aşamada ise değerlendirme formu ve rubrikler ile öğretmen notları çizelgesi çıktı alınması için düzenli olarak bir arada verilmiştir.

9. Adım: Test Etme, Karar Verme ve Yeniden Tasarlama Basamağı Ders Planının Oluşturulması

Test Etme ve Karar Verme basamağı ders planına bir ders saati süresi ayrılarak dört aşamada geliştirilmiştir. Birinci aşamada genel bir bilgilendirme amaçlı kısa bir özet ve dersin içeriğine yönelik bilgilendirmelerin yapıldığı bir tablo hazırlanmıştır. İkinci aşamada öğrencilerin hazırlanan prototipi test ederken nelere dikkat edilmesi gerektiği ve gerekli ön hazırlıklarla ilgili öğretmene yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Üçüncü aşama olan ‘Sınıf Yönergesi’ bölümünde ise problem durumuna, kriter ve kısıtlamalara, yapılan prototipe dair hatırlatmalara, öğrencilerin prototipi nasıl test etmeleri gerektiğine karar vermelerine ve prototipi test etmelerine yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Bununla birlikte elde edilen test sonuçlarının grup olarak analiz edilip üretilen çözümün problem için uygun olup olmadığına yönelik tartışma yolculuğu ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. Bu aşamadan sonra dersin planında iki ayrı durum tasarlanmıştır.

Birinci durum; bütün gruplar üretilen çözümün problem için uygun olduğu kararına vardığı takdirde grupların çözümlerini kanıta dayalı bir şekilde açıklayacakları, çözümün avantajlarını ve dezavantajlarını içeren bir poster/Power Point sunum hazırlayarak sınıftaki diğer gruplara sunabilecekleri yönergeler hazırlanmıştır. Sınıf olarak bütün grupların sunumu dinlemelerine ve en iyi çözüm önerisini geliştiren grubun belirlenerek bu çözüm önerisi için hazırlanan sunumu probleme çözüm isteyen birey/kuruma e-posta aracılığı ile gönderilmesi gerekliliğine yönelik notlar hazırlanmıştır.

İkinci durumda ise en az bir grup probleme uygun çözüm üretmediği takdirde öğrencilere bir sonraki “Yeniden Tasarlama” dersine geçilmesi gerektiğine yönelik bilgilendirmeler içermektedir. “Yeniden Tasarlama” dersi tasarımları başarısız olan öğrencilerin hatalarından öğrenmelerini sağlamak ve tasarımı başarılı olanların da hazırladıkları prototipi daha nitelikli hale getirmeleri amacıyla oluşturulmuştur.

‘Yeniden Tasarlama’ ders planı bir ders saati olarak planlanmıştır. Diğer derslerde olduğu gibi yeniden tasarlama ders planının birinci aşamasında genel bir özet, ikinci aşamasında da öğretmene yönelik bilgilendirmelere yer verilmiştir. Üçüncü aşama olan “Sınıf Yönergesi” problem durumu, kriter ve kısıtlamalar ve test etme ve karar verme dersine dair gerekli hatırlamalarla ilgili bilgilendirme notları yazılmıştır. Burada öğrenciler bir önceki tasarımlarının başarı durumlarına göre tasarımları başarılı olan ve olmayan gruplar farklı şekilde görevlendirilmiştir. Tasarım planı başarılı olan öğrencilere hazırladıkları prototipi

daha nitelikli hale getirmek ve yaygın kullanımı sağlayabilmek için neler yapılması gerektiğini grup olarak tartışmalarına yönelik bilgilendirme notlarına, tasarımları başarılı olmayan gruplara sorunun nereden kaynaklandığını araştırmalarına yönelik yönlendirmeler yazılmıştır. Bununla birlikte, öğrencilerin tasarımdaki sorunu keşfetmelerini sağlayacak sorunun kaynaklandığı basamağa tekrar geri dönmelerini gerektiğini hatırlatacak notlara yer verilmiştir. Gerekli görüldüğü takdirde öğrencilere yeniden plan yapma, prototip oluşturma, test etme ve karar verme imkânı sağlayacak ifadeler yazılmıştır. Sorunlar giderildikten sonra öğrencilerden poster/PowerPoint sunumu hazırlayarak sınıfa sunmaları ve geliştirilen en iyi tasarımın seçilmesi ve en iyi tasarımı gerçekleştiren grubun hazırladığı sunum probleme çözüm isteyen birey/kuruma gönderilmesi için yönergeler eklenmiştir. Ders planının dördüncü bölümünde ise öğretmenin notları, yeniden tasarlama grup planı, yeniden tasarım test sonuçları değerlendirme raporu, yeniden tasarım test sonuçları değerlendirme raporu cevap anahtarı, öğretmen gözlem raporu ve final sunum değerlendirme formuna yer verilmiştir. Bu şekilde matematik ağırlıklı STEM modülünün ilk taslağı hazırlanmıştır.

10. Adım: Modül İçin Araştırma Ekibinden Görüş Alınması ve Görüşler Doğrultusunda Modülün Düzeltilmesi

Matematik ağırlıklı STEM modülünün ilk taslağı araştırmacı tarafından araştırma ekibindeki STEM uzmanlarına gönderilerek görüşleri alınmıştır. Uzmanlar hem çevrim içi hem de yüz yüze gerçekleşen görüşmelerle modüle ait her bir ders planını ayrıntılı bir şekilde incelenerek görüşlerini bildirmiştir. Araştırma ekibindeki uzmanların görüşleri içeriğin daha anlaşılır ifade edilmesine yönelik görüşleri içerirken iki hususta eklemeler yapılması önerilmiştir. Bunlardan birincisi modülün başlangıç kısmına modül içeriğine yönelik bilgilendirici notlar yazılması yönündedir. MTS'ye yönelik kısa bir alan yazın açıklaması verilmesi ve modülde kullanılacak STEM disiplinleri konularından ve bu konulara ait kazanımların tablo halinde verilmesi ve modülün içeriğine yönelik MTS basamaklarına göre hangi aşamada neler yapılacağını ve kaç ders saati süreceğine yönelik kısa bir özet tavsiye edilmiştir. Ayrıca MTS'nin hangi basamağında hangi kazanımların ediniminin gerçekleşeceğine ve süreç boyunca kullanılacak malzemelerin listesinin verilmesi önerilmiştir. Bununla birlikte uzmanlar öğrenme, prototip oluşturma ve test etme ders planlarında uygulama sırasında oluşabilecek durumlar için güvenlik uyarı notlarına yer verilmesi konusunda öneride bulunulmuştur.

Araştırmacı tarafından STEM modülünün başlangıç kısmına uzmanlardan gelen görüşler doğrultusunda giriş yazılmıştır. Ayrıca, ilgili ders planlarına güvenlik uyarıları eklenerek modül düzeltilmiştir.

11. Adım: Pilot Çalışma Yapılması ve Verilere Göre Modülün Düzeltilmesi

Yedinci sınıf öğrencileri ile yapılması planlanan pilot çalışma Covid-19 pandemi şartlarından dolayı yedinci sınıf öğretmenleri ile uygulanmıştır ve uygulamaya gözlemci olarak matematik ve STEM alanında uzman üç akademisyen katılmıştır. Akademisyenler uygulama sırasında sürecin işlenişine yönelik görüşlerini sözel olarak bildirmiştir. Yapılan uygulama sonucunda öğretmenlerden elde edilen veriler ve akademisyenlerin görüşleri doğrultusunda ders planları tekrardan güncellenerek son şekli verilmiştir.

Sonuç olarak oran-orantı, alan ölçümü ve madde ve ısı konularının ele alındığı 14 ders saatlik ayrıntılı ders planlarına sahip bir yangın merdiveni modülü tasarlanmıştır. Matematik konu, aktivite sayısı ve uygulama sürecinin ağırlıklı olduğu bu modülün içeriğine yönelik tablo aşağıda verilmiştir. Matematik ağırlıklı STEM modülüne yönelik örnek ders planı EK.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. MA-STEM-M Tasarımı

Dersler	Ders saati	MTS Basamakları	İçerik
Ders 1	40'	Hazırlık	MTS, MND
Ders 2	40'	Tanımlama	Problem tanımlama
Ders 3	40'	Öğrenme	Dairenin alan ölçümü
Ders 4	40'	Öğrenme	Daire diliminin alan ölçümü
Ders 5	40'	Öğrenme	Silindirin yüzey alan ölçümü
Ders 6	40'	Öğrenme	Oran-Orantı
Ders 7	40'	Öğrenme	Doğru orantı
Ders 8	40'	Öğrenme	Doğru orantı
Ders 9	40'	Öğrenme	Ters orantı
Ders 10	40'	Öğrenme	Madde ve ısı
Ders 11	40'	Plan	Plan hazırlama
Ders 12	40'	Prototip Oluşturma	Prototip oluşturma
Ders 13	40'	Test etme ve Karar Verme	Test etme ve Karar Verme
Ders 14	40'	Yeniden tasarım süreci	Yeniden plan yapma, prototip oluşturma, test etme ve karar verme

3.4. Veri Analizi

Bu kısımda nitelikli değerlendirme, STEM-MDF'ye yönelik veri analizi ve MA-STEM-M'ye yönelik veri analizi ayrı alt başlıklar altında tartışılmıştır.

3.4.1. Nitelikli Değerlendirme

Bir eğitim programının önemli unsurlarından birisi de değerlendirmedir. Harlen (2005)'e göre öğrenme ve değerlendirme bir süreçtir ve bu süreç öğrencinin, istenilen amaçlar dahilinde hedefe ulaşmış olup olmadığını konusunda karar vermeyi, eldeki verinin nasıl analiz edileceğini ve sonucun öğrencilere nasıl açıklanacağını içerir. Değerlendirme sürecinin önemi onun nitelikli bir şekilde yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle geliştirilen matematik ağırlıklı STEM modülünün nitelikli olmasının bir unsuru da aynı zamanda nitelikli bir değerlendirme içermesidir. Nitelikli değerlendirme, bir değerlendirme aracının geçerlilik, güvenilirlik ve kullanılabilirlik unsurlarını karşılama düzeyi ile ilişkilidir (Gönen vd., 2011). Belirlenen kazanımların edinimini ölçmeye yönelik alternatif değerlendirme yöntemlerini içerecek şekilde soruların ve bu soruların cevap anahtarlarının veya rubriklerinin olması değerlendirmede geçerliliğin ve güvenilirliğin sağlanmasıyla nitelikli bir değerlendirme yapıldığının göstergesidir. Ayrıca modülün anlaşılır ve kolay uygulanabilirliği, zaman bakımından tasarruf sağlanması kullanılabilirlik unsuru için önemlidir. Bu bağlamda geliştirilen modülde nitelikli değerlendirmenin getirdiği şartları sağlamak için bu üç unsura dikkat edilmiştir. Veri toplamak için modülün her aşamasında günlükler (örneğin, MND) kullanılmasına yönelik bilgilendirme notlarına yer verilmiştir. Ayrıca, modül içerisinde öğrencilerin uygulanacak aktivitelerden önceki ve sonraki fikirlerini sorgulayan ve açık uçlu sorulardan oluşan formlar verilerek günlüklerine (MND) yapıştırılmasına yönelik ifadeler yer verilmiştir. Öğrencilerin süreç içerisinde formlardaki ilgili kısımları doldurmalarına yönelik uyarı notlarına yer verilerek, aktivitelerle birlikte öğrenmede yaşanan değişimler elde edilen bilgi ve becerilerin incelenebilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte öğrencilerin bireysel ve grup çalışması şeklinde fikirlerinin bu günlüklere not almaları ve ders sonunda değerlendirilmek üzere öğretmene vermeleri konusunda uyarı notları eklenmiştir. Bu şekilde öğretmenler her ders sonrasında gerekli incelemeleri yaparak bir sonraki aşamaya geçilip geçilmemesi konusunda karar verebilir aynı zamanda eksiklikleri belirleyerek bir sonraki ders bu eksikliklerin giderilmesine yönelik

hazırlıklar yapabilmesi amaçlanmıştır. Bu şekilde sürece yönelik bilgi ve beceriler biçimlendirici ve düzey belirleyici olmak üzere iki aşamada öğretmen tarafından değerlendirilebilir. Bu değerlendirme sırasında geçerliliği ve güvenilirliği sağlamak için gerekli cevap anahtarlarına /rubriklere her ders planı içinde yer verilmiştir.

3.4.1.1. Mühendislik Not Defteri (MND)

Günlük olarak da isimlendirilebilen MND, öğrencilerin bireysel ve grup olarak fikirlerini ve cevaplarını, yapacakları bütün çizimleri ve hesaplamaları yazmaları ve kendilerine verilen fotokopi belgelerini yapıştırmaları gereken bir defterdir. Bu defter, büyük boy kareli bir defter olup uygulamalar için yeterli sayfaya sahip olmalıdır. MND öğrencilerin uygulama sırasında unuttukları bilgileri tekrar dönüp hatırlamalarına olanak sağlarken öğrencilerin öğrenme süreçlerini takip ederek eksik yönlerini keşfetmek için öğretmene büyük avantaj sağlar. Bu yüzden her dersin sonunda MND'ler eğitici tarafından toplanır ve öğrencilerin deftere yazdıkları notlar, yaptıkları çizimler ve hesaplamalar değerlendirilir. Bu değerlendirmenin etkin yapılabilmesi ve grup çalışmalarının öğrenmeye olan etkisinin incelenebilmesi için öğrencilerden bireysel ve grup cevaplarını yazarken kırmızı ve mavi renkte tükenmez kalem kullanmaları istenir. Mavi renk, öğrencilerin bireysel fikirlerini yazarken kullanmaları gereken renktir. Kırmızı renk ise, öğrencilerin grup cevabına bağlı olarak verdikleri cevapları yazarken kullanmaları gereken renktir. Ayrıca öğrenciler yazdıkları notları silmemeleri veya üstünü çizmemeleri konusunda uyarılmalıdır. Tükenmez kalem tercihi ve yazılanların üstünün çizilmemesi değerlendirilecek süreci tüm basamakları ile açıkça ortaya koyar.

3.4.2. STEM Modül Değerlendirme Formu Veri Analizi

Değerlendirme formuna yönelik uzman görüşleri daha önce değerlendirme formu geliştirme sürecinde değindiğimiz maddelerin bilimsel yönden doğru olması, maddelerin modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamda olması, maddelerin kolay anlaşılabilirliği, dil bilgisinin doğru şekilde kullanılması ve değerlendirme formunun biçimsel olarak analiz için kullanışlı olması özelliklerine göre analiz edilmiştir. Uzman görüşleri ışığında değerlendirme formunun bu özellikler ile olan uygunluk seviyelerinin belirlenebilmesi için uygun, kısmen uygun, uygun değil derecelendirmeleri kullanılmıştır (Karakoç ve Dönmez, 2014). Modül değerlendirme formu geliştirmede uzman görüşlerinin alınması ile görünüm ve kapsam geçerliliği de değerlendirilmiş olmaktadır (Taşkın ve Akat, 2010).

Uzmanlardan e-posta yolu ile gelen STEM modül değerlendirme formuna yönelik görüşler araştırmacı tarafından araştırma ekibi ile de e-posta yoluyla paylaşılmıştır. Her bir uzmanın görüşü araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından öncelikle bireysel olarak daha önceden belirlenen beş özellik çerçevesinde analiz edilmiştir. Daha sonra araştırmacılar bir araya gelip elde ettikleri sonuçları her bir uzman için ayrı ayrı tartışmışlardır. Eğer uzmanlar o maddenin bu hali ile modül değerlendirme formunda kalması gerektiğini belirtirse veya o madde ile ilgili belirtilen özelliğe yönelik negatif bir açıklama yazmazsa o madde için uzman görüşü “Uygun” olarak tanımlanmıştır. Eğer modül değerlendirme formunda yer alan maddeler ve diğer unsurların bazı düzeltmelere ihtiyaç olduğu ve ancak önerilen düzeltmeler yapıldıktan sonra kullanılabilir olduğu anlatılmak isteniyorsa bu da “Kısmen uygun” olarak tanımlanmıştır. Son olarak, modül değerlendirme formunda yer alan madde ve diğer unsurların modül değerlendirme formundan kaldırılmasına yönelik görüş varsa, bu da “Hiç uygun değil” olarak tanımlanmıştır. Değerlendirme formunun analizinde formda yer alan her bir aşama için değerlendirme sonuç tabloları oluşturulmuştur. Tablo 3.3’te hazırlık basamağı için oluşturulmuş örnek bir tabloyu görmekteyiz.

Tablo 3.3. STEM-MDF Hazırlık Basamağı İçin Uzman Değerlendirme Sonuçları

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Yukarıda verilen örnek tabloda görüldüğü üzere uzmanlardan gelen “uygun” görüşü dışında yer alan görüşler araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından değerlendirilmiş ve hem fikir olunan değişikliğe yönelik uzman görüşleri doğrultusunda STEM-MDF güncellenmiştir. Hangi uzmanın ne tür değişiklik önerdiği ve bunun sonucunda nasıl güncellemeler yapıldığı bulgular kısmında ayrıntılı şekilde verilmiştir. Geliştirilen STEM-MDF, EK 1 de verilmiştir.

3.4.3. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü Veri Analizi

Her bir uzmandan birer tane olmak üzere modüle yönelik görüşlerin yer aldığı dört adet modül değerlendirme formu araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından analiz edilmiştir. Hem MA-STEM-M hem de STEM-MDF, MTS baz alınarak oluşturulduğu için modülün analizi içerdiği MTS basamağının karşılığı olarak STEM-MDF’de yer alan alt başlıkla gerçekleştirilmiştir. Örneğin, modüldeki hazırlık basamağını değerlendirmek için modül değerlendirme formundaki hazırlık alt başlığındaki maddeler kullanılmıştır. Araştırmacı uzmanlardan gelen modül değerlendirmesini önce bireysel analiz etmiştir. Daha sonra tüm araştırma ekibi ile uzman görüşleri değerlendirilmiştir. Bu görüşler çerçevesinde modül güncellenerek son hali verilmiştir. Hangi uzmanın ne tür değişiklik önerdiği ve bunun sonucunda nasıl güncellemeler yapıldığı bulgular kısmında ayrıntılı şekilde verilmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M, EK2’ de verilmiştir.

Uzman görüşlerinin araştırmacılar tarafından değerlendirilmesinden sonra uzman görüşleri arasındaki güvenilirlikte ölçülmüştür. Birden fazla değerlendirmecinin olduğu çalışmalarda güvenilirliği ölçmenin yöntemlerinden biri de bağımsız değerlendirmeceiler arası uyumun araştırılmasıdır (Büyüköztürk vd., 2017; Karasar, 2007). Dört uzmanın görüşleri birbirine ne kadar yakınsa elde edilen sonuç da o derece güvenilirdir. Bu uyumu araştırmak için uzman görüşleri arasında yüzde uyumuna bakılarak ‘değerlendiriciler arası güvenilirlik’ (Inter-Rater Reliability) incelendi. Aynı madde için dört uzmana ait görüşlerin güvenilirliğini ölçmek için aynı görüş için 1 değeri farklı görüşler için 0 değeri verilmiştir. Değerlendirmeye örnek olarak değerlendirme formunun teknoloji alt başlığında yer alan uzman görüşlerinin uyumluluğunu ölçme için oluşturulan Tablo 4 aşağıda verilmiştir. Bu tabloda teknoloji alt başlığında yer alan toplam beş madde için dört uzmanın görüşleri yazılmıştır. Daha sonra uzman görüşleri ikişerli olarak aynı veya farklı olmaları üzerinden 1 veya 0 değeri verilerek analiz edilmiştir. Örneğin U1 ve U2 birinci madde için “Evet” diyerek aynı görüşte bulduklarından U1/U2, 1 olarak kodlanmıştır. U1 ile U4 birinci madde için “Evet” ve “Hayır” olmak üzere iki farklı görüş bildirdiklerinden U1/U4, 0 olarak kodlanmıştır. Bu işlem modül değerlendirme formunda yer alan 88 madde için gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir madde için ikili kombinasyonlardaki aynı fikirde olmayı gösteren 1’leri toplayıp toplam uzman sayısına bölerek “Uyum” kolonuna yazılmıştır. Örneğin, birinci madde için ikili kombinasyonlarda 3 tane 1 vardır. Toplamda 4 uzman olduğu için “Uyum” sütununa $\frac{3}{4}$ yazılmıştır. Hepsi bir ise toplam uzman sayısı 4 olduğundan “Uyum” sütununa $\frac{4}{4}$ yazılmıştır. Daha sonra “Uyum” kısmında yer alanlar

toplanıp, toplam madde sayısına bölünmüştür. Elde edilen sonuç yüzdeler olarak uyumu gösterir. Aşağıdaki tablo bu anlatılan işlem için bir örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3.4. Bağımsız Değerlendirmeler Arası Uyum Ölçme Tablo Örneği

Madde	U1	U2	U3	U4	U1/U2	U1/U3	U1/U4	U2/U3	U2/U4	U3/U4	Uyum
1	Evet	Evet	Evet	Hayır	1	1	0	1	0	0	3/4
2	Evet	Evet	Evet	Hayır	1	1	0	1	0	0	3/4
3	Evet	Evet	Evet	Kısmen	1	1	0	1	0	0	3/4
4	Evet	Evet	Evet	Evet	1	1	1	1	1	1	4/4
5	Evet	Evet	Evet	Evet	1	1	1	1	1	1	4/4

Uyumluluk Oranı = $(3/4+3/4+3/4+4/4+4/4) / 5 = (9/4+2) / 5 = 17/20 = 0.85$. Yani Uyumluluk %85 gibi yüksek bir orandadır. Güvenirliği ölçme adına hem STEM modülü değerlendirme formunun analizinde hem de matematik ağırlıklı STEM modülüne yönelik uzman görüşlerinin analizinde Cronbach's alpha kullanılmıştır (Cronbach, 1951).

4. BULGULAR

Bu bölümde, STEM-MDF ile MA-STEM-M yönelik STEM uzmanlarının görüşleri ayrı ayrı ayrıntılı ve kapsamlı şekilde belirlenen alt başlıklara göre verilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında STEM-MDF ve MA-STEM-M’de yapılan değişiklikler de ayrı alt başlık altında verilmiştir.

4.1. STEM Modül Değerlendirme Formu

STEM-MDF; giriş, MTS’nin basamaklarını içeren bir tablo ve MTS’nin uygulanma sürecinin genelini kapsayan bir tablo olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Uzman görüşlerine yönelik bulgular üç ana kısım için sırasıyla ve ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir.

STEM-MDF’nin birinci kısmı olan girişte, STEM-MDF’nin oluşturulmasında kullanılan kavramları ifade eden tanımlamalar yer almaktadır. Tüm uzmanlar alan yazındaki STEM kavramlarının tanımlarındaki çeşitlilik düşünüldüğünde kavram karmaşası yaşanmaması adına böylesi bir tanımlama kısmının olmasını anlamlı ve önemli bir adım olarak vurgulamışlardır. Örneğin U3 “*Değerlendirme formunda yer alan sorular ile karşılaşmadan önce kullanımına yönelik hazırlık olması için tanımlamalar ve açıklamalar vermeniz çok faydalı olmuş. Alan yazında farklı STEM eğitimi tanımlamaları varken sizlerin hangi tanımı kullandığınızı bilmek düşünce yolculuğunuzu anlamamı kolaylaştırdı*” şeklinde görüşünü belirtirken, U2 “*Değerlendirme formunda yer alan sorulardan önce böyle bir tanımlama verilmesi yerinde olmuş*” şeklinde görüşünü ifade etmiştir. Bu görüşlerle beraber bazı uzmanların değişiklik önerileri de olmuştur.

Uzmanların istedikleri değişiklikler ya yeni bir ekleme ya da var olan bilginin daha anlaşılır olmasına yöneliktir. Yeni bir eklemeye örnek olarak U2 “*Açıklamalardan önce değerlendirme formunun ne olduğu, neden ve kime uygulandığı tanıtılmalı. Bu formun kaç bölümden oluştuğu, yaklaşık ne kadar süreceği, amacı gibi durumlar ve kişilerin bu formu nasıl doldurması gerektiği de açıkça belirtilmeli*” şeklinde bir ifade de bulunmuştur. Ayrıca U2 “*STEM eğitimi yaklaşımı sadece beceri değil bilgi, beceri ve tutumları hedef alır*” ifadesi ile STEM eğitimi yaklaşımı tanımına yönelik görüş belirtmiştir.

Var olan bilginin anlaşılır kılınmasına örnek olarak U3’ün, MTS’nin tanımı olan “*Mühendislik tasarım sürecini; gerçek hayat problemlerini çözen fen, matematik, teknoloji ve mühendislik bilimlerinin uygulandığı tekrarlı (iterative) ve sistematik bir karar verme*

süreci olarak tanımlamaktadır (ABET, 2008).” ifadesine “Kim tanımlamaktadır? Özne yok” şeklindeki yorumu verilebilir. Ayrıca yine U3, sınıf düzeyi kavramına yönelik bilgilendirmede “Daha net ifade etmelisin. Anlamadım.” ifadesiyle tanımlamanın daha anlaşılır bir şekilde ifade edilmesi gerekliliğini belirtmiştir.

Giriş kısmının anlaşılabilirliğini artırmaya yönelik görüşlere son bir örnekte bu kısımda yer alan “Tablo 1, modülün oluşturulmasında kullanılan mühendislik tasarım sürecinin basamaklarını değerlendirmek için geliştirilmiştir” cümlesi için U4’ün “Bu cümle yanlış ifade edilmiş. Biz mühendislik tasarım süreci basamaklarını değerlendirmiyoruz. MTS’ye göre geliştirilen modülü değerlendiriyoruz. Aynı anlam değil” ifadesi verilebilir. Bu görüşler doğrultusunda yapılan değişiklikler daha önce belirttiğim üzere aşağıda ayrı bir başlıkta ayrıntılı sunulmuştur. STEM-MDF’nin ikinci kısmı MTS basamaklarını içermekte olan bir tabloda oluşup ilk alt başlığı Hazırlık Basamağı’dır. Hazırlık basamağına yönelik uzmanların beş özelliğe göre görüşleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. STEM-MDF Hazırlık Basamağı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

U1, U2, U3 ve U4 hazırlık basamağındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını ve maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli olduğunu belirtmişler. Aynı zamanda, dil bilgisi olarak herhangi bir hata olmadığını bildirmişler. Sadece “STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.” özelliğinde U4 ‘Kısmen Uygun’ olarak görüş bildirmiştir. Burada U4 hazırlık basamağındaki “Madde 1: Grup çalışmasının ve iletişim sürecinin nasıl olması gerektiğine dair bilgilendirme ve aktiviteler var mı?” maddesinin daha anlaşılabilir şekilde ifade edilmesi gerektiğine vurgu yapmıştır. U4 “Grup çalışmasına ve iletişime yer verilen aktiviteler var mı desek daha iyi

olur mu?” diyerek bu maddenin daha anlaşılır bir şekilde ifade edilebileceğini belirtmiştir. Sonuç olarak, hazırlık basamağında dört uzmandan beş özelliğe yönelik toplamda 20 görüş alınmıştır. Bu görüşlerden 19’u ‘Uygun’ şeklinde iken birisi ‘Kısmen Uygun’ olarak belirtilmiştir. Diğer bir ifade ile tüm uzmanlar dört özelliğin varlığına ‘Uygun’ şeklinde görüş bildirirken bir özellikte sadece bir uzmandan ‘Kısmen Uygun’ görüşleri alınmıştır. Hazırlık basamağından sonra *Tanımlama Basamağı’na* yönelik uzman görüşleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. STEM-MDF Tanımlama Basamağı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabiliridir.	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun	Kısmen Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun	Kısmen Uygun

Tablo 4.2’ ye göre U1, U2, U3 ve U4 tanımlama basamağındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını ve maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli olduğu belirtmişlerdir. Aynı zamanda dilbilgisi olarak herhangi bir hata olmadığını bildirmişlerdir. Sadece “STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabiliridir.” ve “STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.” özellikleri için iki farklı uzman ‘Kısmen Uygun’ olarak görüş bildirmişlerdir.

İlk olarak U3, tanımlama basamağında yer alan “Madde 1.a: İlgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız.” maddesine “*Kim için? Öğrenci için mi öğretmen için mi ilgi çekici ve motive edici olmalı? Yoksa her ikisi için mi? Fark eder mi kim için olduğu?*” şeklinde yorum yaparak maddenin netleştirilmesini önermiştir. U4 ise tanımlama basamağında yer alan “Madde 1.c: Öğrencinin seviyesine uygun (zorlayıcı bir amaç içeren) bir problem mi? Açıklayınız.” maddesine “*Soru açık değil. Zorlayıcı bir amaç derken ne kastediyoruz?*” şeklinde yorum yaparken, “Madde 2.c: Değerlendirmede kullanılan form, rubrik ve açık uçlu sorular öğrenme sürecini nitelikli bir şekilde değerlendiriyor mu?” maddesi için “*Tanımlama*

basamağında öğrenme süreci derken neyi kastediyoruz? Tanımlama sürecini kastediyorsak soru daha açık şekilde yazılmalıdır.” yorumuyla bu soruların daha açık bir şekilde yazılması gerektiğini ifade etmiştir. Anlaşılabilirlik dışında madde sayısına yönelik değişikliklerde önerilmiştir.

U3 ve U4 “Madde 1.f: Öğrencinin seviyesine uygun bir dille yazılmış mı? Açıklayınız.” maddesinin Madde 1.c ve Madde 1.d tarafından da kapsandığı için değerlendirme formundan çıkarılmasını önermişlerdir. Madde 1.c “Öğrencinin seviyesine uygun (zorlayıcı bir amaç içeren) bir problem mi? Açıklayınız.” olarak tanımlanırken Madde 1.d “Öğrenci tarafından anlaşılır bir problem mi? Açıklayınız.” Olarak ifade edilmiştir. Bu konuda U3 görüşünü “1.f sanki ikisini (1c ve 1d) bir arada toplamış. Bir fark yok gibi. Bence 1.c ve 1.d varken 1.f’ye gerek yok.” şeklinde belirtmişken U4 “1.d ile 1.f bence aynı sorular. Biri silinebilir.” diyerek bu kısmın biçimsel olarak düzenlenip 1.f maddesinin kaldırılabilirliğini bildirmişler. Sonuç olarak tanımlama basamağı toplamda üç özelliğe tüm uzmanlardan uygun ve iki özelliğe de iki uzmanın kısmen uygun görüşlerini almıştır. Toplamda dört uzmandan beş özellik üzerinden 20 görüş alınmıştır. Bu görüşlerden 16’sı ‘Uygun’ şeklinde iken dördü ‘Kısmen Uygun’ olarak belirtilmiştir. Bu basamaktan sonra ise *Öğrenme Basamağı’na* yönelik görüşler paylaşılmıştır. *Öğrenme Basamağı’na* yönelik uzmanların beş özelliğe göre görüşleri Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3. STEM-MDF Öğrenme Basamağı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun

Tablo 4.3’ e göre U1, U2, U3 ve U4 öğrenme basamağındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını ve maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda dilbilgisi olarak herhangi bir hata olmadığını

bildirmişlerdir. Lakin, U4 “STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanılmıştır.” özelliğine ‘Kısmen Uygun’ olarak görüş bildirmiştir. U4 bu basamaktaki Madde 15a ve 15 b de Matematik ve Fen Bilgisi için ayrı şekilde verilen “Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri (günlükler [MND], öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyo [öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster) içeriyor mu? Açıklayınız.” maddesine “Bu genel bir sorudur. Bu soruyu matematik ve fen bilgisine yönelik ayrı ayrı sormak mantıklı gelmedi. İkisi içinde aynı cevap verilir.” diyerek maddeyi fen ve matematik disiplinlerine ayırmadan sorulabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte U4 öğrenme “Madde 11: Modül kazanımların sağlanmasını ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıma imkân sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşıma, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektir.) Açıklayınız.” maddesine “Bu madde, fen bilgisi ve matematik dersi için ayrı iki madde şeklinde ayrı satırlarda yazılabilir. Bu şekilde hazırlanan soruların hepsi bu formata dönüştürülebilir” şeklinde yorum yapmıştır.

Sonuç olarak öğrenme basamağı toplamda dört özellikte tüm uzmanlardan uygun ve bir özellikte de sadece bir uzmandan ‘Kısmen Uygun’ görüşlerini almıştır. Toplamda dört uzmandan beş özellik üzerinden 20 görüş alınmıştır. Bu görüşlerden 19’ u ‘Uygun’ şeklinde iken birisi ‘Kısmen Uygun’ olarak belirtilmiştir. Bir sonraki basamak ise *Planlama ve Prototip Oluşturma Basamağı* olup bu basamağa yönelik uzmanların beş özelliğe göre görüşleri Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4. STEM-MDF Planlama ve Prototip Oluşturma Basamağı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun	Kısmen Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.4'e göre U1, U2, U3 ve U4 Planlama ve Prototip Oluşturma basamağındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını ve maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli olduğunu aynı zamanda dilbilgisi ve biçimsel olarak herhangi bir hata olmadığını bildirmişler. Sadece “STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.” özelliğine yönelik iki farklı uzman ‘Kısmen Uygun’ olarak görüş bildirmişler.

İlk olarak U3, bu basamaktaki “Madde 1: Planlama aşamasında kriter ve kısıtlamalar için gerekli hatırlatmalar yapılıyor mu?” maddesi için “*Net değil.*” ifadesi kullanırken aynı madde için U4, “*Cümle açık değil. Kim hatırlatma yapıyor? Ne için hatırlatma yapılsın ki?*” diyerek sorunun daha açık bir şekilde ifade edilmesi gerektiğini önermiştir. Sonuç olarak planlama ve prototip oluşturma basamağı toplamda dört özellikte tüm uzmanlardan ‘Uygun’ ve bir özellikte de sadece iki uzmandan ‘Kısmen Uygun’ görüşlerini almıştır. Dört uzmandan beş özellik üzerinden toplam 20 görüş alınmıştır. Bu görüşlerden 18’i ‘Uygun’ şeklinde iken ikisi ‘Kısmen Uygun’ olarak belirtilmiştir. Bu basamaktan sonra *test etme ve karar verme basamağına* yönelik görüşler ifade edilmiştir. Test etme ve karar verme basamağına yönelik uzmanların beş özelliğe göre görüşleri Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5. STEM-MDF Test etme ve Karar Verme Basamağı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.5’e göre Test etme ve Karar verme basamağındaki maddeler belirtilen beş özelliğin hepsi için tüm uzmanlardan ‘Uygun’ görüşü almıştır. Diğer bir ifade ile dört uzmandan beş özellik üzerinden toplam 20 ‘Uygun’ görüşü alınmış oldu.

STEM-MDF'nin üçüncü kısmı olan tablo, geliştirilen modülün içeriğinde genel olarak aktif bir şekilde uygulanan alt başlıkları içermektedir. Bu alt başlıklardan ilki İletişim ve Grup Çalışması'dır. Uzmanların belirlenen beş özellik açısından *İletişim ve Grup Çalışması* alt başlığına yönelik görüşleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. STEM-MDF İletişim ve Grup Çalışması Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.6'a göre tüm uzmanlar iletişim ve grup çalışması alt başlığındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını, maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli ve anlaşılır olduğunu, aynı zamanda dilbilgisi ve biçimsel olarak herhangi bir hata olmadığını bildirmişler. Sonuç olarak test etme ve karar verme basamağı beş özelliğin hepsi için tüm uzmanlardan 'Uygun' görüşü almıştır. Yani, dört uzmandan beş özellik üzerinden 20 'Uygun' görüşü alınmıştır. Bu alt başlıktan sonra ise Yönerge Stratejileri alt başlığına yönelik görüşler aktarıldı. Uzmanların belirlenen beş özellik açısından *Yönerge Stratejileri* alt başlığına yönelik görüşleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. STEM-MDF Yönerge Stratejileri Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.7 (devam): STEM-MDF Yönerge Stratejileri Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri

STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun

Tablo 4.7’ye göre tüm uzmanlar Yönerge Stratejileri maddelerinin dört özellik için ‘Uygun’ olduğunu belirtirken sadece “STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.” özelliği için bir uzman ‘Kısmen Uygun’ olarak görüş bildirmiştir. U4, “Madde 1: Süreç içerisinde öğrencilerin güvenliği ve oluşabilecek riskleri, uygulamaya yönelik ikazları göz önünde bulundurmasını gerektiren uyarılar içeriyor mu?” ve “Madde 2: Modülde işlenen derslerin planlanmasında gerekli yerlerde güvenlik uyarıları yapılmış mı?” maddelerine “*Bu ikisi birleştirilebilir.*” yorumuyla bu bölümde yer alan madde 1. ve madde 2’nin birleştirilmesini önermiştir. Sonuç olarak Yönerge Stratejileri alt başlığı dört özellikte tüm uzmanlardan ‘Uygun’ ve bir özellikte de sadece bir uzmandan ‘Kısmen Uygun’ görüşü almıştır. Dört uzmandan beş özellik üzerinden toplam 20 görüş alınmış olup bu görüşlerden 19’u ‘Uygun’ şeklinde iken bir tanesi ‘Kısmen Uygun’ olarak belirtilmiştir. Bu alt başlıktan sonra ise Mühendislik alt başlığına yönelik görüşler aktarıldı. Uzmanların belirlenen beş özellik açısından *Mühendislik* alt başlığına yönelik görüşleri Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. STEM-MDF Mühendislik Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.8’ e göre tüm uzmanlar Mühendislik alt başlığındaki maddelerinin belirlenen beş özellik açısından ‘Uygun’ olduğuna yönelik görüş bildirmişlerdir. Toplamda dört uzmandan beş özellik üzerinden 20 ‘Uygun’ görüşü alınmıştır. Bu alt başlıktan sonra ise Teknoloji alt başlığına yönelik görüşler aktarılmıştır. Uzmanların belirlenen beş özellik açısından

Teknoloji alt başlığına yönelik uzmanların beş özelliğe göre görüşleri Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. STEM-MDF Teknoloji Alt Başlığı İçin Uzman Görüşleri

Özellikler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
STEM modül değerlendirme formu maddeleri bilimsel yönden doğrudur.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri, modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir.	Uygun	Uygun	Uygun	Kısmen Uygun
STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Tablo 4.9'a göre tüm uzmanlar Teknoloji alt başlığındaki maddelerin bilimsel olarak uygun seviyede hazırlandığını, maddelerin kapsamının bu basamağı ölçmek için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda dil bilgisi ve biçimsel olarakta 'Uygun' olduğunu belirtmişlerdir. Sadece "STEM modül değerlendirme formu maddeleri kolay anlaşılabilir." özelliğine yönelik bir uzman 'Kısmen Uygun' olarak görüş bildirdi. U4, 'Kısmen Uygun' görüşü için bu alt başlıkta yer alan Madde 1 ve 2'ye değinmiştir. U4, "Madde 1: Matematik öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?" maddesi için "*Soru açık değil. Farklı beceri derken, parantez içinde becerileri yazılabilir.*" şeklinde görüş bildirmiştir. "Madde 2: Fen bilgisi öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?" maddesi için de "*Madde 1'deki yorumu dikkate al*" diyerek bu iki maddenin daha açık bir şekilde ifade edilmesini önermiştir. Sonuç olarak Teknoloji alt başlığına yönelik dört özellikte tüm uzmanlardan uygun ve bir özellikte de sadece bir uzmandan 'Kısmen Uygun' görüşü alınmıştır. Dört uzmandan beş özellik üzerinden toplam 20 görüş alınmış olup bu görüşlerden 19'u 'Uygun' şeklinde iken bir tanesi 'Kısmen Uygun' olarak belirtilmiştir.

Özetle STEM-MDF için her bir basamakta dört uzmandan toplamda 20 görüş alınarak dokuz basamakta toplamda 180 uzman görüşü alınmıştır. Bu görüşlerden 170 tanesi 'Uygun', 10 tanesi 'Kısmen Uygun' iken, 'Hiç Uygun Değil' görüşü alınmamıştır. 'Kısmen Uygun'

görüşleri araştırmacılar tarafından incelenerek kategorize edilmiştir. On tane ‘Kısmen Uygun’ görüşünün altı tanesi “Sorular kolay anlaşılabilir” özelliğine yönelik iken dört tanesi “Biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır” özelliğine aittir.

STEM-MDF’ye yönelik uzman görüşlerinin %94,5 gibi yüksek bir oranda ‘Uygun’ oluşu STEM-MDF’nin MTS tabanlı oluşturulmasının etkili ve ayrıntılı değerlendirme için önemli bir imkân sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu sonuçların güvenilirliğine yönelik bulunan 0.91 Cronbach’s alfa değeri sonuçların yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir. Her ne kadar yüksek oranda ‘Uygun’ görüş verilmiş olsa da STEM-MDF’nin uygunluğunu artırmak adına araştırmacı ve araştırma ekibi, uzman görüşleri doğrultusunda güncellemeler yapmıştır. Bir sonraki başlıkta yapılan güncellemeler sunulmuştur.

4.1.1. STEM Modül Değerlendirme Formunun Güncellenmesi

STEM-MDF’nin geçerlilik ve güvenilirliğine yönelik uzman görüşleri alındığında STEM-MDF’ye yönelik bazı kısımlarda değişiklik önerileri verilmiştir. Bu başlıkta STEM-MDF’yi oluşturan üç kısım için değişiklik öneren uzman görüşlerinin araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından ne şekilde güncellendiği verilmiştir. Yapılan güncellemelerin istenilen değişiklikler olduğunun teyiti için tekrar uzmanlara gönderilip uzmanlardan görüşleri alınmıştır.

İlk olarak STEM-MDF’nin birinci kısmı olan Giriş’e yönelik uzmanların görüşleri doğrultusunda araştırmacı ekibi yeni eklemeler ve anlaşılabilirliği artırma güncellemeleri yapmıştır. Öncelikle giriş kısmında STEM-MDF’i uygulayacak bireyler için STEM-MDF’nin içeriğine ve nasıl uygulanması gerektiğine yönelik bilgilendirme eklenilmiştir. Ayrıca STEM eğitimi yaklaşım tanımı güncellenerek “Gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran, sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç, beceri, bilgi ve tutum odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır.” şeklinde ifade edilmiştir.

Giriş’te yer alan sınıf seviyesi ve MTS kavramları daha anlaşılır hale getirilmiştir. “*Sınıf Seviyesi*: Öğrencilerin buldukları sınıf, bir alt sınıf ve bir üst sınıf kazanımlarını içerir.” kavramı “*Sınıf Seviyesi*: Öğrencilerin öğrenim görmekte olduğu sınıfın kazanımlarını, onun bir alt sınıfının ve bir üst sınıfının kazanımları, sınıf seviyesi olarak nitelendirilmektedir.” şeklinde düzeltilmiştir. İkinci kısım olan Tablo 1’in tanıtımına yönelik “Tablo 1, modülün

oluşturulmasında kullanılan mühendislik tasarım sürecinin basamaklarının değerlendirmek için geliştirilmiştir.” ifadesi “Tablo 1, modülün mühendislik tasarım süreci basamaklarına olan uygunluğunu ölçmek için geliştirilmiştir.” şeklinde düzeltilerek daha anlamlı hale getirilmiştir. Bu güncellemelerden sonra STEM-MDF’nin MTS basamaklarına yönelik değerlendirme maddelerini içeren tablo 1’deki değişiklikler yapılmıştır.

STEM-MDF’nin ikinci kısımdaki MTS basamaklarının ilki Hazırlık basamağıdır. Bu basamakta elde edilen görüşlerden sadece maddelerin anlaşılabilirliğine yönelik özellikle bir uzman Madde 1’in daha anlaşılır olmasına yönelik görüşü belirtmiştir. Bu uzman, Madde 1 “Grup çalışmasının ve iletişim sürecinin nasıl olması gerektiğine dair bilgilendirme ve aktiviteler var mı?” maddesinin “Grup çalışmasına ve iletişime yer verilen aktiviteler var mı? Açıklayınız.” şeklinde değiştirilmesini önermiştir. Bu öneri araştırma ekibi tarafından değerlendirilmiş ve Madde 1 değişiklik öneren uzmanın da onayı ile “Grup çalışmasının ve iletişim sürecinin nasıl olması gerektiğine dair bilgilendirme ve/veya aktiviteler var mı? Açıklayınız” şeklinde güncellenmiştir. Bu basamaktan sonra MTS’nin ikinci basamağı olan Tanımlama basamağına yönelik maddeler güncellenmiştir.

STEM-MDF’deki Tanımlama basamağında maddelerin anlaşılabilirliği ve biçimsel olarak analiz için kullanılabilirliğine yönelik iki uzmandan güncelleme görüşü belirtilmiştir. Madde 1.a “İlgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız.” ifadesi “Öğrenci için ilgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız.” şeklinde değiştirilmiştir. Madde 1.c “Öğrencinin seviyesine uygun (zorlayıcı bir amaç içeren) bir problem mi? Açıklayınız.” maddesi ise “Öğrencinin seviyesine uygun zorlayıcı bir amaç içeren (öğrenciyi çözüm için düşündürmeye ve araştırmaya yönlendiren) bir problem mi? Açıklayınız.” şeklinde düzeltilerek daha anlaşılır hale getirilmiştir. Madde 2.c “Değerlendirmede kullanılan form, rubrik ve açık uçlu sorular öğrenme sürecini nitelikli bir şekilde değerlendiriyor mu?” maddesi ise “Değerlendirmede kullanılan form, rubrik ve açık uçlu sorular problemi tanımlama sürecini nitelikli bir şekilde değerlendiriyor mu?” olarak güncellenmiştir. Anlaşılabilirliğe yönelik bu güncellemelerle beraber Madde 1.c ve Madde 1.d ile aynı içeriğe sahip olmasından dolayı Madde 1.f “Öğrencinin seviyesine uygun bir dille yazılmış mı? Açıklayınız.” maddesi STEM-MDF’den çıkarılmıştır. Bir sonraki basamak Öğrenme basamağıdır.

Öğrenme basamağında matematik ve fen bilgisi disiplinleri için ayrı ayrı ele alınan 15.a ve 15.b maddeleri “Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri (günlükler [MND], öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyo

[öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster) içeriyor mu? Açıklayınız.” olarak tek madde halinde yazılarak güncellenmiştir. Bunun dışında yine bu basamakta yer alan Madde 4.a, 4.b, 5, 9.a, 9.b, 9.c, 10, 11, 12, ve 13. maddeleri fen bilgisi ve matematik dersleri için ayrı ayrı olarak düzenlenmiştir. Bir sonraki adım Planlama ve Prototip Oluşturma basamağıdır.

Planlama ve Prototip Oluşturma basamağında iki uzman da Madde 1’in daha anlaşılır ifade edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Madde 1 “Planlama aşamasında kriter ve kısıtlamalar için gerekli hatırlatmalar yapılıyor mu?” maddesi “Planlama aşamasında problemin çözümü için gerekli olan kriter ve kısıtlamaları öğrencilerin hatırlamasına yönelik bilgilendirme/ soru içeriyor mu?” şeklinde düzeltilmiştir. MTS’nin Teste etme ve Karar Verme basamağı ile STEM-MDF’nin üçüncü kısmının ilk alt başlığı olan İletişim ve Grup Çalışması uzman görüşlerine göre tüm özelliklerde ‘Uygun’ olduğundan düzeltme için bunlardan sonra gelen Yönerge Stratejileri alt başlığına geçilmiştir.

STEM-MDF’nin üçüncü kısmının ikinci alt başlığı olan Yönerge Stratejileri’nde Madde 1 ve 2’nin birleştirilmesine yönelik U4’ün önerisi araştırma ekibi tarafından uygun bulunmuştur. Yapılan tartışmalar sonucunda Madde 1 “Süreç içerisinde öğrencilerin güvenliği ve oluşabilecek riskleri, uygulamaya yönelik ikazları göz önünde bulundurmasını gerektiren uyarılar içeriyor mu?” ve Madde 2 “Modülde işlenen derslerin planlanmasında gerekli yerlerde güvenlik uyarıları yapılmış mı?” birleştirilerek “Derslerin planlanma sürecinde öğrencilerin güvenliği ve oluşabilecek riskleri, uygulamaya yönelik ikazları göz önünde bulundurmasını gerektiren uyarılar içeriyor mu?” şeklinde tek madde haline getirilmiştir. Bir sonraki alt başlık Mühendislik’tir. Lakin bu basamakta herhangi bir değişiklik önerisi olmadığından son alt başlık olan Teknoloji’ye yönelik görüşlerin güncellenmesine geçilmiştir.

Teknoloji alt başlığında sadece bir uzman Madde 1 ve 2’nin anlaşılabilirliğine yönelik düzeltme görüşünü belirtmiştir. Madde 1 “Matematik öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?” maddesi “Matematik öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri (problem çözme, geometrik şekilleri yorumlama, orantısal akıl yürütme ve uzamsal düşünme), süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?” şeklinde düzeltilmiştir. Madde 2 “Fen bilgisi öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?” maddesi “Fen bilgisi öğrenimiyle ilgili farklı

teknikleri, becerileri (mantıksal düşünme, soyut düşünme), süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?” olarak düzeltilmiştir. Yapılan tüm değişiklikler ile STEM-MDF güvenilir ve geçerli bir değerlendirme yapacak şekilde güncellenmiştir.

4.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü

Matematik ağırlıklı STEM modülü uzmanlar tarafından STEM-MDF kullanılarak analiz edildiği için buradaki bulgular STEM-MDF'nin içerdiği alt başlıklar üzerinden verilmiştir. MA-STEM-M'deki MTS basamaklarını içeren ders planları STEM-MDF'deki karşılık geldiği alt başlıklarla değerlendirilmiştir. Örneğin, MA-STEM-M'deki hazırlık ders planı STEM-MDF'deki hazırlık alt başlığındaki maddeler kullanılarak değerlendirilmiştir. Modülün MTS basamakları dışındaki tüm dersleri kapsayan grup çalışması ve iletişim, sınıf yönergeleri, mühendislik ve teknoloji alt başlıkları yine STEM-MDF'deki karşılık gelen alt başlıklarla değerlendirilmiştir.

Geliştirilen MA-STEM-M'nin hazırlık dersinin STEM-MDF'de yer alan hazırlık alt başlığındaki maddelerle olan uyumluluğu hakkında uzman görüşleri aşağıdaki Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Modüldeki Hazırlık Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Grup çalışmasının ve iletişim sürecinin nasıl olması gerektiğine dair bilgilendirme ve/veya aktiviteler var mı? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2. Problemin çözüm süreci için gerekli teorik çerçeve olan Mühendislik Tasarım Süreci (MTS) öğrencilere tanıtılıyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3: Öğrencilerin bilişsel gelişim sürecini ve değerlendirmelerini yapmak için kullanılacak olan Mühendislik Not Defteri'nin (MND) kullanımı öğrencilere tanıtılıyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.10'a göre, U1, U2, U3 ve U4, modülün hazırlık ders planının STEM-MDF'de yer alan üç madde ile uyumlu olduğunu belirtmiştir. Her bir uzman tarafından bu 3 madde için modülden örnekler verilerek cevaplarının neden “Evet” olduğuna yönelik detaylı açıklamalar yapılmıştır. Örneğin; U1, MTS'ye yönelik madde 2'deki “Evet” kararını gerekçelendirmek için “*MTS süreci grafiksel olarak adım adım modülde yer almakta ve öğrencilere her basamağının açıklanması gerektiği belirtilmektedir*” ifadesini yazmıştır. Tablo'da açıkça görüleceği üzere her bir madde için dört uzman görüşü olmak üzere

toplamda üç madde için 12 “Evet” görüşü alınmıştır. MA-STEM-M’nin tanımlama dersinin STEM-MDF’de yer alan tanımlama alt başlığındaki maddelerle olan uyumluluğu hakkında uzman görüşleri de aşağıdaki Tablo 4.11.’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Modüldeki Tanımlama Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Gerçek hayat problemi içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız “Hayır” ise 2. Soruya geçiniz. Cevabınız "Evet ise" aşağıda verilen soruları cevaplayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1a: Öğrenci için ilgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız.	Evet	Kısmen	Evet	Evet
Madde 1b: Problem küresel, ekonomik, çevresel ve / veya toplumsal bağlamlar içeriyor mu? Açıklayınız.	Evet	Kısmen	Evet	Evet
Madde 1c: Öğrencinin seviyesine uygun zorlayıcı bir amaç içeren (öğrenciyi çözüm için düşündürmeye ve araştırmaya yönlendiren) bir problem mi? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1d: Öğrenci tarafından anlaşılır bir problem mi? Açıklayınız.	Evet	Kısmen	Evet	Evet
Madde 1e: Öğrencinin geçmiş yaşam deneyimleri ile anlamlandırabileceği bir problem mi? Açıklayınız.	Evet	Kısmen	Evet	Evet
Madde 1f: Kriter ve kısıtlamalar içeriyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1g: Problem, çözümünde STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içeriyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Kısmen
Madde 1h: Probleme birden fazla çözüm yolu üretilebiliyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1ı: Problem durumu öğrencinin yaratıcı bir şekilde düşünmesini sağlıyor mu? Açıklayınız. (Yaratıcılık: Problemin çözümüne yönelik önceden belirlenmiş bir çözüm olmayan ya da ezberledikleri kural veya yöntemlerle doğru çözüme kolayca ulaşılabilmesi algısının bulunmadığı bir durumdur (Hilbert, 1997).	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2: Öğrencilerin problem durumunu anlayıp anlamadığını belirleyecek bir değerlendirme formu/rubriği içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız “Hayır” ise “Öğrenme basamağın” a geçiniz. Cevabınız "Evet ise" aşağıda verilen soruları cevaplayınız.	Evet	Hayır	Evet	Evet
Madde 2a: Öğrencilerin fikirlerini ve yeteneklerini farklı şekillerde (sözel olarak ifade etme, yazıya dökme, şekil çizme, şekil üzerinden yorumlama, vs) göstermelerine izin veriliyor mu?	Evet	Hayır	Kısmen	Evet
Madde 2b: Yapılandırmacı eğitim anlayışını yansıtan (Öğrenci merkezli, düşündürme odaklı, eski bilgilerle yeni bilgileri bütünleştirebilen, işbirlikçi öğrenmeye imkân sağlayan, açık uçlu sorular içeren) değerlendirme formu/rubrik var mı?	Evet	Hayır	Evet	Evet

Tablo 4.11 (devam): Modüldeki Tanımlama Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Madde 2c: Değerlendirmede kullanılan form, rubrik ve açık uçlu sorular problemi tanımlama sürecini nitelikli bir şekilde değerlendiriyor mu? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
---	------	------	------	------

Tablo 4.11’de verilen tanımlama dersinin değerlendirilmesinde dört uzmandan 14 madde üzerinden toplam 56 görüş alınmıştır. Bu görüşlerin 46’si “Evet”, 6’sı “Kısmen”, ve 4’ü “Hayır” olarak belirtilmiştir. Uzmanlardan büyük oranda “Evet” cevapları alınmakla beraber bir sonraki adımda “Kısmen” ve “Hayır” cevaplarına yönelik ayrıntılar verilmiştir.

U2, 4’er madde için “Kısmen” ve “Hayır” görüşü bildirmiştir. U2, madde 1.a için “Kısmen” görüşünü kullanarak “*Aslında fikir güzel, mektup vs. ilgi çekici ama öğrencilerin gelecekte tasarlayabilecekleri bir şey yerine şu an kendilerinin günlük hayatta yapabilecekleri bir şey olsaydı daha etkili olabilirdi*” ifadesini kullanmıştır. Madde 1.b için “Kısmen” görüşünü kullanarak “*Bu tasarımın ekonomik ve teknolojik konularla bağlantısı olabilir ama çevresel ve toplumsal katkısı geliştirilmelidir*” şeklinde görüş bildirmiştir. Madde 1.d için “Kısmen” görüşünü kullanarak “*Etkinlik mektubu öğrenci seviyesine uygun olarak yazılmış ama nitelikli kavramı çok geniş ve yoruma açık bir kavram olduğu için öğrenciye neyin nitelikli kabul edildiğine dair yeterli kriter sağlanmamış. Öğrenciye örnek açıklama verilip sonrasında öğrencinin bu ifadeyi anlamlandırması (yorumlaması) istenilebilir*” görüşünü belirtmiştir.

U2, madde 1.e için “Kısmen” diyerek “*Bu cevap öğrencilerin nerede yaşadığına göre değişir. Ağrı’nın köyünde yaşayan öğrencilerin yangın merdiveni konusunda geçmiş tecrübesi olacağını çok sanmıyorum. Ancak, çok katlı apartmanların olduğu büyük şehirlerde yaşayan öğrencilerin geçmiş bilgisi olabilir. Yine de yangın merdiveni Türkiye’de her yerde çokça karşılaştığımız bir şey değil*” şeklinde ifade edilmiştir. Ayrıca U2, madde 2 için “Hayır” görüşü bildirerek “*Öğrencilerin problem durumunu anlamasına yardımcı sorular var ama bu bir rubrik değil.*” şeklinde ifade etmiştir. 2.a, 2.b ve 2.c maddeleri, madde 2 ile ilişkili olduğundan U2, 2.a, 2.b ve 2.c maddelerine de “Hayır” görüşü bildirmiştir.

U3, madde 2.a’ya “Kısmen” görüşü bildirerek, “*Öğrencilerin fikirlerini ve yeteneklerini bu basamak özelinde sözel olarak ifade etme imkânı açık uçlu sorular ile tanınmaktadır. Lakin şekil çizme kısmı eksik kalmaktadır.*” şeklinde görüş bildirmiştir. U4, madde 1.g’ye “Kısmen” görüşü bildirerek, “*Matematikten oran-orantı, alan gibi konular ile fenden ısı yalıtımı konuları entegre edilmeye çalışılmış. Mühendislik kısmı tasarım süreci olarak*

nitelikli bir şekilde anlatılmış. Teknoloji kısmını tam olarak anlamadım” olarak görüş bildirmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M’nin öğrenme derslerinin STEM-MDF’de yer alan öğrenme alt başlığındaki maddelerle olan uyumluluğu hakkında uzman görüşleri aşağıdaki Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Modüldeki Öğrenme Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Öğrencilerin, öğrenecekleri konulara ait ön bilgilere sahip olup olmadığını değerlendiriyor mu? Cevabınız "Evet" ise 1.a ve 1.b sorularını cevaplayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise tavsiyelerinizi açıklama kısmına yazınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1a: Ön bilgileri ne tür yöntemlerle değerlendirdiğini açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 1b: Kullanılan yöntemlerle yapılan değerlendirme nitelikli midir? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2: Öğrencinin ön bilgileri yeterli değilse, ön bilgilerin kazanımını sağlayacak aktiviteler içeriyor mu? Cevabınız "Evet" ise 2.a sorusunu yanıtlayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise tavsiyelerinizi açıklama kısmına yazınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2a: Ön bilgi için gerekli aktivite(ler) etkili bir şekilde tasarlanmış mıdır? Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3: Problemin çözümü için gerekli olan STEM disiplinlerinin konularını açıkça belirtiyor mu? Cevabınız "Evet" ise 3.a sorusunu yanıtlayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan konular nelerdir?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3a: Bu konular nelerdir?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4a: Her bir konu için matematik disiplini ile ilgili kazanımları içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan kazanımlar nelerdir?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4b: Her bir konu için fen bilgisi disiplini ile ilgili kazanımları içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan kazanımlar nelerdir?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4c: Belirtilen matematik kazanımları ders planları içerisinde işlenmiş mi?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4d: Belirtilen fen bilgisi kazanımları ders planları içerisinde işlenmiş mi?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5a: Matematik kazanımları sınıf seviyesine uygun hazırlanmış mı?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5b: Fen bilgisi kazanımları sınıf seviyesine uygun hazırlanmış mı?	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.12 (devam): Modüldeki Öğrenme Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Madde 6: Diğer STEM disiplinlerine oranla daha fazla matematik konu sayısı ve ders saatini içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 7: STEM disiplinleri bütünlük yapıda mı? Açıklayınız. (Bütünlük STEM: STEM disiplinlerinin birlikte kullanılarak probleme çözüm üretilmesidir.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 8: Öğrencilerin öğrenme dersleri ile mühendislik problemi arasında ilişki kurmalarına olanak sağlıyor mu? (Öğrenme dersleri: Öğrenme basamağında problemin çözümünü için gerekli olan bilgilerin keşfedildiği derslerdir.)	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9: Verilen modül, öğrencinin süreç içerisinde bilgiyi oluşturmaya olanak sağlıyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise 10. Soruya geçiniz.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9a: Matematik disiplini için öğrenci merkezli matematik ders ve aktiviteler içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9b: Fen bilgisi disiplini için öğrenci merkezli fen bilgisi ders ve aktiviteler içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9c: Matematik disiplini için öğrenciyi düşündürmeye sevk edecek açık uçlu sorular, aktiviteler, tartışma ortamları vs. içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9d: Fen bilgisi disiplini için öğrenciyi düşündürmeye sevk edecek açık uçlu sorular, aktiviteler, tartışma ortamları vs. içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9e: Matematik disiplini için öğrencilerin geçmişte edindiği bilgiler ile yeni öğrendiği bilgilerin bütünleştirmesine olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9f: Fen bilgisi disiplini için öğrencilerin geçmişte edindiği bilgiler ile yeni öğrendiği bilgilerin bütünleştirmesine olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 10a: Matematik disiplini için öğrencilere farklı yollardan çözüme ulaşma imkânı sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 10b: Fen bilgisi disiplini için öğrencilere farklı yollardan çözüme ulaşma imkânı sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 11a: Matematik kazanımlarının sağlanmasını ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıma imkânı sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşıma, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektir.) Açıklayınız.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 11b: Fen bilgisi kazanımlarının sağlanmasını ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıma imkânı sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşıma, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektir.) Açıklayınız.	Hayır	Evet	Kısmen	Kısmen
Madde 12a: Matematik disiplini için modül uygulama sürecinde öğrenmeyi değerlendirmeye olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 12b: Fen bilgisi disiplini için modül uygulama sürecinde öğrenmeyi değerlendirmeye olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 13a: Matematik disiplini için öğrencilerin her bir konuyu öğrenip öğrenmedikleri değerlendiriliyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Planlama ve Deneme basamağı" na geçiniz.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 13b: Fen bilgisi disiplini için öğrencilerin her bir konuyu öğrenip öğrenmedikleri değerlendiriliyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Planlama ve Deneme basamağı" na geçiniz.	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.12 (Devam): Modüldeki Öğrenme Dersine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Madde 14a: Matematik disiplini için bu değerlendirme nitelikli bir değerlendirme midir? Açıklayınız. (Nitelikli değerlendirme tanımı için 1. Sayfaya bakınız.)	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 14b: Fen bilgisi disiplini için bu değerlendirme nitelikli bir değerlendirme midir? Açıklayınız. (Nitelikli değerlendirme tanımı için 1. Sayfaya bakınız.)	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 15: Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri (günlükler [MND], öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyo [öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster) içeriyor mu?	Evet	Hayır	Evet	Evet

Tablo 4.12’de verilen öğrenme dersinin değerlendirilmesinde dört uzmandan 34 madde üzerinden 136 görüş alınmıştır. Bu görüşlerin 132’si “Evet”, 2’si “Kısmen”, 2’si “Hayır” olarak belirtilmiştir. Büyük oranda “Evet” cevapları olmakla beraber bir sonraki adımda “Kısmen” ve “Hayır” cevaplarına yönelik ayrıntılar verilmiştir.

U1, Madde 11.b için “Hayır” görüşü bildirirken gerekçe olarak “6. sınıfa yönelik kazanıma yer verilmektedir. Konuyla ilgili 7. ve 8. sınıflara yönelik kazanımlar mevcut değildir.” şeklinde görüş bildirmiştir. Aynı madde için U3 ve U4 “Kısmen” görüşü bildirmişlerdir. U3, “Bu modüldeki fen bilgisi kazanımı 6 ve 7. sınıf için uygundur. Bu modülde yer almak öğrencinin yaratıcılığına ve üst seviyede düşünmesine katkı sağlasa da üst seviye bir fen bilgisi kazanımına taşıyıp taşımayacağı tam garanti değildir” derken U4 “Kazanımlar 6. sınıf kazanımları olduğu için beklenen seviyenin üzerine çıkaracağını düşünmüyorum. Ancak soyut bir konu olan madde ve ısının kavramsal olarak öğretileceğini düşünüyorum.” ifadesini belirtmiştir.

U2, madde 15 için “Hayır” görüşü bildirerek gerekçesini “Sadece bireysel ve grup cevabı alınması öz ya da akran değerlendirme yapıldığı anlamına gelmez. Öğrencilerin kendilerine ya da akranlarına yapıcı feedback vermeleri gerekmektedir” şeklinde ifade etmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M’nin bir sonraki dersi *planlama ve prototip oluşturma* olup STEM-MDF’de yer alan planlama ve prototip oluşturma alt başlığındaki maddelerle olan uyumluluğu hakkında uzman görüşleri aşağıdaki Tablo 4.13’te verilmiştir.

Tablo 4.13’te açıkça görüneceği üzere her bir maddeden dört uzman görüşü olmak üzere toplamda yedi madde üzerinden 28 “Evet” görüşü alınmıştır. U1, U2, U3 ve U4 modülün planlama ve prototip oluşturma ders planının STEM-MDF’de yer alan yedi madde ile uyumlu olduğunu belirtmiştir. Her bir uzman tarafından bu yedi madde için modülden örnekler verilerek cevaplarının neden evet olduğuna yönelik detaylı açıklamalar yapılmıştır.

Örneğin; U3, Madde 6'daki "Evet" kararını gerekçelendirmek için "Tasarım sürecinde öğrenciler matematikten edindiği bilgileri kullanabiliyorlar. Hatta hangi bilgiyi nerede neden kullandığını Tasarım ve Kanıt sunma Formunda açıklamaları gerekmektedir." ifadesini yazmıştır.

Tablo 4.13. Modüldeki Planlama ve Prototip Oluşturma Derslerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Planlama aşamasında problemin çözümü için gerekli olan kriter ve kısıtlamaları öğrencilerin hatırlamasına yönelik bilgilendirme/ soru içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2: Öğrencilerin bireysel olarak çözüme yönelik hipotez kurmalarına ve bu hipotezleri temel alarak plan yapmalarına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3: Öğrencilerin grup olarak tartışıp çözüme yönelik hipotez kurmalarına ve bu hipotezleri temel alarak ortak bir plan yapmalarına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4: Öğrencilere yaptıkları planı kanıtla dayalı olarak açıklama fırsatı sunuyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5: Plana uygun prototip oluşturmaya imkân veriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 6: Planlama basamağında, öğrenilen matematik bilgi ve becerilerinin problemin çözümünde kullanılmasına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 7: Planlama basamağında, öğrenilen fen bilgisi bilgi ve becerilerinin problemin çözümünde kullanılmasına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet

Planlama ve prototip oluşturma ders planlarından sonra test etme ve karar verme derslerine yönelik bulgular verilmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M'nin test etme ve karar verme dersinin STEM-MDF'de yer alan test etme ve karar verme alt başlığındaki maddelerle olan uyumluluğu hakkında uzman görüşleri Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Modüldeki Test Etme ve Karar Verme Derslerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Test etme aşamasında öğrencilerin veri toplamalarına ve analiz etmelerine olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Hayır
Madde 2: Öğrencilerin prototipi grup olarak test etmelerine ve testten elde edilen sonuçları bireysel olarak değerlendirmelerine fırsatı veriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3: Öğrencilerin prototipi grup olarak test etmelerine ve testten elde edilen sonuçları grup olarak tartışmalarına fırsatı veriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.14 (devam): Modüldeki Test Etme ve Karar Verme Derslerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Madde 4: Test sonuçları istenilen kriterlere uygun çözüm sunmadığında öğrencilere tekrardan tasarım imkânı sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5: Öğrencilerin geliştirdikleri çözümleri kanıta dayalı bir şekilde açıklamalarına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 6: Öğrencilerin STEM çözümlerini, kanıta dayalı iddiaları veya ilgi çekici bağlamla ilişkili olarak geliştirilen ürünleri (ör. Sözlü olarak, yazılı olarak veya çizelge veya grafikler gibi görsel yardımlarda) iletmelerini isteniyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 7: Öğrencilere tasarımlarının son halini sınıf içerisinde paylaşımlarına imkân sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 8: Oluşturulan prototipin kriter ve kısıtlamalara göre uygunluğunu bireysel belirleyecek bir değerlendirme formu /rubriği var mı?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 9: Oluşturulan prototipin kriter ve kısıtlamalara göre uygunluğunu grup olarak belirleyecek bir değerlendirme formu /rubriği var mı?	Evet	Evet	Evet	Evet

Test etme ve karar verme ders planından sonra STEM-MDF'nin üçüncü kısmında yer alan ve MTS'nin her basamağında uygulanan iletişim ve grup çalışması, yönerge stratejileri, mühendislik ve teknoloji alt başlıklarına yönelik maddeler modülün bütün ders planlarını kapsayacak şekilde değerlendirilmiştir. STEM-MDF'de iletişim ve grup çalışması alt başlığında yer alan maddelere göre MA-STEM-M'nin uyumluluğu hakkında uzman görüşleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Modüldeki İletişim ve Grup Çalışmasına Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1. Öğrencilerin her bir ders için bireysel ve grup olarak çalışmasına imkân sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2. Gruptaki her bir öğrencinin öğrenme sürecinde aktif olmasına imkân sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3. Gruplar arasında kanıta dayalı açıklamayı teşvik etmek ve tartışmaları düzenlemek için uygulanacak stratejiler var mı?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 4: İletişimi arttırmaya yönelik (sunum, poster, vs) çalışmalara yer veriliyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5: İşbirliğine dayalı öğrenmenin 5 unsurunu teşvik eden öğretim stratejilerinden uygulanıyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Yönerge Stratejileri" bölümüne geçiniz.	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5.a) Olumlu Bağlılık: Her bir grup üyesinin gruptaki diğer bireylerin de öğrenmesinden sorumlu olduğu bilincine sahip olmasını destekliyor mu?	Evet	Kısmen	Evet	Evet

Tablo 4.15 (devam): Modüldeki İletişim ve Grup Çalışmasına Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Madde 5.b) Bireysel Değerlendirilebilirlik: Gruptaki her öğrencinin bireysel olarak değerlendirilip, sonuçların gruba ve öğrenciye bildirilmesini içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5c: Yüz yüze destekleyici iletişim: Grupta yer alan her bir öğrenciye söz hakkı veriliyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5.d) Sosyal Beceriler: Gruplar, sosyal becerileri (liderlik, karar alma, güven, iletişim, akademik başarı vs.) farklı düzeyde olan bireylerden oluşuyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5e: Grup işlem süreci: Grup üyelerinin problemin çözümüne nasıl ulaşacaklarını ve etkili çalışma ilişkilerini nasıl sürdüreceklerine dair tartışma ortamı sağlanıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.15'e göre iletişim ve grup çalışması değerlendirilmesinde dört uzmandan 10 madde üzerinden 40 görüş alınmıştır. Bu görüşlerin 39'u "Evet", 1'i "Kısmen" olarak belirtilmiştir. U2, Madde 5.a için "Kısmen" görüşü kullanırken "*Grup çalışmasına yönlendiriyor ama bunun içerisinde sorumluluğa yönelik net ifade eksikliği var.*" şeklinde ifade etmiştir. İletişim ve grup çalışmasından sonra STEM-MDF'deki yönerge stratejileri alt başlığında yer alan maddelere göre MA-STEM-M'nin uyumluluğu hakkında uzman görüşleri Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Modüldeki Yönerge Stratejilerine Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Derslerin planlanma sürecinde öğrencilerin güvenliği ve oluşabilecek riskleri, uygulamaya yönelik ikazları göz önünde bulundurmasını gerektiren uyarılar içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2: STEM eğitim yaklaşımının uygulamasına aşina olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejileri sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3. Modül, uygulayacak kişinin anlayıp, takip edeceği şekilde açık ve net olarak tasarlanmış mıdır?	Evet	Kısmen	Evet	Evet

Tablo 4.16'ya göre yönerge stratejileri değerlendirilmesinde dört uzmandan üç madde üzerinden 12 görüş alınmıştır. Bu görüşlerin 11'i "Evet", 1'i "Kısmen" olarak belirtilmiştir. U2, Madde 3 için "Kısmen" görüşü bildirirken "*Biraz uzun ve bazı yerlerde tekrar var. Daha sade olması takibi kolaylaştırabilir. Ayrıca bir öğretmene 217 sayfalık bir uygulama yönerge kitapçığı verdiğinizde caydırıcı olabilir ve öğretmenin gözü korkabilir.*" şeklinde açıklama yapmıştır.

Yönerge stratejilerinden sonra STEM-MDF’de yer alan mühendislik alt başlığına yönelik bulgular verilmiştir. Mühendislik alt başlığında yer alan maddelere göre MA-STEM-M’nin uyumluluğu hakkında uzman görüşleri aşağıdaki Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Modüldeki Mühendisliğe Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmasını gerektiren etkinlikler içeriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 2. Mühendisliğin ne olduğu ve mühendislerin projelerde nasıl çalıştığı konusunda anlayış oluşturmaya imkân tanıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 3. Öğrencileri mühendislik düşünce yapısı (ör. Sistem düşüncesi, yaratıcılık, sebat) kullanmaya teşvik ediyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet

Tablo 4.17’de açıkça görüneceği üzere her bir maddeden dört uzman görüşü olmak üzere toplamda 3 madde üzerinden 12 görüş alınmıştır. Bu görüşlerin 12’si de “Evet” olarak belirtilmiştir. U1, U2, U3 ve U4 modülün ders planlarında mühendisliğin kullanımına yönelik STEM-MDF’de yer alan üç madde ile uyumlu olduğunu belirtmiştir. Her bir uzman tarafından bu 3 madde için modülden örnekler verilerek cevaplarının neden evet olduğuna yönelik detaylı açıklamalar yapılmıştır. Örneğin; U4, Madde 3’teki “Evet” kararını gerekçelendirmek için *“Özellikle öğrenme basamağında tek bir çözüm yerine farklı yollar ile çözüme ulaşabilecekleri aşikârdır. Dolayısıyla her öğrenci grubu farklı malzemeler kullanarak ya da farklı merdiven tiplerini seçerek farklı tasarım yaparak yaratıcılıklarını kullanabilirler. Ayrıca, grup tartışmalarında kanıta dayalı farklı fikirlerin konuşulması sağlanarak ikna etme fırsatları sunulmuştur. Bu şekilde öğrenciler en yaratıcı fikre ulaşabilirler.”* ifadesini yazmıştır.

Mühendislikten sonra STEM-MDF’de yer alan teknoloji alt başlığına yönelik bulgular verildi. Teknoloji alt başlığında yer alan maddelere göre MA-STEM-M’nin uyumluluğu hakkında uzman görüşleri Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18’e göre teknolojinin değerlendirilmesinde dört uzmandan 5 madde üzerinden 20 görüş alındı. Bu görüşlerin 17’si “Evet”, 1’i “Kısmen” ve 2’si hayır olarak belirtilmiştir. U4, Madde 1 ve 2 için “hayır” görüşünde bulunmuştur. Her ne kadar değerlendirme formu daha önce bu uzmanlar tarafından incelenmiş olsa da U4, Madde 1 ve 2’nin modülü değerlendirme noktasında anlaşılabilirliğinde problem olduğu için hayır dediğini belirtmiştir. U4, Madde 3 için “Kısmen” görüşünü ise *“Dijital olan bir araç kullanımını modülde*

hatırlamıyorum. Ancak süreçte deneysel etkinliklerde birçok araç gereç kullanıyorlar. Dijital olmayan kısmına bunlar örnek verilebilir.” olarak ifade etmiştir.

Tablo 4.18. Modüldeki Teknolojiye Yönelik Uzmanların Uygunluk Görüşleri

Maddeler	Uzmanlar			
	U1	U2	U3	U4
Madde 1: Matematik öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri (problem çözme, geometrik şekilleri yorumlama, orantısal akıl yürütme ve uzamsal düşünme), süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?	Evet	Evet	Evet	Hayır
Madde 2: Fen bilgisi öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri (mantıksal düşünme, soyut düşünme), süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?	Evet	Evet	Evet	Hayır
Madde 3: Öğrencilerin öğrenmelerini desteklemek için dijital ve/veya dijital olmayan araçları kullanmasına fırsat veriyor mu? (Teknoloji tanımı için sayfa 2'ye bakınız.)	Evet	Evet	Evet	Kısmen
Madde 4: Öğrencilerin veri analizi, problem çözme ve / veya karar verme süreçlerinde teknolojiyi kullanmalarına fırsat veriyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet
Madde 5: Öğrencilerin problemi talep eden kişi ile, grup içi ve sınıf içi öğretmen ve arkadaşlarıyla kuracağı iletişim ve / veya iş birliği için teknolojiyi kullanmasına olanak sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet

Geliştirilen MA-STEM-M, STEM-MDF’de yer alan 9 alt başlıkta toplam 88 madde üzerinden uzman görüşüne tabi tutulmuştur. Toplamda 352 görüş elde edilmiş olup bu görüşlerin 332’i “Evet”, 9’u “Hayır” ve 11’i “Kısmen” olarak belirtilmiştir. Belirtilen görüşlerin %94,32’si “Evet” olmakla beraber diğer görüşlerde değinilen hususlar araştırmacıların tartışmaları sonucunda güncellenmiştir. Ayrıca, MA-STEM-M için alınan uzman görüşlerinin kendi içerisinde uyumluluk seviyelerini belirlemek için ‘Değerlendiriciler Arası Güvenilirlik’ (Inter-Rater Reliability) incelenmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M için uzmanlar arası görüş uygunluğu %94 olarak belirlenmiştir. Turner ve Carslon (2003) 0,75 ve üzerindeki ortalamaların uzmanlar arası görüş birliğini gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Bu değerlendirmelerden yola çıkarak modül için alınan uzman görüşleri arasında yüksek oranda uyumluluk olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçların Cronbach’s alpha değerinin 0.80 olması sonuçların yüksek düzeyde güvenilir olduğunu ortaya koymuştur.

4.2.1. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünün Güncellenmesi

MA-STEM-M’nin geçerlilik ve güvenilirliğine yönelik uzman görüşleri alındığında module yönelik bazı kısımlarda değişiklik önerileri verilmiştir. MA-STEM-M’nin STEM-MDF’ ye

göre tam olarak uygun olması için modülde güncellemeler yapılmıştır. Bu başlıkta MA-STEM-M için değişiklik öneren uzman görüşlerinin araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından ne şekilde değerlendirildiği verilmiştir. Değerlendirme sonrası eğer yapılan güncellemeler varsa bu değişikliklerin istenilen değişiklikler olduğunun teyidi için tekrar uzmanlara gönderilip uzmanlardan görüşler alınmıştır.

MA-STEM-M'nin ilk dersi olan hazırlık ders planı içeriğinin STEM-MDF'ye göre uygunluğu konusunda uzmanlar tarafından görüş birliği sağlandığından değerlendirmeye MA-STEM-M'nin ikinci ders planı olan tanımlama ders planı ile devam edilmiştir. Tanımlama ders planına yönelik iki madde olup birinci madde dokuz ikinci madde üç alt madde içermektedir. Öncelikle Madde 1'in alt maddelerindeki değerlendirme ve değişiklikler verilmiş daha sonra Madde 2'deki görüşler değerlendirilmiştir. Uzmanlardan biri Madde 1.a. "İlgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız." maddesine yönelik "*Aslında fikir güzel, mektup vs. ilgi çekici ama öğrencilerin gelecekte tasarlayabilecekleri bir şey yerine şu an kendilerinin günlük hayatta yapabilecekleri bir şey olsaydı daha etkili olabilirdi.*" görüşünü bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından diğer uzmanların görüşleri ile değerlendirildiğinde herhangi bir değişikliğe gerek olmadığına karar verilmiştir.

Madde 1.b "Problem küresel, ekonomik, çevresel ve / veya toplumsal bağlamlar içeriyor mu? Açıklayınız." maddesine yönelik "*Bu tasarımın ekonomik ve teknolojik konularla bağlantısı olabilir ama çevresel ve toplumsal katkısı geliştirilmelidir*" görüşü belirtilmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından tartışılarak modüle "Oteller, hastaneler, okullar veya apartmanlar gibi insanların bulunduğu binalara yangın merdiveni yapılmasının çevreye ve topluma bir katkısı var mıdır? Varsa bunlar neler olabilir?" açık uçlu soruları eklenmiştir.

Uzmanlardan biri Madde 1.d "Öğrenci tarafından anlaşılır bir problem mi? Açıklayınız." maddesine yönelik "*Etkinlik mektubu öğrenci seviyesine uygun olarak yazılmış ama nitelikli kavramı çok geniş ve yoruma açık bir kavram olduğu için öğrenciye neyin nitelikli kabul edildiğine dair yeterli kriter sağlanmamış. Öğrenciye örnek açıklama verilip sonrasında öğrencinin bu ifadeyi anlamlandırması (yorumlaması) istenilebilir.*" görüşünü bildirmiştir. Araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından bu görüş tartışıldığında uzmanın nitelikli olmaya yönelik anlamlandırma çalışması vurgusunun modülde süreç içerisinde sağlandığı

görülmüştür. Ayrıca diğer üç uzmanında bu maddeye “Evet” görüşü bildirmiştir. Bu değerlendirme sonrası bu maddede bir değişiklik yapılmaması kararlaştırılmıştır.

Uzmanlardan biri Madde 1.e “Öğrencinin geçmiş yaşam deneyimleri ile anlamlandırabileceği bir problem mi? Açıklayınız.” maddesine yönelik “*Bu cevap öğrencilerin nerede yaşadığına göre değişir. Ağrı'nın köyünde yaşayan öğrencilerin yangın merdiveni konusunda geçmiş tecrübesi olacağını çok sanmıyorum. Ancak, çok katlı apartmanların olduğu büyük şehirlerde yaşayan öğrencilerin geçmiş bilgisi olabilir. Yine de yangın merdiveni Türkiye’de her yerde çokça karşılaştığımız bir şey değil*” görüşü araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından incelenmiş, bu görüşe yönelik diğer uzmanlardan gelen görüşlerde göz önünde bulundurularak ilgili görüş tartışılmış ve herhangi bir değişikliğe gerek duyulmamıştır.

Madde 1’de son olarak uzmanlardan biri, Madde 1.g “Problem, çözümünde STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içeriyor mu? Açıklayınız.” maddesine yönelik “*Matematikten oran-orantı, alan gibi konular ile fen bilgisinden ısı yalıtımı konuları entegre edilmeye çalışılmış. Mühendislik kısmı tasarım süreci olarak nitelikli bir şekilde anlatılmış. Teknoloji kısmını tam olarak anlamadım.*” görüşünü bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından tartışılarak teknoloji disiplinin tanımının yeniden düzenlenmesi ve ders planlarından önce modülde STEM eğitimi yaklaşımında teknolojinin tanımı ve kullanımına yönelik bilgilendirme yapılması kararlaştırılmıştır.

Madde 2 ve alt maddelerine yönelik iki uzmanın “Kısmen” ve “Hayır” görüşleri olduğu görülmüştür. Öncelikle Madde 2 “Öğrencilerin problem durumunu anlayıp anlamadığını belirleyecek bir değerlendirme formu/rubriği içeriyor mu? Açıklayınız.” maddesine yönelik bir uzman “*Öğrencilerin problem durumunu anlamasına yardımcı sorular var ama bu bir rubrik değil.*” yorumunda bulunmuştur. Bundan dolayı Madde 2’nin üç alt maddesine de “Hayır” görüşü bildirmiştir. Bu soruda kastedilen değerlendirme aracının olup olmadığı noktası bu uzman tarafından her ikisinin de olması gerektiği şeklinde anlaşıldığı değerlendirilmiştir. Bununla beraber bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından gerek modül içeriği gerekse diğer uzmanların görüşleri doğrultusunda da analiz edildiğinde herhangi bir değişiklik yapılmamasına karar verilmiştir. Lakin Madde 2.a’da diğer bir uzman görüşüne binaen değişiklik yapılmıştır.

Madde 2.a “Öğrencilerin fikirlerini ve yeteneklerini farklı şekillerde (sözel olarak ifade etme, yazıya dökme, şekil çizme, şekil üzerinden yorumlama, vs) göstermelerine izin

veriliyor mu?” maddesine yönelik “*Öğrencilerin fikirlerini ve yeteneklerini bu basamak özelinde sözel olarak ifade etme imkânı açık uçlu sorular ile tanınmaktadır. Lakin şekil çizme kısmı eksik kalmaktadır.*” şeklinde bir uzman görüş bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından tartışılarak modüle öğrencilere görsel grafik veya şekil çizerek açıklamalar yapabileceklerine dair notlar eklenmesi kararlaştırılmıştır. Tanımlama ders planından sonra Öğrenme ders planları gelmektedir.

MA-STEM-M’de öğrenme ders planlarına yönelik alt maddelerde dahil olmak üzere toplam 34 madde vardır. Bu maddelerden sadece iki maddeye yönelik “Kısmen” ve “Hayır” görüşleri bildirilmiştir. İlk olarak Madde 11.b “Fen bilgisi kazanımlarının sağlanmasına ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıma imkân sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşıma, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektir.) Açıklayınız.” maddesine yönelik iki uzmandan “Kısmen” bir uzmandan “Hayır” görüşü alınmıştır. Uzmanlardan biri “*6. sınıfa yönelik kazanıma yer verilmektedir. Konuyla ilgili 7. ve 8. sınıflara yönelik kazanımlar mevcut değildir.*” şeklinde görüş bildirirken başka bir uzman “*Bu modüldeki fen bilgisi kazanımı 6 ve 7. sınıf için uygundur. Bu modülde yer almak öğrencinin yaratıcılığına ve üst seviyede düşünmesine katkı sağlasa da üst seviye bir fen bilgisi kazanımına taşıyıp taşımayacağı tam garanti değildir.*” şeklinde görüş bildirmiştir. Son olarak başka bir uzman da “*Kazanımlar 6. sınıf kazanımları olduğu için beklenen seviyenin üzerine çıkaracağını düşünmüyorum. Ancak soyut bir konu olan madde ve ısının kavramsal olarak öğretilmesini düşünüyorum.*” görüşünü bildirmiştir. Uzmanlardan gelen bu görüşler araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından tartışılarak fen bilgisi kazanımlarının uzman görüşleri dahilinde sınıf seviyesine uygun olduğu fakat bir üst seviyeye taşımayacağı görüşünün modülün matematik ağırlıklı doğasından dolayı kaynaklandığına karar verilmiştir. Araştırmacı ve araştırma ekibi bu durumun matematik ağırlıklı modüller için göz ardı edilebileceğine karar vermişlerdir.

Madde 15 “Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri (günlükler [MND], öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyo [öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster) içeriyor mu?” maddesine yönelik uzmanlardan biri “*Sadece bireysel ve grup cevabı alınması öz ya da akran değerlendirme yapıldığı anlamına gelmez. Öğrencilerin kendilerine ya da akranlarına yapıcı feedback vermeleri gerekmektedir*” görüşünü bildirmiştir. Modülde öğrencilerin grup çalışması yapacağı ile ilgili gerekli bilgiler yer almaktadır. Lakin, bu görüş doğrultusunda araştırmacı ve araştırma ekibi modülde öğrencilerin grup çalışmasında birbirlerine geri dönütler

vermeleri noktasında daha net bilgilendirici ve hatırlatıcı ifadeler eklenmesi kararlaştırılmıştır.

MA-STEM-M'nin planlama ve prototip oluşturma ders planı içeriğinin STEM-MDF'ye göre uygunluğu konusunda uzmanlar tarafından görüş birliği sağlandığından MA-STEM-M'nin test etme ve karar verme ders planının değerlendirilmesine geçilmiştir. Test etme ve karar verme ders planını değerlendirmek için dokuz madde olup sadece bir uzman, Madde 1 için “Hayır” görüşü bildirmiştir. Madde 1 “Test etme aşamasında öğrencilerin veri toplamalarına ve analiz etmelerine olanak sağlıyor mu?” maddesine yönelik uzmanlardan biri “*Modül içerisinde verilen sayfalarda böyle bir açıklama göremedim. Nasıl bir veri toplayacaklar ve analiz edecekler açık değil.*” görüşünü bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından bu madde için diğer üç uzmanın modülden verdikleri örnekler göz önüne alınarak tartışılmış ve bu sorunu çözmek için modülde verinin toplanmasına ve analiz edilmesine yönelik daha net ifadeler kullanımının yeterli olacağına karar verilmiştir. Test etme ve karar verme ders planına “Öğrenciler hazırladıkları prototipin 3 dakika süre ile yanmayarak güvenli tahliyeyi sağladığını ve kullandıkları malzeme miktarlarının ve aldıkları ölçülerin kriter ve kısıtlamalara olan uygunluğunu test etmelidirler” ifadesi not olarak eklenmiştir.

MA-STEM-M'nin iletişim ve grup çalışması için uzmanlardan biri Madde 5.a “Olumlu Bağımlılık: Her bir grup üyesinin gruptaki diğer bireylerin de öğrenmesinden sorumlu olduğu bilincine sahip olmasını destekliyor mu?” maddesine yönelik “*Grup çalışmasına yönlendiriyor ama bunun içerisinde sorumluluğa yönelik net ifade eksikliği var.*” görüşü araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından tartışılarak modülde olumlu bağımlılığın yanı sıra her bir grup üyesinin gruptaki diğer bireylerin de öğrenmesinden sorumlu olduğu bilincine sahip olmasını destekleyen daha anlaşılır ve net ifadeler kullanılmasına karar verilmiştir. Öğrenme basamağındaki uzman yorumlarında belirtilen akran değerlendirmesine yönelik eklenen not ile bu ifade de düzeltilmiştir.

MA-STEM-M'nin yönerge stratejileri için uzmanlardan biri Madde 3 “Modül, uygulayacak kişinin anlayıp, takip edeceği şekilde açık ve net olarak tasarlanmış mıdır?” maddesine yönelik “*Biraz uzun ve bazı yerlerde tekrar var. Daha sade olması takibi kolaylaştırabilir. Ayrıca bir öğretmene 217 sayfalık bir uygulama yönerge kitapçığı verdiğinizde caydırıcı olabilir ve öğretmenin gözü korkabilir.*” görüşünü bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından bu maddeye yönelik diğer uzmanlardan gelen görüşlerde göz

önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Modülün içeriğine yönelik gerekli sadeleştirme ve anlaşılabilirlik çalışmaları zaten yapılıyor olduğundan bu görüş doğrultusunda spesifik bir değişikliğe gerek olmadığına karar verilmiştir.

MA-STEM-M'nin mühendislik kullanımının STEM-MDF'ye göre uygunluğu konusunda uzmanlar tarafından görüş birliği sağlanmış olduğundan MA-STEM-M'nin teknoloji kullanımı için uzman görüşlerine geçilmiştir. Teknoloji alt başlığına yönelik beş madde olup bir uzmandan iki madde için “Hayır” ve bir madde için de “Kısmen” görüşü alınmıştır. Uzman, Madde 1 ve 2 için “Hayır” görüşünün nedeni olarak her ne kadar bu maddeler daha önce kendi görüşlerine sunulmuş olsa da anlaşılabilirliklerinde sorun olduğunu belirtmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırmacı ekibi tarafından diğer uzman görüşleri de göz önüne alınarak değerlendirildiğinde herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek olmadığı kararlaştırılmıştır. Madde 3 “Öğrencilerin öğrenmelerini desteklemek için dijital ve/veya dijital olmayan araçları kullanmasına fırsat veriyor mu?” maddesine yönelik aynı uzman *“Dijital olan bir araç kullanımı modül hatırlamıyorum. Ancak süreçte deneysel etkinliklerde birçok araç gereç kullanıyorlar. Dijital olmayan kısma bunlar örnek verilebilir.”* görüşünü bildirmiştir. Bu görüş araştırmacı ve araştırma ekibi tarafından diğer uzman görüşleri de göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Madde 3 de yer alan “dijital ve/veya dijital olmayan araçlar” ifadesi ile sadece bir türden aracın olmasının da yeterli ve uygun olacağı açıkça görülmüştür. Bundan dolayı araştırmacı ve araştırma ekibi bu görüş doğrultusunda herhangi bir değişikliğe gerek olmadığı kararını vermiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda MA-STEM-M güncellenerek anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliği daha da artırılmıştır. MA-STEM-M'nin STEM-MDF kullanılarak bu kadar ayrıntılı uzman görüşlerine tabi tutulması ve bu görüşler doğrultusunda güncellenmesi ile güvenilirlik ve geçerlilik adına önemli bir adım atıldığı düşünülmektedir. Elde edilen bulgulara yönelik tartışma bir sonraki bölümde ayrıntılı şekilde verilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada geliştirilen STEM-MDF'nin geçerli ve güvenilir bir değerlendirme aracı olup olmadığı ve geliştirilen MA-STEM-M'nin STEM-MDF'ye göre geçerli ve güvenilir bir öğretim aracı olup olmadığı incelenmiştir. Bu bölüm iki kısımda ele alınmıştır. Birinci kısımda geliştirilen STEM-MDF'nin geçerli ve güvenilir bir değerlendirme aracı olmasına yönelik uzman görüşlerinden elde edilen bulgular alan yazın ışığında tartışılmıştır. İkinci kısımda ise geliştirilen MA-STEM-M'nin STEM-MDF'ye göre geçerli ve güvenilir bir öğretim aracı olmasına yönelik bulgular alan yazında verilen bilgiler ışığında tartışılmıştır. Daha sonra, çalışmadan elde edilen bulguların eğitim ve öğretime dair etkilerine ve gelecekteki çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

5.1. STEM Modülü Değerlendirme Formu

Bu çalışmadaki ilk araştırma sorusu: Geliştirilen STEM modülü değerlendirme formu geçerli ve güvenilir bir değerlendirme aracı mıdır? Bu araştırma sorusuna ayrıntılı cevap verebilmek için STEM-MDF'ye yönelik uzman görüşleri STEM-MDF'yi oluşturan üç kısım takip edilerek sunulmuştur. Bu kısımlar; Giriş, MTS basamaklarına yönelik maddeleri içeren tablo ve MTS'nin genelinde ele alınan durumlara yönelik maddeleri içeren tablodur.

Alan yazında STEM eğitimi yaklaşımı tanımında fikir birlikteliğinin olmamasından (Bybee, 2010; Sanders, 2009) dolayı ortaya çıkabilecek kavramsal ve uygulamaya yönelik karmaşıkları gidermek için STEM-MDF'nin Giriş kısmında değerlendirme formunda kullanılan kavramlar açıkça tanımlanmıştır. Uzmanlar değerlendirme formu ile karşılaşılardan önce ilgili tanımlara ve açıklamalara yer verilmesinin STEM-MDF'nin oluşumundaki temel düşünce yapısını ortaya koyarak değerlendirme formunun anlaşılmasını ve kullanılmasını kolaylaştırdığına vurgu yapmışlardır. Bu bulgu, geliştirilen STEM-MDF'ye yönelik uzmanların değerlendirmelerini doğru yapabilmeleri için değerlendirme formunu geliştirenlerle aynı tanımlamalara sahip olmalarının önemli olduğu (Karakoç ve Dönmez, 2014) tespiti ile örtüşmekte olup Giriş kısmının uygunluğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, uzman görüşü doğrultusunda Giriş kısmına STEM-MDF'nin içeriğine ve uygulanmasına yönelik bilgilendirmeler de eklenmiş olup Giriş kısmının uygunluğu artırılmıştır.

STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmındaki maddeler nitelikli bir değerlendirme formunda bulunması gereken beş özelliğe göre değerlendirilmiştir. Bu özellikler, “STEM modül değerlendirme formunun maddeleri bilimsel yönden doğrudur”, “STEM modül değerlendirme formunun maddeleri modüldeki bu basamağı ölçmek için yeterli kapsamdadır”, “STEM modül değerlendirme formunun maddeleri kolay anlaşılabilir”, “STEM modül değerlendirme formunda dil bilgisi doğru şekilde kullanılmıştır”, ve “STEM modül değerlendirme formu biçimsel olarak analiz için kullanışlıdır” şeklindedir. Aşağıda her bir özellik için STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmında yer alan maddelere yönelik tartışmalar verilmiştir.

STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmındaki maddeler için dört uzman da maddelerin bilimsel yönden doğru olduğunu belirtmiştir. Değerlendirme formunu oluşturan maddelerin bilimsel yönden doğruluğunun nitelikli bir değerlendirme formu için önemli bir faktör olduğu (Atılğan vd., 2017) göz önüne alındığında STEM-MDF'de yer alan maddelerin doğru bir değerlendirme için kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu bulgu, değerlendirilmek istenen konuya yönelik hazırlanan maddelerin o konuya yönelik kuramsal tanımlamalar göz önüne alınarak oluşturulması (Çam ve Arabacı, 2010) fikri ile desteklenmekte olup STEM-MDF'nin maddelerinin uygunluğu adına önemli bir alt göstergedir.

STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmındaki maddeler için dört uzman da modülde karşılık gelen basamağı değerlendirmek için yeterli kapsama sahip olduğunu belirtmiştir. Geliştirilen değerlendirme formundaki maddeler ile değerlendirilmesi amaçlanan modül arasında kapsam bakımından uyumsuzluk olmaması (yani kapsamın az veya olması gerekenden çok olmaması) değerlendirilecek olan modülün potansiyelini gerçekçi yansıtmada konusunda problem olmaması adına ciddi bir faktördür (DeVellis, 2017; Messick, 1995). Yani, uzman görüşlerine göre geliştirilen STEM-MDF'nin, MTS'ye göre geliştirilen modülün her ders planının içeriğini kapsayacak maddelerden oluşması STEM-MDF'nin kapsam geçerliliği adına yine önemli bir alt gösterge olmuştur.

Üçüncü özellik STEM-MDF'nin maddelerinin kolay anlaşılabilirliği ile alakalıdır. STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmında yer alan tablolardaki maddelerin çoğu için uzmanlar anlaşılabilir olduklarını belirtirken uzmanlardan bazılarının değerlendirme formundaki birkaç maddenin daha anlaşılır bir dille yazılması görüşü sonucunda ilgili maddeler daha anlaşılır şekilde ifade edilmiştir. Böylece, uygulama sırasında ölçmenin doğru bir şekilde yapılabilmesi için maddelerin sade, açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilmesi (DeVellis,

2017; Ekici vd., 2012; Karakoç ve Dönmez, 2014) gerekliliği sağlanmıştır. Bir sonraki özellik maddelerin anlaşılabilirliğini da etkileyen dil bilgisi açısından değerlendirme formunun incelenmesidir.

STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmında yer alan tablolardaki maddeler için dört uzman da dil bilgisinin doğru şekilde kullanıldığını belirtmiştir. STEM modül değerlendirme formunu oluşturan maddelerin biçimsel ve dil bilgisi açısından doğru şekilde aktarılması (Özdamar, 2016) yani Türkçe yazım ve dil bilgisi kuralları gözetilerek noktalama ve yazım yanlışları olmadan ifade edilmeleri önemlidir (Şeker ve Gençdoğan, 2014). DeVellis (2017) maddelerin dil bilgisi açısından doğru şekilde ifade edilmesini geçerlilik adına "iyi madde" karakteri olarak belirtmiştir. Böylece, uzman görüşleri çerçevesinde bu bölümdeki maddelerin dil bilgisi kuralları gözetilerek yazıldığının belirtilmesi maddelerin uygunluğu adına diğer bir alt gösterge olmuştur.

Son olarak, STEM-MDF'nin ikinci ve üçüncü kısmındaki maddelerin çoğu için uzmanlar biçimsel olarak analiz için kullanışlı olduklarını belirtirken bazı uzmanların STEM-MDF'deki birkaç maddenin biçimsel olarak daha kullanışlı hale getirilmesi görüşü sonrasında bu maddeler biçimsel olarak daha kullanışlı bir şekilde sunulmuştur. Oluşturulan maddelerin biçimsel açıdan da doğru şekilde ifade edilmesinin değerlendirme yapmak için önemli oluşu (Özdamar, 2016) göz önüne alındığında elde edilen bulgu STEM-MDF'deki maddelerin biçimsel olarak uygunluğu adına diğer bir alt gösterge olmuştur.

Elde edilen uzman görüşleri ışığında STEM-MDF'yi oluşturan maddelerin ne derece homojen olduğuna yönelik iç tutarlılığı Cronbach's alfa katsayısı (Cronbach, 1951) ile hesaplanmıştır. Elde edilen 0.91 katsayısı ile maddelerin iç tutarlılığı yüksek derecede güvenilirdir.

Özetle, Yüksek oranda Cronbach's alfa katsayısı STEM-MDF'nin güvenilirliğini ortaya koyarken uzman görüşlerine göre bilimselliği, yeterli kapsama sahip olması, anlaşılabilirliği, doğru dil bilgisi kullanımı ve biçimsel olarak analize uygun oluşu da güvenilirlikle beraber STEM-MDF'nin geçerli bir değerlendirme formu olduğunu açıkça göstermiştir. Yani elde edilen bulgular ilgili alan yazın ışığında incelendiğinde STEM-MDF'nin geçerli ve güvenilir bir değerlendirme formu olduğu görülmüştür.

5.2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülü

Bu çalışmanın ikinci araştırma sorusu: Geliştirilen matematik ağırlıklı STEM modülü, değerlendirme formuna göre geçerli ve güvenilir bir öğretim aracı mıdır? Bu araştırma sorusuna cevap verebilmek için gerekli olan bulgular modülden STEM-MDF aracılığı ile toplandığından, elde edilen bulgular STEM-MDF'nin alt başlıklarının sırasıyla aşağıda tartışılmıştır.

MA-STEM-M'nin ilk basamağında yer alan Hazırlık dersi STEM-MDF'nin ilk alt başlığı olan Hazırlık alt başlığındaki maddeler ile değerlendirilmiştir. Bu alt başlıkta yer alan maddelerle Hazırlık dersinin içeriğinde grup oluşturma ve iletişim ile MTS ve MND'nin tanıtım ve kullanımına yönelik yapılandırmacı kurama göre ayrıntılı bir ders planının olup olmadığı sorgulanmıştır. Çalışmaya katılan dört uzman MA-STEM-M'nin Hazırlık dersinde bahsi geçen üç konuyu da ayrıntılı şekilde içerdiği konusunda hem fikirdirler. Bu nedenle, modülün kapsam geçerliliği sağlanmıştır.

STEM eğitiminde grup çalışması ortamının oluşturulması önemlidir çünkü STEM eğitimi yaklaşımının doğasında yer alan grup çalışması (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2014; Thibaut vd., 2018) öğrenciler arasında etkili bir iletişime fırsat tanımakta ve öğrencilerin birbirinden öğrenerek hatalarını düzeltmelerine imkân sağlamaktadır (Chou ve Lin, 2015). Bununla beraber, modülde öğrenciye MTS teorik çerçevesinin ayrıntılı bir şekilde tanıtılması da çok önemlidir. Çünkü MTS öğrencinin problemi tanımlamasından çözüme kadarki yolculuğun nasıl bir planlama içerisinde geçeceğini göstererek öğrencinin sürece zihinsel olarak hazırlanmasına katkı sağlar (Atman vd., 2007). Ayrıca, STEM disiplinlerini bütünlük yapıda bir yöntem ile ele alarak modülün ana iskeletini oluşturuyor olması da MTS'nin kritik rolünü ortaya koymaktadır (Guzey vd., 2016). Bu öneme binaen STEM eğitimi yaklaşımında çoğunlukla MTS teorik çerçevesi kullanılmaktadır (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2014).

Uzmanların görüşleri incelendiğinde alternatif değerlendirme araçlarından olan MND'nin hazırlık aşamasında öğrencilere açıkça tanıtıldığı ve kullanıldığı görülmektedir. Öğrencilerin bilişsel gelişim süreçlerinin takip edilmesine ve bu gelişimlerin değerlendirilmesine olanak sağlayan MND'nin kullanımı, Akarsu ve arkadaşlarının (2020) STEM eğitimi yaklaşımı tanımında vurguladıkları sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç odaklı olan bir yaklaşım ifadesinin süreç odaklı oluşunun değerlendirmesini yapmak adına önemlidir. Bununla beraber, alan yazında değerlendirmeye yönelik alternatif

değerlendirme araçlarının kullanılması gerekliliğini (Özdemir, 2010) karşılamak adına da katkı sunmaktadır. Verilen bu bilgiler ışığında geliştirilen MA-STEM-M'nin Hazırlık dersinin, STEM-MDF'ye göre MTS, MND, grup oluşturma ve iletişim içeriğinin yer aldığı nitelikli bir ders planına sahip olduğu görülmüştür.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Tanımlama dersine yönelik maddeleri içeren Tanımlama alt başlığıdır. İki alt kısmı olan bu başlık gerçek hayat problemlerine ve bu problemin öğrenci tarafından anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesine yönelik maddeler içermektedir. Aşağıda ilk önce problemin gerçek hayat problemi oluşuna yönelik kısım tartışılmış, daha sonra problem durumunun değerlendirilmesine yönelik tartışma verilmiştir.

Uzmanların hepsinin MA-STEM-M'nin içerdiği problem durumunun bir gerçek hayat problemi olduğu konusunda hem fikir oldukları görülmüştür. Tüm uzmanlar gerçek hayat problem durumunun ilgi çekici, motive edici, öğrencilerin seviyesine uygun, geçmiş yaşam deneyimleri ile bağlantılı ve yaratıcı düşünmeyi teşvik edici olduğunu belirtmişlerdir. Bu özellikleri sağlaması nitelikli bir modül olma adına önemlidir çünkü nitelikli bir modül öğrencinin seviyesine uygun, anlamlı, motive edici ve ilgi çekici bir içeriğe sahip olmalıdır (Carlson ve Sullivan, 2004; Moore, Glancy, vd., 2014). Bununla beraber, tüm uzmanlar MA-STEM-M'deki problem durumunun kriter ve kısıtlamalar içerdiği, sosyal ve çevresel bir durum olduğu ve çözümüne dair farklı tasarımlara olanak tanıdığını belirtmişlerdir. Kriter ve kısıtlamalara sahip olunması problemin çözümünde kullanılacak matematik ve fen bilimleri konularının anlamlı sınırlandırılmasına ve böylece uygulanabilirliğe katkı sunduğundan önemlidir (Moore, Glancy, vd., 2014). Farklı tasarımlar oluşturabilecekleri bir problem durumu olması ise öğrencinin yaratıcılığı için gerekli bir faktördür (Guzey, vd., 2016). Sosyal ve çevresel bir problem durumu olması öğrencinin motivasyonunu ve dersle olan ilişkisini artırmaya yardımcı olur (Moore, 2008). Ayrıca, öğrencilerin STEM bağlamlarına olan ilgilerini artırarak onların öğrenmelerine anlamlı katkı sağladığı ortaya konulmuştur (örneğin, Bottge vd., 2010; Moore ve Smith, 2014; Moore, Stohlmann, vd., 2014; Mulligan ve English, 2014). Bütünleşik yapıdaki bu öğrenme deneyimi ABD'nin NAE (2009) raporuna göre karmaşık küresel problemlerin çözümüne nitelikli bir katkı verebilir.

Tanımlama alt başlığındaki ikinci kısım olan değerlendirmeye yönelik maddelere baktığımızda tüm uzmanlar Tanımlama ders planında öğrencinin gerçek hayat problemini

anlayıp anlamadıklarının değerlendirilmesine yönelik form olduğunu belirtmişlerdir. Uzmanlar bu formun öğrencilerin her türlü yöntemle geri dönüt vermesine uygunluğunu belirtirken bir uzman formun şekil çizimine yönelik yeterli bilgi içermediğini belirtmiştir. Rutin olmayan problemlerin çözümünde kullanılan yaygın stratejilerden biri olan şekil çizme öğrencilerin problem çözmelerini kolaylaştırır (Yazgan ve Bintaş, 2005). Bu nedenle, modüle öğrencilerin problemleri çözerken şekil çizme yöntemlerini kullanmalarına yönelik notlar eklenmiştir.

Değerlendirmeye yönelik uzmanlar hazırlanan formlar ile sürecin nitelikli bir şekilde değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir. Son güncellemeler ile tanımlama dersinde yer alan alternatif ölçme ve değerlendirme araçlarının (Özdemir, 2010) kullanımı netleşmiştir. Formlar, grup çalışmaları ve günlük (MND) kullanımı ile bu dersin değerlendirme kısmı da alan yazında öğrenme yolculuğu için olması gereken (Semerci, 2001; Özden, 2005) niteliktedir. Özetle, uzmanların görüşlerine göre MA-STEM-M, STEM-MDF'deki Tanımlama alt başlığında yer alan modüldeki ders planının gerçek hayat problemleri içermesi ve öğrencilerin gerçek hayat problemini anlayıp anlamadığının değerlendirilmesine ait maddelere göre STEM-MDF ile uyumluluk göstermiştir.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Öğrenme Derslerine yönelik maddeleri içeren Öğrenme alt başlığıdır. Bu alt başlık öğrenme basamağında ön bilgiler, STEM disiplinleri ve kazanımları, yapılandırmacı yaklaşım ve değerlendirmeye yönelik maddeleri içeren dört alt kısımdan oluşmuştur.

İlk olarak tüm uzmanlar öğrenilecek konulara ait ön bilgilerin var olduğu ve bu bilgilerin değerlendirmelerinin nitelikli bir şekilde uygun yöntemlerle yapıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, uzmanlar ön bilgilerin kazanımını sağlayacak aktivitelere modülde yer verildiği ve bu aktivite (ler)in etkili bir şekilde tasarlandığına yönelik olumlu görüş bildirmişlerdir. Öğrencilerin işlenecek ders konusuna yönelik önceki öğrenmelerinin değerlendirilmesi çok önemlidir çünkü anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için öğrencilerin önceden edindiği bilgilerle gerçek dünyadaki yeni deneyimler ve beceriler arasında bir bağlantı kurmaları gerekir (Brooks ve Brooks, 1999; Senemoğlu, 2009; Koloğlu vd., 2016). Alan yazındaki bu önemli vurgu ile ön bilgilere yönelik kısmın oluşturulması nitelikli olma adına önemli bir adımdır. Ön bilgiler kısmından sonra öğrenilmesi planlanan esas konuların ders planları incelenmiştir.

STEM eğitiminde hazırlanan ders planları ana hedefleri olarak matematik ve / veya fen bilgisi içeriğine sahip olmalıdırlar (Fortus vd., 2004; Harris ve Felix, 2010; Mehalik vd., 2008). Bununla birlikte, öğrenme ders planlarında problemin çözümüne katkı sağlayacak bilgiler verilmeli ve gereksiz bilgilerin öğretiminden kaçınılmalıdır (Christiaans ve Dorst, 1992; Atman vd., 2007). Tüm uzman görüşleri alan yazındaki bu önemli noktaların modülde yer aldığını göstermektedir. Geliştirilen modülün öğrenme ders planlarına yönelik uzman görüşleri incelendiğinde uzmanların hepsi ders planlarının, STEM disiplinlerinden matematik ve fen bilgisi disiplinlerinin problemin çözümü için gerekli olan kazanımları içerdiği ve bu konulara yönelik aktiviteler yapıldığını bildirdiler. Ayrıca, öğrenme ders planlarında matematik ve fen bilgisi disiplinlerine yönelik kazanımların sınıf seviyesine uygun olduğu yine tüm uzman görüşleri ile belirtilmiştir. Öğrenme sürecinde öğrencilere problemin çözümü için uygun standartlarda matematik ve fen bilgisi kazanımlarının belirlenmesi ve bu kazanımların öğrencinin merkezde olduğu yapılandırmacı bir yaklaşım ile keşfettirilmesi öğretim süreci boyunca istenilen kazanımların sağlanması için önemli bir husustur (Akarsu vd., 2021).

Yapılandırmacı yaklaşım öğrencilerin kendilerinde var olan bilgi ile öğrenme ortamlarına girdiğini ve bu bilgilerle yeni bilgileri harmanladığını ve bilgi transferinden çok daha fazlasını yaptıklarını ileri sürmektedir (Anthony, 1996; Breiner vd., 2012; Draper, 2002; Kelley ve Knowles, 2016; Maab ve Artigue, 2013; Wang vd., 2011). Ayrıca, yapılandırmacı yaklaşım gereği matematik ve / veya fen içeriğinin öğretilmesine yönelik pedagojilerin öğrenci merkezli pedagojiler olması gerektiği araştırmacılar (Smith vd., 2005; Furner ve Kumar, 2007; Stinson vd., 2009) tarafından belirtilmiştir. Uzmanların hepsi modüldeki öğrenme ders planlarının yapılandırmacı yaklaşım ile süreç içerisinde bilginin oluşturulmasına imkân sağladığını, ders planlarının öğrenci merkezli hazırlandığını ve öğrenciyi düşünmeye sevk ettiğini belirtmişlerdir. Özellikle, uzman görüşlerine göre matematik ve fen bilgisi disiplinleri için öğrencilere farklı yollardan çözüme ulaşma imkânı verildiği, matematik disiplini kazanımlarını sağladığı hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıdığı belirtilmiştir. Fen bilgisine ait konu için ise uzmanlar kazanımların sağlandığını fakat bir üste seviyeye taşımada yeterli olmadığını belirttiler. Modülün matematik ağırlıklı olması nedeni ile araştırmacı ve araştırma ekibi bu sonucu normal karşılayıp bir güncelleme yapmamıştır.

Uzmanların hepsi öğrenme ders planlarının değerlendirme bölümüne yönelik matematik ve fen bilgisi disiplinleri için öğrenme süreci ve sonrasında değerlendirmeye yönelik içerik

verildiğini belirtmesi yapılandırmacı yaklaşıma göre ürün ve süreç odaklı bir değerlendirme (Özdemir, 2010) yapılması gerekliliği ile örtüşmektedir. Ayrıca, uzmanların matematik ve fen bilgisi disiplinleri için öğrencilerin konuyu öğrenip öğrenmediklerine yönelik farklı değerlendirme form/rubriklerin oluşturulduğu ve bu değerlendirmenin nitelikli bir değerlendirme olduğunu belirtmeleri yapılandırmacı yaklaşımda değerlendirme sırasında alternatif araç gereçlerin kullanılarak öğrencilerin gelişiminin izlenebileceği görüşü (Semerci, 2001; Özden, 2005) ile desteklenmektedir.

Yapılan alan yazın taraması ve alınan uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilen modülün öğrenme basamağının STEM-MDF ile büyük oranda uyumlu olduğu görülmüştür. Öğrenme ders planlarında konu ile ilgili ön bilgilerin verilmesi (Brooks ve Brooks, 1999; Senemoğlu, 2009; Koloğlu vd., 2016), STEM disiplinlerine yönelik sınıf seviyesine uygun kazanımların bulunması (Fortus vd., 2004; Harris ve Felix, 2010; Mehalık vd., 2008), ders planının uygulama öncesi, uygulama sırası ve uygulama sonrası bölümlerinde yapılandırmacı yaklaşım ilkelerine göre oluşturulması (Christiaans ve Dorst, 1992; Atman vd., 2007), öğrencinin bilgiyi aktif bir şekilde yapılandırdığı öğrenci merkezli bir yaklaşımın baz alınması, sürece ve ürüne yönelik değerlendirme fırsatları sunulması (Akarsu vd., 2021; Anthony, 1996; Breiner vd., 2012; Draper, 2002; Furner ve Kumar, 2007; Kelley ve Knowles, 2016; Maab ve Artigue, 2013; Özden, 2005; Semerci, 2001; Smith vd., 2005; Stinson vd., 2009; Wang vd., 2011) modülün Öğrenme ders planları STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlandığını belirtilen alan yazın desteği ile açıkça göstermektedir.

STEM-MDF'nun bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Planlama ve Prototip Derslerine yönelik maddeleri içeren Planlama ve Prototip alt başlığıdır. Uzmanlar bu derste öğrencilerin kriter ve kısıtlamaları hatırlamalarına, prototip oluşturmalarına, öğrenilen matematik ve fen bilgisi bilgi ve becerilerini kullanmalarına, öğrencilere bireysel ve grup olarak plan yapmalarına ve planları kanıta dayalı açıklamalarına olanak sağlandığını belirtmişlerdir. Tüm bu özelliklerin nitelikli Planlama ve Prototip Oluşturma derslerinin zorunlu içerikleri olduğu (Moore, Glancy vd., 2014) düşünüldüğünde elde edilen bulgular geliştirilen MA-STEM-M'deki Planlama ve Prototip derslerinin nitelikli oluşu ile ilgili önemli veridir. Ayrıca, modülde kanıta dayalı deliller sunulması (Mathis vd., 2018; Moore, Stohlmann vd., 2014) öğrencilerin problem durumu üzerinde derinleşerek anlamlı bağlar oluşturmasına ve öğrenme basamağında öğrenilen matematik ve fen kazanımlarının hangi aşamalarda niçin kullanılması gerektiğini sebepleriyle birlikte anlamalarına yardımcı olabilir (Siverling vd., 2019). Öğrencilere bu derslerde de grup çalışması yapma imkânı sunulması ile akran

değerlendirmesi yaparak hatalarını düzelterek öğrenmelerini güçlendirebilirler (Chou ve Lin, 2015). Yapılan bu tartışma sonucunda geliştirilen modülün planlama ve prototip geliştirme ders planlarının STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlandığı görülmektedir.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Test Etme ve Karar Verme dersine yönelik maddeleri içeren Test Etme ve Karar Verme alt başlığıdır. Test Etme ve Karar Verme dersi veri toplama ve analiz etme ile değerlendirme alt kısımlarına yönelik maddeler ile incelenmiş ve tüm uzmanlardan tamamen uygun görüşü almıştır. Öncelikle, uzmanlar Test Etme ve Karar Verme ders planında, öğrencilerin prototipi grup olarak test etmelerine ve testten elde edilen sonuçları bireysel ve grup olarak değerlendirip kanıta dayalı açıklamalarını sözel ya da yazılı olarak iletmelerine imkanlar sunulduğunu belirtmişlerdir. Öğrencilerin süreç içinde bireysel ve grup olarak belirledikleri hipotezleri, bu hipotezleri destekleyen verilerle tartışmaları, karar verme süreçlerinde delillere dayalı kararlar vermeleri, öğrenme sürecinde ve uygulamalarda önemli bir unsurdur (Smyrniou vd., 2015). Elde edilen sonuçların problem durumunda değinilen kriter ve kısıtlamalara uygunluğuna yönelik değerlendirme imkanları olması problemin çözümünde matematik ve fen bilimleri konularının ne derece anlamlı uygulandığını göstermesi sebebi ile önemlidir (Moore, Glancy, vd., 2014). Bununla beraber uzmanlar ihtiyaç duyulması halinde öğrencilere tekrardan tasarım imkânı sağlandığını belirtmişlerdir. Veri toplama ve analiz ile değerlendirmeye yönelik bu görüşler çok önemlidir çünkü alan yazında mühendislik tasarım sürecinin öğrencilerin başarısızlıktan öğrenmelerine imkânı sağlayıp tekrardan tasarlama fırsatı sunduğu (Moore, Guzey, vd., 2014) ve bu şekilde öğrencilerin bilişsel seviyelerinin daha üst seviyedeki kazanımlara hazırlanabildiği araştırmacılar (Brophy vd., 2008; Moore, Glancy, vd., 2014) tarafından belirtilmiştir.

Genel olarak yapılan alan yazın taramasında (Brophy vd., 2008; Moore, Glancy, vd., 2014; Smyrniou vd., 2015) ve uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilen modülün Test Etme ve Karar Verme ders planının STEM-MDF ile büyük oranda uyumlu olduğu görülmüştür. Test Etme ve Karar Verme ders planlarında öğrencilere prototipi test ederek veri toplanması ve bu verilerin analiz edilmesine imkânın verilmesi, gerekli görüldüğü takdirde yeniden tasarıma olanak sağlanması, elde edilen verileri kanıta dayalı bir şekilde açıklayarak sunum oluşturması ve bu sunumu sınıf ile paylaşılmasına imkân sağlanmaktadır. Bu bilgiler ışığında, modülün Test Etme ve Karar Verme ders planları STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlanmıştır.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki genel olarak İletişim ve Grup Çalışmasına yönelik maddeleri içeren İletişim ve Grup Çalışmasıdır. STEM-MDF'nin İletişim ve Grup Çalışması alt başlığında grup çalışması ve iş birliğine dayalı öğrenmeye yönelik maddeler verilmiştir. Tüm uzmanlar MA-STEM-M'nin öğrencilerin süreçte aktif bir şekilde bireysel ve grup olarak çalışıp kanıta dayalı açıklama yapmasını teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Yapılandırmacı yaklaşım ile öğrencilerin çevreleriyle bu tür etkileşimleri yeni öğrenmeler gerçekleştirmelerine imkân tanımaktadır (Gagnon ve Collay, 2005). Öğrencinin aktif olduğu bu süreçte kullanılacak öğrenme yaklaşımlarından biri de işbirlikli öğrenme yaklaşımı (Gümüş ve Buluç, 2007) olup uzmanlar MA-STEM-M'de işbirlikli öğrenmenin olduğunu belirtmişlerdir. İşbirlikli öğrenme yaklaşımı farklı cinsiyet, yetenek ve sosyal becerilere sahip öğrencilerin öğrenmeyi gerçekleştirmek için ortak bir görev üzerinde küçük gruplar halinde çalışarak birbirlerinin öğrenmelerine olanak sağladıkları bir süreçtir (Açıkgöz,1992). STEM eğitimi yaklaşımı grup çalışması ile oluşan iletişim sonucu akran öğrenimini desteklemesi ve öğrencilerin birbirlerinden edindikleri bilgilerle yanlışlarını düzelterek yeni öğrenme fırsatları yakalaması (Chou ve Lin, 2015) nedeniyle grup çalışması ve iletişim doğası gereği STEM eğitimi yaklaşımının temel unsurlarındandır (Atman vd., 2007; Moore, Glancy, vd., 2014; Thibaut vd., 2018).

Yapılan alan yazın taramasında (Açıkgöz,1992; Atman vd., 2007; Chou ve Lin, 2015; Gagnon ve Collay, 2005; Gümüş ve Buluç, 2007; Moore, Glancy, vd., 2014; Thibaut vd., 2018) ve uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilen modülün ders planlarının iletişim ve grup çalışmasını desteklediği görülmüştür. Öğrencilerin bireysel ve grup olarak çalışabileceği, işbirlikli öğrenme süreciyle akran öğreniminin gerçekleşebileceği bu şekilde öğrencilerin hatalarını düzeltme fırsatı yakalayabileceği görülmüştür. Bu bilgiler, modülün ders planlarının iletişim ve grup çalışması yönüyle STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlandığını göstermektedir.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Yönerge Stratejilerine yönelik maddeleri içeren Yönerge Stratejileri alt başlığıdır. Dört uzman da geliştirilen modülün ders planlarının güvenliğini, uygulama sırasında oluşabilecek riskleri ve uygulamaya yönelik ikazları içerdiğini belirtmiştir. Bu bulgu Kaptan (1999)'in ders planları hazırlanırken dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi de derslerin içeriğinin kontrollü ve güvenlik içinde yürütülebilmesi fikri ile uyumludur. Ayrıca, uzmanlar MA-STEM-M'nin STEM eğitimi yaklaşımının uygulamasına aşına olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejilerine yönelik içeriklerinin anlaşılır, açık ve net bir şekilde tasarlandığı yönünde görüş

bildirmişlerdir. Bu bulgu Ekici ve arkadaşları (2012)'nin kullanılan dilin anlaşılır açık ve net bir şekilde ifade edilmesi yönündeki vurgusu ile de uyumludur. Sonuç olarak, alan yazında (Kaptan, 1999; Ekici vd., 2012) ve uzman görüşlerinde belirtildiği üzere geliştirilen modül ders planları yönerge stratejileri bakımından yeterli içeriğe sahiptir. Bu bilgiler, modülün ders planlarının Yönerge Stratejileri yönüyle STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlandığını göstermektedir.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Mühendislik disiplinine yönelik maddeleri içeren mühendislik bölümüdür. Uzmanların modülde hazırlanan ders planlarının mühendislik tasarım süreçlerinin kullanıldığı etkinlikleri içerdiğini belirtmesi NRC (2012)'nin mühendislik tasarımının öğretimin her kademesinde öğrenciler tarafından öğrenilmesi gereken uygulamalardan biri ve disiplinlerin temel fikri olması görüşünü desteklemiştir. MA-STEM-M'de mühendislik ve mühendislik mesleğine yönelik anlayışlar oluşturulup mühendislik düşünce yapısının kullanılmıştır. Bu bulgu önemlidir çünkü mühendislik tasarımı, disiplinlerin bütünleşik yapısını motive edici hale getiren (Brophy vd., 2008; Douglas vd., 2004; Thornburg, 2009), STEM disiplinlerinin anlamlı bir şekilde bütünleştirmesi için zengin, ilgi çekici ve motive edici kapsamlı bağlamlar sunan (Moore, Glancy, vd., 2013) ve bu bağlamlar sayesinde öğrencilerin günlük hayatlarında karşılaştıkları birçok sorunun çözümünde STEM disiplinlerinin nasıl bir rol oynadığını keşfetmesini sağlayan önemli bir süreçtir. Ayrıca mühendislik tasarımı, öğrencilerin matematik ve fen bilgisi içeriklerini öğrenmelerine katkı sunar (Cantrell vd., 2006; NAE ve NRC, 2009) ve öğrencilerin iletişim becerilerinin ve ekip çalışmasının geliştirilmesini teşvik eder (Hirsch vd., 2007; Koszalka vd., 2007). Mühendislik tasarımının bu faydaları göz önüne alındığında, bir STEM modülü içerisinde mühendislik tasarım sürecini, mühendis düşünce yapısını ve mühendislik mesleğine yönelik içerikleri bulundurması elzemdir.

Alan yazın ve uzman görüşlerine baktığımızda geliştirilen modülün ders planlarının mühendislik ve mühendislik mesleğine yönelik anlayışlar oluşturulmasına ve mühendislik düşünce yapısının kullanılmasına yönelik içeriklere sahip olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında modülün ders planlarının mühendislik yönüyle STEM-MDF'ye göre nitelikli bir şekilde hazırlandığı görülmektedir.

STEM-MDF'nin bir sonraki alt başlığı MA-STEM-M'deki Teknoloji disiplinine yönelik maddeleri içeren Teknoloji alt başlığıdır. STEM-MDF'nin teknoloji alt başlığındaki maddeler için üç uzman modüldeki ders planlarının matematik ve fen bilgisi konularının

öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunulmasına yönelik içerikler belirttiğine, dijital ve/veya dijital olmayan araçların kullanımına yönelik içeriklerin bulunduğu, veri analizi, problem çözme ve/veya karar verme süreçlerinde teknolojiyi kullanmalarına yönelik içerikler verildiğine ve öğrencilerin grup arkadaşları, öğretmeni veya problemi talep eden kişi ile kuracağı iletişim ve/veya iş birliği için teknolojiyi kullanılmasına imkân sağlandığına yönelik içerikler verildiğini bildirmişlerdir. Uzmanlardan bir tanesi dijital olmayan araç kullanımına yer verilirken, dijital araç kullanımına yönelik bir içeriğe açıkça yer verilmediğini belirtti. Bu uzman ile daha önce Tanımlama basamağının değerlendirilmesinde modülde Teknoloji disiplinin entegrasyonunu görmediğini belirten uzman görüşü araştırmacılar tarafından tartışıldığında teknolojinin tanımını daha ayrıntılı, açık ve net olarak oluşturmak gerektiğine karar verildi. Yapılan alan yazın taramalarının analizi sonucunda STEM’de teknolojinin tanımını bu çalışmada aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

STEM eğitiminde teknoloji, gerçek hayat probleminin çözüme yönelik mühendislik bağlam ve prensipleri doğrultusunda ilgili fen ve matematik konularının edinimi ve tasarım sürecinde gerekli araç ve gereç kullanımına olanak tanınmasıdır. Bu durum gerek düşünsel gerekse el becerilerinin kullanımı ve gelişimini zorunlu kılmaktadır. Oluşturulan günlük hayat problemine göre gerekli beceriler ve araç gereçlerin belirlenmesi, STEM’de teknoloji disiplininin kullanım kalitesini artırma noktasında çok önemlidir.

Yukarıdaki teknoloji tanımını ışığında, uzman görüşleri değerlendirildiğinde geliştirilen STEM modülünde teknoloji entegrasyonun üst seviyede gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu modülde, yoğunlukla dijital olmayan teknoloji kullanılmakla beraber her ne kadar öğrenmenin ana unsuru olmasa da elde edilen delillerin sınıfla paylaşılması noktasında *power point* kullanım seçeneğinin sunulması dijital teknolojinin de süreçte var olduğunu göstermektedir. Yapılan güncellemeler ile teknoloji disiplinin entegrasyonu daha açık ve net hale gelmiştir.

Elde edilen bu uzman görüşlerinin güvenilirliği ‘Değerlendiriciler Arası Güvenirlilik’ (Inter-Rater Reliability) ve Cronbach’s alfa katsayısı (Cronbach, 1951) hesaplanarak belirlenmiştir. Geliştirilen MA-STEM-M için uzmanlar arası görüş uygunluğu %94 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar 0,75 ve üzerindeki ortalamaların uzmanlar arası görüş birliğini gösterebileceğini ifade etmiştir (Büyüköztürk vd., 2017; Karasar, 2007; Taşkın ve Akat,

2010; Turner ve Carlson, 2003). Bu değerlendirmelerden yola çıkarak modül için alınan uzman görüşleri arasında yüksek oranda uyumluluk olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, elde edilen bu sonuçların Cronbach's alpha değerinin 0,80 olması sonuçların yüksek düzeyde güvenilir olduğunu (Cronbach, 1951) ortaya koymuştur.

Özetle, yüksek düzeylerde hesaplanan 'Değerlendiriciler Arası Güvenirlik' ve Cronbach's alfa katsayısı MA-STEM-M'nin güvenirliğini ortaya koyarken, uzmanların hem fikir olduğu görüşlerine göre bilimselliği, yeterli kapsama sahip olması, anlaşılrlığı, doğru ve etkili entegrasyonu, çeşitli değerlendirme araçların kullanımı, tüm kazanımların etkin edinimini ve alternatif öğrenme ortamını sağlaması ile MA-STEM-M'nin geçerliliği de değerlendirilmiştur.

Sonuç olarak, tüm bu tartışma kısmı özetlenecek olursa elde edilen bulgular geliştirilen STEM-MDF ve MA-STEM-M'nin uzman görüşleri doğrultusunda yüksek derece güvenilir ve geçerli olduğunu gstermiştur. Yani nitelikli bir STEM modülü değerlendirme formu ve yine nitelikli bir matematik ağırlıklı STEM modülü tasarlanmıştır.

5.3. neriler

STEM eğitimi son yıllarda ön plana çıkan bir eğitim yaklaşım olmasına rağmen alan yazında bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımına yönelik materyal ihtiyaı bulunmaktadır. Bu alışma ile STEM eğitimine yönelik alan yazındaki materyal eksikliğinin giderilmesine geliştirilen STEM-MDF ve MA-STEM-M ile katkıda bulunulmuştur. STEM-MDF ile yeni modüllerin hazırlanmasına ve değerlendirilmesine olanak sağlanmaktadır.

Alan yazında var olan materyal ihtiyaının giderilmesi için geliştirilen STEM-MDF'den yararlanılarak farklı STEM disiplinleri konusunda, farklı sınıf seviyelerine yönelik, matematiğin ağırlıklı olduğu yeni STEM modülleri geliştirilebilir ve bu modüller STEM-MDF'ye göre değerlendirilebilir. Geliştirilen STEM modülleri akademisyenler tarafından STEM alanında çalışacak öğretmenlerin ve ğretmen adaylarının eğitiminde kullanılabilir. Bununla birlikte, bu çalışmada geliştirilen modül sadece STEM uygulaması olarak değil, oran-orantı, alan ölümü ve madde ve ısı konularını öğretmek isteyen eğitimcilere de farklı bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, ileriki çalışmalarda araştırmacılar geliştirilen MA-STEM-M'yi kullanarak 7. sınıf ğrencilerinin oran-orantı, alan ölümü ve madde ve ısı konularının öğrenim sürecine olan katkısını araştırabilirler.

KAYNAKLAR

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2013). *Criteria for accrediting engineering programs*. Baltimore, MD: ABET. Retrieved from http://www.abet.org/uploadedFiles/Accreditation/Accreditation_Process/Accreditation_Documents/Current/eac-criteria-2012-2013.pdf
- Açıkgöz, Ü. K. (1992). *İşbirlikli Öğrenme: Kuram, Araştırma, Uygulama*. Malatya: Uğurel Matbaası.
- Akarsu, M., Akçay, N. O., & Elmas, R. (2020). STEM eğitimi yaklaşımının özellikleri ve değerlendirilmesi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 155-175.
- Akarsu, M., Akçay, N. O., & Öçal, M. F. (2021). Okul öncesi öğretmeni adaylarının geliştirdikleri STEM modülünü değerlendirmelerine yönelik bir inceleme. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (42), 51-79.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Corlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* İstanbul, Türkiye: Aydın Üniversitesi. <http://www.aydin.edu.tr/belgeler/IAU-STEM-Egitimi-Turkiye-Raporu-2015.pdf>
- Anthony, G. (1996). Active learning in a constructivist framework. *Educational Studies in Mathematics*, 31(4), 349-369. doi:10.1007/bf00369153
- Aranda, M. L., Lie, R., & Guzey, S. S. (2020). Productive thinking in middle school science students' design conversations in a design-based engineering challenge. *International Journal of Technology Design Education*, 30(1), 67-81.
- Arıcan, M. (2015). *Exploring preservice middle and high school mathematics teachers' understanding of directly and inversely proportional relationships* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Georgia.
- Arıcan, M. (2018). Preservice middle and high school mathematics teachers' strategies when solving proportion problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 315-335.
- Arıcan, M. (2019a). Preservice mathematics teachers' understanding of and abilities to differentiate proportional relationships from nonproportional relationships. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(7), 1423-1443.
- Arıcan, M. (2019b). A diagnostic assessment to middle school students' proportional reasoning. *Turkish Journal of Education*, 8(4), 237-257.
- Atılgan, H., Kan, A., & Aydın, B. (2017). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- 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.

- Aydın, E., & Karşlı, F. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkındaki görüşleri: Karışımların ayrıştırılması örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 35-52.
- Aydın-Günbatar, S. (2018). Elmanın kararmasının engellenmesi: Bir FeTeMM etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 8(2), 99-110.
<http://www.ated.info.tr/index.php/ated/issue/view/16>
- Aydın-Günbatar, S. (2019). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımı ve FeTeMM'e uygun etkinlik hazırlama rehberi. In H. Artun & S. Aydın-Günbatar (Eds.) *Çağdaş yaklaşımlarla destekli fen öğretimi* (ss. 2-23). Ankara: Pegem Akademi Yayın Evi.
- Aydoğan, S., Güneş, B., & Gülçiçek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 111-124.
- Ayvacı, H. Ş., & Durmuş, A. (2016). Bir başarı testi geliştirme çalışması: Isı ve sıcaklık başarı testi geçerlik ve güvenirlik araştırması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(1), 87-103.
- Başer, M., & Çataloğlu, E. (2005). Kavram değişimi yöntemine dayalı öğretimin öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki "yanlış kavramlar"ının giderilmesindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(29), 43-52.
- Battista, M. (1982). Understanding area and area formulas. *The Mathematics Teacher*, 75(5), 362-368.
- Battista, M. T. (2003). Understanding students' thinking about area and volume measurement. In D. H. Clements (Ed.), *Learning and teaching measurement* (pp. 122-142). Reston, VA: NCTM.
- Battista, M. T. (2004). Applying cognition-based assessment to elementary school students' development of understanding of area and volume measurement. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 185-204.
- Baturo, A., & Nason, R. (1996). Student teachers' subject matter knowledge within the domain of area measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 31(3), 235-268.
- Beane, J. (1995). Curriculum integration and the disciplines of knowledge. *Phi Delta Kappan*, 76, 616-622.
- Beane, J. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Bellack, A.A., & Kliebard, H.M. (1971). Curriculum for integration of disciplines. In Lee C. Deighton (Ed.), *The encyclopedia of education* (pp. 585-590). New York: Macmillan.

- Ben-Chaim, D., Keret, Y., & Ilany, B. (2007). Designing and implementing authentic investigative proportional reasoning tasks: The impact on pre-service mathematics teachers' content and pedagogical knowledge and attitudes. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10, 333-340.
- Berry, M., Chalmers, C., & Chandra, V. (2012). STEM futures and practice, can we teach STEM in a more meaningful and integrated way? In *Proceedings of the 2nd International STEM in Education Conference* (pp. 225-232). Beijing Normal University.
- Bilir, C. K. (2018). *Pre-service teachers' understanding the measurement of the area of rectangles* (Publication No. 10790435) [Doctoral dissertation, Purdue University]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Blume, G., Galindo, E., & Walcott, C. (2007). Performance in measurement and geometry from the viewpoint of principles and standards for school mathematics. In P. Kloosterman & F. Lester, Jr. (Eds.), *Results and interpretations of the 2003 mathematics assessment of the National Assessment of Educational Progress* (pp. 95-138). Reston, VA: NCTM.
- Bowman, K. (2010). *Background paper for the AQF Council on generic skills*. AQF Council Secretariat. <http://hdl.voced.edu.au/10707/166337>
- Breiner, J., Harkness, S., Johnson, C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. Doi: 10.1111/j.1949- 8594.2011.00109.x
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1999). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 17-34.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.
- Bottge, B. A., Rueda, E., Grant, T. S., Stephens, A. C., & Laroque, P. T. (2010). Anchoring problem-solving and computation instruction in context-rich learning environments. *Exceptional Children*, 76(4), 417-437.
- Bozkurt Altan, E., Üçüncüoğlu, I., & Özek, H. (2019). A Transportation Problem for Moving Companies: An Example Activity with an Engineering Design Focus. *Journal of Inquiry Based Activities*, 9(2), 132-149.
- Burtt, E. A. (2014). *The metaphysical foundations of modern physical science: A historical and critical essay*. Routledge.

- Buyruk, B. ve Korkmaz, Ö. (2016). FeTeMM farkındalık ölçeği (FFÖ): Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 13(2), 61-76.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996. <https://science.sciencemag.org/content/329/5995/996>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effect of engineering modules on student learning in middle school science classroom. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00905.x>
- Carlson, L., & Sullivan, J. (2004) Exploiting design to inspire interest in engineering across the K-16 engineering curriculum. *International Journal of Engineering Education*, 20(3), 372-378.
- Carroll, M. (2019). Stretch, dream, and do-a 21st century design thinking & STEM journey. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 59-70.
- Chou, C.Y., & Lin, P.H. (2015). Promoting discussion in peer instruction: Discussion partner assignment and accountability scoring mechanisms. *British Journal of Educational Technology*, 46(4), 839-847.
- Christiaans, H. H. C. M., & Dorst, K. H. (1992). Cognitive models in industrial design engineering: A protocol study. *Design Theory and Methodology*, 42(1), 131-140.
- Clark, H. J. (2008). *Investigating students' proportional reasoning strategies* (Publication No. 1453188) [Master's thesis, University of Nevada, Reno]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Clement, J. C. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1241-1257.
- Colter, M. T. (1972). Adapting the area of a circle to the area of a rectangle. *The Arithmetic Teacher*, 19(5), 404-406.
- Common Core State Standards Initiative. (2010). *The common core state standards for mathematics*. Washington, D.C.: Author.
- Cramer, K. & Post, T. (1993). Making connections: A case for proportionality. *Arithmetic Teacher*, 60(6), 342-346.
- Cramer, K., Post, T., & Currier, S. (1993). Learning and teaching ratio and proportion: Research implications. In D. Owens (Ed.), *Research ideas for the classroom: Middle grades mathematics* (pp. 159-178). New York, NY: Macmillan.

- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design Issues*, 17(3), 49-55.
- Cross, N., & Cross, A. C. (1998). Expertise in engineering design. *Research in Engineering Design*, 10(3), 141-149. <http://doi.org/10.1007/BF01607156>
- Curry, M., & Outhred, L. (2005). Conceptual understanding of spatial measurement. In P. Clarkson, A. Downton, D. Gronn, M. Horne, A. McDonough, R. Pierce & A. Roche (Eds.), *Building connections: Theory, research and practice: Proceedings of the 28th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia [MERGA]* (pp. 265-272). Sydney, Australia: MERGA.
- Czerniak, C.M., Weber, W.B., Sandmann, Jr., A., & Ahern, J. (1999). Literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.
- Çam, M. O., & Baysan-Arabacı, L. (2010). Tutum ölçeği hazırlamada nitel ve nicel adımlar. *Turkish Journal of Research & Development in Nursing*, 12(2), 64-71.
- Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. *PEGEM Journal of Education and Instruction*, 8(2), 281-306, <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2018.012>
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- De Bock, D., Verschaffel, L. & Janssens, D. (1998). The predominance of the linear model in secondary school students' solutions of word problems involving length and area of similar plane figures. *Educational Studies in Mathematics*, 35(1), 65-83
- DeVellis, R. F. (2017). *Scale development: Theory and applications* (4th ed). Sage publications.
- Dorko, A., & Speer, N. (2015). Calculus students' understanding of area and volume units. *Investigations in Mathematics Learning*, 8(1), 23-46.
- Douglas, J., Iversen, E., & Kalyandurg, C. (2004). *Engineering in the K-12 classroom: An analysis of current practices & guidelines for the future*. Washington, DC: American Society for Engineering Education.
- Drake, S.M. (1991). How our team dissolved the boundaries. *Educational Leadership*, 49(2), 20-22.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).

- Draper, R. J. (2002). School mathematics reform, constructivism, and literacy: A case for literacy instruction in the reform-oriented math classroom. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(6), 520-529. doi:10.1007/0-306-48380-7_3224
- Durmuş, S. (2004). Matematikte öğrenme güçlüklerinin saptanması üzerine bir çalışma, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12(1), 125-128.
- Dym, C. L. (1999). Learning engineering: Design, languages, and experiences. *Journal of Engineering Education*, 88(2), 145-148.
- 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.
- Ekici, F., Ekici, E., Ekici, F. T., & Kara, İ. (2012). Öğretmenlere yönelik bilişim teknolojileri öz-yeterlik algısı ölçeğinin geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 53-65.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *English International Journal of STEM Education*, 3(3). DOI 10.1186/s40594-016-0036-1
- Er-Nas, S., & Çepni, S. (2016). Derinleştirme aşamasına yönelik geliştirilen kılavuzun öğrencilerin kavramları günlük yaşamla ilişkilendirebilmelerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(2), 255-277.
- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67.
- Evirgen, O., & İkikardeş, N. Y. (2019). 7. sınıf matematik dersinde zorlanılan konulara ilişkin öğrenci görüşlerinin incelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 416-435.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369-385. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Farrell, M. A., & Farmer, W. A. (1985). Adolescents' performance on a sequence of proportional reasoning tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(6), 503-518. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.3660220605/full>
- Fisher, L. C. (1988). Strategies used by secondary mathematics teachers to solve proportion problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(2), 157-168. <http://www.jstor.org/stable/749409>
- Fortus, D., Dershimer, C., Krajcik, J., Marx, R., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20040>

- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics, 105*(3), 127-141. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.2005.tb18047.x>
- Furner, J. M., & Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(3), 185-189.
- Gagnon, G.W., & Collay, M. (2001). *Designing for learning: Six elements in constructivist classrooms*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Gagnon, G. W., & Collay, M. (2005). *Constructivist learning design: Key questions for teaching to standards*. Corwin Press.
- Gökbayrak, S., & Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 8*(2), 63-84.
- Gönen, S., Kocakaya, S., & Kocakaya, F. (2011). Dinamik konusunda geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış bir başarı testi geliştirme çalışması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 8*(1), 40-57.
- Guzey, S. S., & Aranda, M. (2017). Student participation in engineering practices and discourse: An exploratory case study. *Journal of Engineering Education, 106*(4), 585-606.
- Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2017). *Engineering design-based STEM integration curriculum assessment*. Purdue University Research Repository. West Lafayette, IN. Retrieved from <https://purr.purdue.edu/publications/2882/1>
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 6*(1), 11-29. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>
- Gümüş, O., & Buluç, B. (2007). İşbirliğine dayalı öğrenme yaklaşımının Türkçe dersinde akademik başarıya etkisi ve öğrencilerin derse ilgisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 49*(49), 7-30.
- Güven, Ç., Selvi, M., & Benzer, S. (2018). 7E öğrenme modeli merkezli STEM etkinliğine dayalı öğretim uygulamalarının akademik başarıya etkisi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6*, 73-80.
- Harayama, Y. (2017). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Hitachi Review, 66*(6), 554-559. http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/pdf/p08-13_TRENDS.pdf
- Harlen, W. (2005). Teachers' summative practices and assessment for learning—tensions and synergies. *The Curriculum Journal, 16*(2), 207-223.
- Harris, J., & Felix, A. (2010, March). A project-based, STEM-integrated team challenge for elementary and middle school teachers in alternative energy. In *Society for*

- Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3566-3573). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Hart, K. (1984). *Ratio: Children's strategies and errors*. Windsor, UK: NFER-Nelson
- Hiebert, J. (1981). Units of measure: Results and implications from national assessment. *The Arithmetic Teacher*, 28(6), 38-43.
- Hirsch, L. S., Carpinelli, J. D., Kimmel, H., Rockland, R., & Bloom, J. (2007). The differential effects of pre-engineering curricula on middle school students' attitudes to and knowledge of engineering careers. *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference*. Milwaukee, WI.
- Hirstein, J.J., Lamb, C.E., & Osborne, A. (1978). Student misconceptions about area measure. *The Arithmetic Teacher*, 25(6), 10-16.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Hull, L. S. H. (2000). *Teachers' mathematical understanding of proportionality: Links to curriculum, professional development, and support* [Unpublished doctoral dissertation]. The University of Texas, Austin.
- Hurley, M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics. The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), 259-268.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *Publications*. Paper 165. https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165
- İnal, Z., & Aydin, A. (2015). Madde ve ısı ünitesinin öğretilmesinde model kullanımının akademik başarıya ve bilgilerin kalıcılığına etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(3), 19-37.
- Jacobs, H. H. (1989). Design options for an integrated curriculum. In H. H. Jacobs (Ed.), *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation* (pp.13-25). Alexandria, VA: ASCD Publications.
- Jain, V. K., & Sobek, D. K. (2006). Linking design process to customer satisfaction through virtual design of experiments. *Research in Engineering Design*, 17(2), 59-71.
- Johnston, A. C., Akarsu, M., Moore, T. J., & Guzey, S. S. (2019). Engineering as the integrator: A case study of one middle school science teacher's talk. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 418-440.

- Kamii, C., & Kysh, J. (2006). The difficulty of “length \times width”: Is a square the unit of measurement? *The Journal of Mathematical Behavior*, 25(2), 105-115.
- Kaptan, F. (1999). *Fen Bilgisi Öğretimi*. Anı Yayıncılık.
- Karakoç, F. Y., & Dönmez, L. (2014). Ölçek geliştirme çalışmalarında temel ilkeler. *Tip Eğitimi Dünyası*, 13(40), 39-49.
- Karasar, N. (2007). *Bilimsel araştırma yöntemleri (17. baskı)*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kasim, N. H., & Ahmad, C. N. C. (2018). PRO-STEM module: The development and validation. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(1), 728-739.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Khalil, N., & Osman, K. (2017). STEM-21CS module: Fostering 21st century skills through integrated STEM. *K-12 STEM Education*, 3(3), 225-233.
- Kınık Topalsan, A. (2018). Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının geliştirdikleri mühendislik tasarım temelli fen öğretim etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 186-219. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyuefd/issue/40566/493847>
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Koç, Y. (2017). *Fen bilimleri dersinde STEM eğitim modeli yaklaşımı kullanarak genç mekatronikçilerin yetiştirilmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Koloğlu, T. F., Kantar, M., & Doğan, M. (2016). Öğretim elemanlarının uzaktan eğitimde hazırlanışluklarının önemi. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 52-70.
- Kordaki, M. & Balomenou, A. (2006). Challenging students to view the concept of area in triangles in a broad context: Exploiting the features of Cabri-II. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11, 99-135.
- Koszalka, T., Wu, Y., & Davidson, B. (2007). Instructional design issues in a cross-institutional collaboration within a distributed engineering educational environment. In T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (pp. 1650-1657). Chesapeake, VA: AACE.

- Kuenzi, J., Matthews, M., & Mangan, B. (2008). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education issues and legislative options*. In Nata, R. V. (Ed.), *Progress in education* (Vol. 14, pp. 161-189). Nova Science Publishers.
- Lamon, S. (2007). Rational numbers and proportional reasoning: Toward a theoretical framework for research. In F. K. Lester, Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 629-667). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Lave, J., Wenger, E., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lederman, N.G., & Niess, M.L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, 97(2), 57-58.
- Lehrer, R. (2003). Developing understanding of measurement. In J. Kilpatrick, W. G. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 179-192). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. R. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Research design in mathematics and science education* (pp. 591-646). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lesh, R., Post, T. R., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representations in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-40). Lawrence Erlbaum.
- Lim, K. (2009). Burning the candle at just one end: Using nonproportional examples helps students determine when proportional strategies apply. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 14(8), 492-500.
- Lin, K. Y., & Williams, P. J. (2015). Taiwanese preservice teachers' science, technology, engineering, and mathematics teaching intention. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 1021-1036.
- Lobato, J., & Ellis, A. (2010). *Developing essential understanding of ratios, proportions, and proportional reasoning for teaching mathematics: Grades 6-8*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics
- Maab, K., & Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: A synthesis. *ZDM*, 45(6), 779-795. <http://doi.org/10.1007/s11858-013-0528-0>
- Mahoney, M. P. (2009). *Student attitude toward STEM: Development of an instrument for high school STEM-based programs* (Unpublished doctoral dissertation). Ohio State University.

- Marczyk, G., DeMatteo, D., & Festinger, D. (2005). *Essentials of research design and methodology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Marshall, C. & Rossman, G. B. (2014). *Designing Qualitative Research*. New York: Sage.
- Mathis, C. A., Siverling, E. A., Moore, T. J., Douglas, K. A., & Guzey, S. S. (2018). Supporting engineering design ideas with science and mathematics: A case study of middle school life science students. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 424-442.
- MEB. (2018). *Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı* (ortaokul 7 ve 8. sınıflar). Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. (2016). *STEM eğitimi raporu*. Ankara. https://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schunn, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71-85. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00955.x>
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.
- Modestou, M. & Gagatsis, A. (2007). Students' improper proportional reasoning: A result of the epistemological obstacle of "linearity". *Educational Psychology*, 27(1), 75-92.
- Moore, T. J. (2008). STEM integration: Crossing disciplinary borders to promote learning and engagement. *Invited presentation to the faculty and graduate students of the UTeachEngineering, UTeachNatural Sciences, and STEM Education program area at University of Texas at Austin*, 1-13.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., & Smith, K. A. (2014). A Framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D., & Smith, K. A. (2013). *A framework for implementing quality K-12 engineering education*. Paper presented at the 2013 ASEE (American Society for Engineering Education) Annual Conference, Atlanta, GA.
- Moore, T. J., Guzey, S. S., & Brown, A. (2014). Greenhouse design to increase habitable land: An engineering unit. *Science Scope*, 37(7), 51-57.
- Moore, T. J., Mathis, C. A., Guzey, S. S., Glancy, A. W., & Siverling, E. A. (2014). STEM integration in the middle grades: A case study of teacher implementation. In *Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings* (pp. 1-8). IEEE.

- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), 5-7.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
- Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., Kersten, J. A., & Ntow, F. D. (2013). *The status of engineering in the current K-12 state science standards (Research to practice)*. Paper presented at the 120th ASEE Annual Conference, Atlanta, GA.
- Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education. TIES STEM education monograph series*. Baltimore, MD: TIES.
- Mulligan, J., & English, L. (2014). Developing young students' meta-representational competence through integrated mathematics and science investigations. In J. Anderson, M. Cavanagh, & A. Prescott (Ed.), *Curriculum in focus: Research guided practice (Proceedings of the 37th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)* (pp. 493-500). Sydney: MERGA.
- Murphy, C. (2012). The role of subject knowledge in primary prospective teachers' approaches to teaching the topic of area. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 15(3), 187-206.
- Museum of Science (MOS). (2009). *Engineering is elementary engineering design process*. <http://www.eie.org/overview/engineering-design-process>
- National Academy. (2006). *Rising above the gathering storm: Energizing and employing America for a brighter economic future*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Academy of Engineering. (2009). *Grand Challenges for Engineering*. <http://www.engineeringchallenges.org/>
- National Academy of Engineering (NAE). (2010). *Standards for K-12 engineering education?* Washington, DC: National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Outhred, L.N., & Mitchelmore, M.C. (2000). Young children's intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(2), 144-167.
- Önen, F. (2005). İlköğretimde basınç konusunda öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışlarının yapılandırmacı yaklaşım ile giderilmesi [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Özdamar, K. (2016). *Ölçek ve test geliştirme yapısal eşitlik modellemesi*. Eskişehir: Nisan Kitabevi.
- Özden, Y. (2005). *Öğrenme ve öğretme*. Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Özdemir, H. (2018). *Meslek lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili mesleki matematik başarısını geliştirmeye yönelik STEM uygulamaları* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Özdemir, S. M. (2010). İlköğretim öğretmenlerinin alternatif ölçme ve değerlendirme araçlarına ilişkin yeterlikleri ve hizmet içi eğitim ihtiyaçları. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(4), 787-816.
- Özgül, D. A., & Kaplan, A. (2016). 7. sınıf öğrencilerinin silindirin yüzey alanı konusundaki soyutlama süreçlerinin ve paylaşılan bilgilerinin incelenmesi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2).
- Patrick, L., & Neill, T. (2016). *Turning it up: A framework for STEM education*. OK Math. <http://okmathteachers.com/stemframework>
- Pekmez, E., Yılmaz, H., Akşit, A.C.A., & Güler, F. (2018). İlköğretim öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir eğitim modülü uygulaması. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(1), 135-160. Doi: 10.12984/egeefd.343374.
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459-467. <https://doi.org/10.1002/nur>
- Reeves, T.C., & Okey, J.R. (1996). Alternative assessment for constructivist learning environments. In B.G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. New Jersey: Englewood Cliffs.
- Rickard, A. (1996). Connections and confusion: Teaching perimeter and area with a problem-solving oriented unit. *The Journal of Mathematical Behavior*, 15(3), 303-327.

- Riechert, S., & Post, B. (2010). From skeletons to bridges and other STEM enrichment exercises for high school biology. *American Biology Teacher*, 72(1), 20-22. <http://dx.doi.org/10.1525 /abt.2010.72.1.6>
- Riley, K. R. (2010). *Teachers' understanding of proportional reasoning*. In P. Brosnan, D. B. Erchick, & L. Fleavars (Eds.), *Proceedings of the 32nd annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 1055-1061). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467.
- Roberts, A. (2012). A justification for STEM education. *Technology and Engineering Teacher*, 71(2), 1-5. <https://www.it eea.org/File.aspx?id=86478& v=5409fe8e>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Saracel, N., & Aksoy, İ. (2020). Toplum 5.0: Süper Akıllı Toplum. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 9(2), 26-34.
- Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2007). Lack of focus in the mathematics curriculum: A symptom or a cause? In T. Loveless (Ed.), *Lessons learned: What international assessments tell us about math achievement* (pp. 65-84). Washington: Brookings Institution Press.
- 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.
- Seligo, J. (2007). Powering up the pipeline. *ASEE Prism*, 16(8), 24-29.
- Semerci, Ç. (2001). Oluşturmacılık kuramına göre ölçme ve değerlendirme. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 1(2), 429-440.
- Senemoğlu, N. (2009). *Gelişim, öğrenme ve öğretim*. Ankara: Pegem Akademi.
- Shaughnessy, M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324.
- Sheppard, S. D., Macatangay, K., Colby, A., & Sullivan, W M. (2009). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Sidek, M. N., & Jamaludin, A. (2005). *Pembinaan modul, bagaimana membina modul latihan dan modul akademik*. Serdang, Selangor: Penerbit Universiti Putra Malaysia.
- Silk, E. M., Higashi, R., Shoop, R., & Schunn, C. D. (2010). Designing technology activities that teach mathematics. *The Technology Teacher*, 69(4), 21-27.

- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145. doi:10.2307/749205
- Simon, M., & Blume, G. (1994). Mathematical modeling as a component of understanding ratio-as-measure: A study of prospective elementary teachers. *Journal of Mathematical Behavior*, 13(2), 183-197. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0732312394900221>
- Singh, P. (2000). Understanding the concepts of proportion and ratio among grade nine students in Malaysia. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 31(4), 579-599. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/002073900412688>
- Siverling, E. A., Suazo-Flores, E., Mathis, C. A., & Moore, T. J. (2019). Students' use of STEM content in design justifications during engineering design-based STEM integration. *School Science and Mathematics*, 119(8), 457-474.
- Smith, J. & Karr-Kidwell, P. (2000). The interdisciplinary curriculum: A literary review and a manual for administrators and teachers. Retrieved from ERIC database. (ED443172).
- Smith, T. M., Seshaiyer, P., Peixoto, N., Suh, J. M., Bagshaw, G., & Collins, L. K. (2013). Exploring slope with stairs & steps. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 370-377.
- Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W, & Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 87-101. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00831.x>
- Smyrniou, Z., Petropoulou, E., & Sotiriou, M. (2015). Applying argumentation approach in STEM education: A case study of the European student parliaments project in Greece. *American Journal of Educational Research*, 3(12), 1618-1628.
- Sriraman, B., & Lesh, R. A. (2007). A conversation with Zoltan P. Dienes. *Mathematical Thinking and Learning*, 9(1), 59-75.
- Stacey, K., & Vincent, J. (2009). Finding the area of a circle: Didactic explanations in school mathematics. *Australian Mathematics Teacher*, 65(3), 6-9.
- Stemn, B. S. (2008). Building middle school students' understanding of proportional reasoning through mathematical investigation. *Education 3-13*, 36(4), 383-392. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03004270801959734>
- Stinson, K., Harkness, S., Meyer, H., & Stallworth, J. (2009). Mathematics and science integration: Models and characterizations. *School Science and Mathematics*, 109(3), 153-161. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17951.x>
- Strobel, J., Carr, R. L., Martinez-Lopez, N. E., & Bravo, J. D. (2011). National survey of states' P-12 engineering standards. *Proceedings of the American Society for*

Engineering Education Annual Conference and Exposition. Vancouver, BC, Canada.

- Strutchens, M. E., Martin, W. G., & Kenney, P. A. (2003). What students know about measurement: Perspectives from the national assessment of educational progress. In D. H. Clements & G. Bright (Eds.), *Learning and teaching measurement: 2003 yearbook* (pp. 195-207). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Şaşmaz Ören, F., & Yılmaz, T. (2013). Fen ve teknoloji dersinde kavram karikatürleriyle desteklenmiş bilimsel hikâyeler temelli rehber materyal geliştirme çalışması. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 130-141.
- Şeker, H., & Gençdoğan, B. (2014). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme (2. Basım)*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Şimşek, F. (2019). FeTeMM etkinliklerinin öğrencilerin fen tutum, ilgi, bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi ve öğrenci görüşleri. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(3), 654-679.
- Taşkın, Ç., & Akat, Ö. (2010). *Araştırma Yöntemlerinde Yapısal Eşitlik Modelleme*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... & Hellinckx, L. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-12.
- Thornburg, D. (2009). Hands and minds: Why engineering is the glue holding STEM together. *Thornburg Center for Space Exploration*. <http://www.tcse-k12.org/pages/hands.pdf>
- Topalsan, A. K. (2018). Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının geliştirdikleri mühendislik tasarım temelli fen öğretim etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 186-219.
- Topuz, F., & Birgin, O. (2020). Yedinci sınıf “çember ve daire” konusunda geliştirilen geogebra destekli öğretim materyaline ve öğrenme ortamına ilişkin öğrenci görüşleri. *Journal of Computer and Education Research*, 8(15), 1-27. DOI: 10.18009/jcer.638142
- Turner, R. C., & Carlson, L. (2003). Indexes of item-objective congruence for multidimensional items. *International Journal of Testing*, 3(2), 163-171.
- TUSİAD (2017). *2023'e Doğru Türkiyede STEM Gereksinimi*. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stem-gereksinimi>
- Türkiyenin Endüstri 4.0 Platformu. (t.y.). *Endüstri 4.0'dan Toplum 5.0'a*. <https://www.endustri40.com/endustri-4-0dan-toplum-5-0a/>

- Tyler-Wood, T., Knezek, G., & Christensen, R. (2010). Instruments for assessing interest in STEM content and careers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(2), 341- 363.
- Uysal, E., & Cebesoy, Ü. B. (2020). Tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine, tutumlarına ve bilgilerine etkisinin incelenmesi. *SDU International Journal of Educational Studies*, 7(1), 60-81.
- Üçüncüoğlu, İ., & Bozkurt Altan, E. (2018). Fen Bilimleri öğretmen adayları için STEM odaklı laboratuvar uygulamaları: "Sağlıklı Yaşam" etkinliği. *International Journal of Humanities and Education*, 4(9), 329-347
- Vadeboncoeur, J. (1997). Child development and the purpose of education: A historical context for constructivism in teacher education. In V. Richardson (Ed.), *Constructivist teacher education: Building new understandings* (pp. 15-37). Washington, DC: Falmer Press.
- Van de Walle, J.A., Karp, K.S., & Bay-Williams, J.M. (2012). *İlkokul ve ortaokul matematiği gelişimsel yaklaşımla öğretim*. Çeviri Editörü: Soner Durmus, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Van Dooren, W., De Bock, D., Janssens, D., & Verschaffel, L. (2007). Pupils' overreliance on linearity: A scholastic effect? *British Journal of Educational Psychology*, 77(2), 307-321. DOI: 10.1348/000709906X115967
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Walker, W., Moore, T., Guzey, S., & Sorge, B. (2018). Frameworks to develop integrated STEM curricula. *K-12 STEM Education*, 4(2), 331-339.
- Walters, K. (2020). Exploring circle area with radius squares. *Ohio Journal of School Mathematics*, 84(1), 59-64.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook on science teaching and learning* (pp. 177–210). New York: Macmillan.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.
- Woodward, E., & Byrd, F. (1983). Area: Included topic, neglected concept. *School Science and Mathematics*, 83(4), 343-347.

- World Economic Forum. (2018, 20 Eylül). *Jack Ma wants to go back to teaching*. Erişim adresi <https://www.weforum.org/agenda/2018/09/jack-ma-wants-to-go-back-to-teaching/>
- Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 458-477.
- Yang, M. C. (2005). A study of prototypes, design activity, and design outcome. *Design Studies*, 26(6), 649-669. <http://doi.org/10.1016/j.destud.2005.04.005>
- Yaşar, I. Z., & Kırbaşlar, F. G. (2013). 6-8. Sınıf fen ve teknoloji dersi kitaplarındaki “Madde ve Değişim” öğrenme alanı etkinlikleri ile programdaki kazanımların incelenmesi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Dergisi*, 19 (1), 65-90.
- Yazgan, Y., & Bintaş, J. (2005). İlköğretim dördüncü ve beşinci sınıf öğrencilerinin problem çözme stratejilerini kullanabilme düzeyleri: Bir öğretim deneyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(28), 210-218.
- Yenilmez, K., & Demirhan, H. (2013). Altıncı sınıf öğrencilerinin bazı temel matematik kavramları anlama düzeyleri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 275-292.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldız, V. (1999). İşbirlikli öğrenme ile geleneksel öğrenme grupları arasındaki farklar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(17), 155-163.
- Yin, R. K. (2012). Case study methods. In H. Cooper, P. M. Camic, D. L. Long, A. T. Panter, D. Rindskopf, & K. J. Sher (Eds.), *APA handbook of research methods in psychology, Vol. 2. Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological* (pp. 141-155). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/13620-009>

EKLER

Ek 1. STEM Modülü Değerlendirme Formu

STEM Modülü Değerlendirme Formu, Matematik Ağırlıklı STEM modüllerinin değerlendirilmesi amacıyla Mühendislik tasarım süreci (MTS) teorik çerçevesine göre geliştirilmiştir. STEM Modülü Değerlendirme Formu üç kısımdan oluşmuştur. Birinci kısımda değerlendirme formunun geliştirilme sürecinde kullanılan tanımlara yer verilmiştir. İkinci kısımda MTS ni basamaklarından oluşan (Hazırlık, Tanımlama, Öğrenme, Plan ve Prototip Oluşturma, Test Etme ve Kara Verme) bir tablo hazırlanmıştır, Üçüncü kısımda ise MTS'nin her bir basamağında kullanılan (İletişim ve Grup çalışması, Sınıf Yönergeleri, Mühendislik ve Teknoloji) bölümlere yer verilerek ikinci tablo hazırlanmıştır. Her iki tabloda da araştırmacıların cevaplamaları için; evet/hayır/kısmen seçenekleri sunulmuştur. Bu seçenekleri neden seçtiklerini açıklamaları için; Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülden örnekler kullanabilirsiniz.) / Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülden örnekler kullanabilirsiniz.) bölümleri hazırlanmıştır. Araştırmacılar soruları cevaplarırken bu seçeneklerden birisini seçerek ilgili cevaplara yönelik nedenleri açıklama kısmına yazmalıdır.

STEM Modülü: STEM eğitimi yaklaşımının uygulanması için fen bilgisi, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin, belirlenen kazanımlarının öğretim planlamasını ve ve uygulama içeriğini tanımlayan ders planlarının birleştirilmiş halidir.

Mühendislik Tasarım Süreci: ABET (2008) tarafından mühendislik tasarım süreci; gerçek hayat problemlerini çözen fen, matematik, teknoloji ve mühendislik bilimlerinin uygulandığı tekrarlı (iterative) ve sistematik bir karar verme süreci olarak tanımlanmaktadır.

Matematik Ağırlıklı Modül: Verilen senaryonun tasarımı ve problemin çözümü için matematik öğretimi felsefesinin ve matematiksel düşüncenin ön plana alındığı, gerekli matematik ile ilgili aktivite sayısı, kazanımların belirlenen seviyeye uygunluğu ve ders saatinin diğer disiplinlere oranla daha fazla olduğu modüldür. Matematik ağırlıklı modül tanımının geliştirilmesinde Neill ve Patrick (2016) 'in geliştirdiği teorik çerçeveden yararlanılmıştır. (Bakınız. Sayfa 2, Not 3)

STEM Eğitimi Yaklaşımı: STEM Eğitimi Anlayışı, gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç, beceri, bilgi ve tutum odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır. Alan yazında yaygın olarak 3 tur bütünleşik yaklaşımdan bahsedilmektedir. Çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü yaklaşım. Bütünleşik STEM eğitiminde disiplinler arası yaklaşım kullanılmaktadır. Alan yazında disiplinler arası farklı yaklaşımlar olsa da en çok bahsi geçen yaklaşımlar içerik entegrasyonu ve bağlam entegrasyonudur. İçerik entegrasyonu, iki veya daha fazla içerik alanını bir araya getirerek öğrencinin “ana fikri” anlamasını sağlamak için anlamlı bir ders ya da ünite oluşturur ve her disiplin bu fikri anlamak için gereklidir. Bağlam entegrasyonu, bir disiplinin odağını diğerlerinin üzerine yerleştirir ve birincil içeriği öğrenmek için anlam ve motivasyon yaratan bir ortam sağlamak adına ikincil disiplinleri kullanır (Moore, vd., 2014).

Nitelikli değerlendirme Süreci: Nitelikli değerlendirme, bir değerlendirme aracının geçerlilik, güvenilirlik ve kullanılabilirlik unsurlarını karşılamakla ilişkilidir. Belirlenen kazanımların edinimini ölçmeye yönelik alternatif değerlendirme yöntemlerini içerecek şekilde soruların ve bu soruların cevap anahtarlarının veya rubriklerinin olması değerlendirmede geçerliliğin, güvenilirliğin ve kullanılabilirliğin ortaya konularak nitelikli bir değerlendirme yapıldığının göstergesidir.

(Alternatif değerlendirme araçları: Günlükler [MND], öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyolar [öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster)

STEM Eğitiminde Teknoloji: Gerçek hayat probleminin çözüme yönelik mühendislik bağlam ve prensipleri doğrultusunda ilgili fen ve matematik konularının edinimi ve tasarım sürecinde gerekli araç ve gereç kullanımına olanak tanınmasıdır.

Dijital Teknoloji: Yazılım, simülasyon, grafik hesaplayıcıları, web araçları, vb. araçlar olarak tanımlanmaktadır.

Dijital Olmayan Teknoloji: Acı ölçer, cetveller, kalem, termometre, dereceli silindir, yaylı teraziler vb. araçlardır.

Sınıf Seviyesi: Öğrencilerin öğrenim görmekte olduğu sınıfın kazanımlarını, onun bir alt sınıfının ve bir üst sınıfının kazanımları, sınıf seviyesi olarak nitelendirilmektedir.

NOT 1: Bu değerlendirme formu üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım giriş bölümü, ikinci kısım (Tablo 1), üçüncü kısım (Tablo 2) dir. Tablo 1, modülün mühendislik tasarım süreci basamaklarına yönelik ders planlarının uygunluğunu belirlemek için geliştirilmiştir. Tablo 2, modülün tasarımını etkileyen genel çerçeveyi değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir.

NOT 2: Neill, T., & Patrick, L. (2016, July 19). Turning it up: A framework for STEM education [web log post]. Retrieved from <http://okmatteachers.com/stemframework>.

Tablo 1. STEM Modülü Değerlendirme Formu (2. Kısım)

		HAZIRLIK				
MTS Aşamaları	Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Hazırlık	On Bilgilendirme					
		1. Grup çalışmasının ve iletişim sürecinin nasıl olması gerektiğine dair bilgilendirme ve/veya aktiviteler var mı? Açıklayınız.				
		2. Problemin çözüm süreci için gerekli teorik çerçeve olan Mühendislik Tasarım Süreci (MTS) öğrencilere tanıtılıyor mu? Açıklayınız.				
	3. Öğrencilerin bilişsel gelişim sürecini ve değerlendirmelerini yapmak için kullanılacak olan Mühendislik Not Defteri'nin (MND) kullanımını öğrencilere tanıtılıyor mu? Açıklayınız.					
TANIMLAMA						

MTS Aşamaları	Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	
Tanımlama	Gerçek hayat problemi						
		1. Gerçek hayat problemi içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız "Hayır" ise 2. Soruya geçiniz. Cevabınız "Evet ise" aşağıda verilen soruları cevaplayınız.					
		1.a) Öğrenci için ilgi çekici ve motive edici mi? Açıklayınız.					
		1.b) Problem küresel, ekonomik, çevresel ve / veya toplumsal bağlamlar içeriyor mu? Açıklayınız.					
		1.c) Öğrencinin seviyesine uygun zorlayıcı bir amaç içeren (öğrenciyi çözüm için düşündürmeye ve araştırmaya yönlendiren) bir problem mi? Açıklayınız.					
		1.d) Öğrenci tarafından anlaşılır bir problem mi? Açıklayınız.					
		1.e) Öğrencinin geçmiş yaşam deneyimleri ile anlamlandırabileceği bir problem mi? Açıklayınız.					
		1.f) Kriter ve kısıtlamalar içeriyor mu? Açıklayınız.					
		1.g) Problem, çözümünde STEM disiplinlerinin entegrasyonunu içeriyor mu? Açıklayınız.					
		1.h) Probleme birden fazla çözüm yolu üretilebiliyor mu? Açıklayınız.					
	1.i) Problem durumu öğrencinin yaratıcı bir şekilde düşünmesini sağlıyor mu? Açıklayınız. (Yaratıcılık: Problemin çözümüne yönelik önceden belirlenmiş bir çözüm olmayan ya da ezberledikleri kural veya yöntemlerle doğru						

MTS Aşamaları	Verilen Modül;	çözüme kolayca ulaşılabileceği algısının bulunmadığı bir durumdur (Hilbert, 1997).	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Tanımlama	Değerlendirme	2. Öğrencilerin problem durumunu anlayıp anlamadığını belirleyecek bir değerlendirme formu/rubriği içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Öğrenme basamağın" a geçiniz. Cevabınız "Evet ise" aşağıda verilen soruları cevaplayınız.					
		2.a) Öğrencilerin fikirlerini ve yeteneklerini farklı şekillerde (sözel olarak ifade etme, yazıya dökme, şekil çizme, şekil üzerinden yorumlama, vs) göstermelerine izin veriliyor mu?					
		2.b) Yapılandırmacı eğitim anlayışını yansıtan (Öğrenci merkezli, düşündürme odaklı, eski bilgilerle yeni bilgileri bütünleştirebilen, işbirlikçi öğrenmeye imkân sağlayan, açık uçlu sorular içeren) değerlendirme formu/rubrik var mı?					
		2.c) Değerlendirmede kullanılan form, rubrik ve açık uçlu sorular problemi tanımlama sürecini nitelikli bir şekilde değerlendiriyor mu? Açıklayınız.					
ÖĞRENME							

MTS Aşamaları	Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Öğrenme	Verilen Modül; 1. Öğrencilerin, öğrenecekleri konulara ait ön bilgilere sahip olup olmadığını değerlendiriyor mu? Cevabınız "Evet" ise 1.a ve 1.b sorularını cevaplayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise tavsiyelerinizi açıklama kısmına yazınız. 1.a) Ön bilgileri ne tür yöntemlerle değerlendirdiğini açıklayınız. 1.b) Kullanılan yöntemlerle yapılan değerlendirme nitelikli midir? Açıklayınız. 2. Öğrencinin ön bilgileri yeterli değilse, ön bilgilerin kazanımını sağlayacak aktiviteler içeriyor mu? Cevabınız "Evet" ise 2.a sorusunu yanıtlayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise tavsiyelerinizi açıklama kısmına yazınız. 2.a) Ön bilgi için gerekli aktivite(ler) etkili bir şekilde tasarlanmış mıdır? Açıklayınız.					
	On bilgiler					
Öğrenme	Verilen Modül; 3.Problemin çözümü için gerekli olan STEM disiplinlerinin konularını açıkça belirtiyor mu? Cevabınız "Evet" ise 3.a sorusunu yanıtlayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan konular nelerdir? 3.a) Bu konular nelerdir? 4. a) Her bir konu için matematik disiplini ile ilgili kazanımları içeriyor mu? Açıklayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan kazanımlar nelerdir?					
	STEM disiplinleri ve kazanımları					

MTS Aşamaları	Verilen Modül;	Evet				Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	
		Evet				Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	
Öğrenme	STEM disiplinleri ve kazanımları	4.b) Her bir konu için fen bilgisi disiplini ile ilgili kazanımları içeriyormu? Açıklayınız. Cevabınız "Kısmen veya Hayır" ise eksik olan kazanımlar nelerdir?								
		4.c) Belirtilen matematik kazanımları ders planları içerisinde işlenmiş mi?								
		4.d) Belirtilen fen bilgisi kazanımları ders planları içerisinde işlenmiş mi?								
		5.a) Matematik kazanımları sınıf seviyesine uygun hazırlanmış mı?								
		5.b) Fen bilgisi kazanımları sınıf seviyesine uygun hazırlanmış mı?								
	Yapılandırıcı	STEM disiplinleri ve kazanımları	6. Diğer STEM disiplinlerine oranla daha fazla matematik konu sayısı ve ders saatini içeriyor mu?							
			7. STEM disiplinleri bütünlük yapıda mı? Açıklayınız. (Bütünlük STEM: STEM disiplinlerinin birlikte kullanılarak probleme çözüm üretilmesidir.							
			8. Öğrencilerin öğrenme dersleri ile mühendislik problemi arasında ilişki kurlmalarına olanak sağlıyor mu? (Öğrenme dersleri: Öğrenme basamağında problemin çözümü için gerekli olan bilgilerin keşfedildiği derslerdir.)							
			9. Verilen modül, öğrencinin süreç içerisinde bilgiyi oluşturmaya olanak sağlıyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız " Hayır" ise 10. Soruya geçiniz.							
			10. Soruya geçiniz.							

Öğrenme	Yapılandırmacı yaklaşım	Verilen Modül; Aşamaları	9.a) Matematik disiplini için öğrenci merkezli matematik ders ve aktiviteler içeriyor mu?											
			9.b) Fen bilgisi disiplini için öğrenci merkezli fen bilgisi ders ve aktiviteler içeriyor mu?											
			9.c) Matematik disiplini için öğrenciyi düşündürmeye sevk edecek açık uçlu sorular, aktiviteler, tartışma ortamları vs. içeriyor mu?											
			9.d) Fen bilgisi disiplini için öğrenciyi düşündürmeye sevk edecek açık uçlu sorular, aktiviteler, tartışma ortamları vs. içeriyor mu?											
			9.e) Matematik disiplini için öğrencilerin geçmişte edindiği bilgiler ile yeni öğrendiği bilgilerin bütünleşmesine olanak sağlıyor mu?											
			9.f) Fen bilgisi disiplini için öğrencilerin geçmişte edindiği bilgiler ile yeni öğrendiği bilgilerin bütünleşmesine olanak sağlıyor mu?											
			Verilen Modül; Aşamaları	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)						
Öğrenme	Yapılandırmacı yaklaşım	Verilen Modül; Aşamaları	10.a) Matematik disiplini için öğrencilere farklı yollardan çözüme ulaşma imkânı sağlıyor mu?											
			10.b) Fen bilgisi disiplini için öğrencilere farklı yollardan çözüme ulaşma imkânı sağlıyor mu?											
			11.a) Matematik kazanımlarının sağlanmasını ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşımaya imkân sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşımaya, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektedir.) Açıklayınız.											

	11.b) Fen bilgis kazanımlarının sağlanması ve hatta öğrenciyi belirlenen seviyenin üstüne taşıma imkân sağlıyor mu? (Üst seviyeye taşıma, bir üst sınıf kazanımlarının öğrenilmesini hedeflemektedir.) Açıklayınız.						
Değerlendirme	12.a) Matematik disiplini için modül uygulama sürecinde öğrenmeyi değerlendirmeye olanak sağlıyor mu?						
	12.b) Fen bilgisi disiplini için modül uygulama sürecinde öğrenmeyi değerlendirmeye olanak sağlıyor mu?						
	13.a) Matematik disiplini için öğrencilerin her bir konuyu öğrenip öğrenmedikleri değerlendiriliyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Planlama ve Deneme basamağı" na geçiniz.						
	13.b) Fen bilgisi disiplini için öğrencilerin her bir konuyu öğrenip öğrenmedikleri değerlendiriliyor mu? Cevabınız "Evet" ise aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Cevabınız "Hayır" ise "Planlama ve Deneme basamağı" na geçiniz.						
	14.a) Matematik disiplini için bu değerlendirme nitelikli bir değerlendirme midir? Açıklayınız. (Nitelikli değerlendirme tanımı için 1. Sayfaya bakınız.)						
	14.b) Fen bilgisi disiplini için bu değerlendirme nitelikli bir değerlendirme midir? Açıklayınız. (Nitelikli değerlendirme tanımı için 1. Sayfaya bakınız.)						

		15) Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri (günlükler [MND], öz değerlendirme, ekran değerlendirme, grup değerlendirme, performans görevleri, portfolyo [öğrenci ürün dosyası], gözlem formları, poster) içeriyor mu?								
PLANLAMA VE PROTOTİP OLUŞTURMA										
MTS Aşamaları	Verilen Modül;		Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modül örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modül örnekler kullanabilirsiniz.)			
Planlama ve Prototip Oluşturma	1. Planlama aşamasında problemin çözümü için gerekli olan kriter ve kısıtlamaları öğrencilerin hatırlamasına yönelik bilgilendirme/ soru içeriyor mu?									
	2. Öğrencilerin bireysel olarak çözüme yönelik hipotez kurmalarına ve bu hipotezleri temel alarak plan yapmalarına olanak sağlıyor mu?									
	3. Öğrencilerin grup olarak tartışıp çözüme yönelik hipotez kurmalarına ve bu hipotezleri temel alarak ortak bir plan yapmalarına olanak sağlıyor mu?									
	4. Öğrencilere yaptıkları planı kanıtı dayalı olarak açıklama fırsatı sunuyor mu?									
	5. Plana uygun prototip oluşturmaya imkân veriyor mu?									
	6. Planlama basamağında, öğrenilen matematik bilgi ve becerilerinin problemin çözümünde kullanılmasına olanak sağlıyor mu?									
	7. Planlama basamağında, öğrenilen fen bilgisi bilgi ve becerilerinin problemin çözümünde kullanılmasına olanak sağlıyor mu?									
TEST ETME VE KARAR VERME										

MTS Aşamaları	Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	
Test Etme ve Karar Verme	Veri Toplama ve Analiz Etme	Verilen Modül;					
		1. Test etme aşamasında öğrencilerin veri toplamlarına ve analiz etmelerine olanak sağlıyor mu?					
		2. Öğrencilerin prototipi grup olarak test etmelerine ve testten elde edilen sonuçları bireysel olarak değerlendirmelerine fırsatı veriyor mu?					
		3. Öğrencilerin prototipi grup olarak test etmelerine ve testten elde edilen sonuçları grup olarak tartışmalarına fırsatı veriyor mu?					
		4. Test sonuçları istenilen kriterlere uygun çözüm sunmadığında öğrencilere tekrardan tasarım imkânı sağlıyor mu?					
		5. Öğrencilerin geliştirdikleri çözümleri kanıtla dayalı bir şekilde açıklamalarına olanak sağlıyor mu?					
		6. Öğrencilerin STEM çözümlerini, kanıtla dayalı iddiaları veya ilgi çekici bağlamla ilişkili olarak geliştirilen ürünleri (ör. Sözlü olarak, yazılı olarak veya çizelge veya grafikler gibi görsel yardımlarda) iletmelerini isteniyor mu?					
		7. Öğrencilere tasarımların son halini sınıf içerisinde paylaşmalarına imkân sağlıyor mu?					
		8. Oluşturulan prototipin kriter ve kısıtlamalara göre uygunluğunu bireysel belirleyecek bir değerlendirme formu /rubriği var mı?					
9. Oluşturulan prototipin kriter ve kısıtlamalara göre uygunluğunu grup olarak belirleyecek bir değerlendirme formu /rubriği var mı?							
Değerlendirme							

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tablo 2. STEM Modülü Değerlendirme Formu (3. Kısım)

		İLETİŞİM VE GRUP ÇALIŞMASI						
İletişim ve Grup Çalışması	Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için örnekler kullanabilirsiniz.)		
								Grup Çalışması
İşbirliğine dayalı								

		5.a) Olumlu Bağımlılık: Her bir grup üyesinin gruptaki diğer bireylerin de öğrenmesinden sorumlu olduğu bilincine sahip olmasını destekliyor mu?								
		5.b) Bireysel Değerlendirilebilirlik: Gruptaki her öğrencinin bireysel olarak değerlendirilip, sonuçların gruba ve öğrenciye bildirilmesini içeriyor mu?								
		5.c) Yüz yüze destekleyici iletişim: Grupta yer alan her bir öğrenciye söz hakkı veriliyor mu?								
		5.d) Sosyal Beceriler: Gruplar, sosyal becerileri (liderlik, karar alma, güven, iletişim, akademik basari vs.) farklı düzeyde olan bireylerden oluşuyor mu?								
		5.e) Grup İşlem Süreci: Grup üyelerinin problemin çözümüne nasıl ulaşacaklarını ve etkili çalışma ilişkilerini nasıl sürdüreceklerine dair tartışma ortamı sağlanıyor mu?								

YÖNERGE STRATEJİLERİ

	Verilen Modül;		Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Yönerge Stratejileri	1. Derslerin planlanma sürecinde öğrencilerin güvenliği ve oluşabilecek riskleri, uygulamaya yönelik ikazları göz önünde bulundurmasını gerektiren uyarılar içeriyor mu?						
	2. STEM eğitim yaklaşımının uygulamasına aşina olmayan öğretmenler için rehberlik ve öğretim stratejiler sağlıyor mu?						

	3. Modül, uygulayacak kişinin anlayıp, takip edeceği şekilde açık ve net olarak tasarlanmış mıdır?									

MÜHENDİSLİK

Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Mühendislik					
1. Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmasını gerektiren etkinlikler içeriyor mu?					
2. Mühendisliğin ne olduğu ve mühendislerin projelerde nasıl çalıştığı konusunda anlayış oluşturmaya imkân tanıyor mu?					
3. Öğrencileri mühendislik düşünce yapısı (ör. Sistem düşüncesi, yaratıcılık, sebat) kullanmaya teşvik ediyor mu?					

TEKNOLOJİ

Verilen Modül;	Evet	Kısmen	Hayır	Evet için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)	Kısmen veya hayır için nedenini açıklayınız. (Açıklamalar için modülde örnekler kullanabilirsiniz.)
Teknoloji:					
1. Matematik öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri (problem çözme, geometrik şekilleri yorumlama, orantısal akıl yürütme ve uzamsal düşünme), süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?					
2. Fen bilgisi öğrenimiyle ilgili farklı teknikleri, becerileri (mantıksal düşünme, soyut düşünme),					

	süreçleri ve araçları öğrenmek ve uygulamak için fırsatlar sunuyor mu?							
	3. Öğrencilerin öğrenmelerini desteklemek için dijital ve/veya dijital olmayan araçları kullanmasına fırsat veriyor mu? (Teknoloji tanımı için sayfa 2'ye bakınız.)							
	4. Öğrencilerin veri analizi, problem çözüme ve / veya karar verme süreçlerinde teknolojiyi kullanmalarına fırsat veriyor mu?							
	5. Öğrencilerin problemi talep eden kişi ile, grup içi ve sınıf içi öğretmen ve arkadaşlarıyla kuracağı iletişim ve / veya iş birliği için teknolojiyi kullanmasına olanak sağlıyor mu?							

Ek 2. Matematik Ağırlıklı STEM Modülünden Örnek Ders Planı

STEM ÖĞRETİM MATERYALİ YANGIN MERDİVENİ MODÜLÜ

İÇİNDEKİLER

1.	Giriş	3
2.	Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)	4
3.	Keşfedilecek Konular	13
4.	Kazanımlar	13
	Matematik Dersi Kazanımları	13
	Oran-Orantı Kazanımları	13
	Alan Ölçümü Kazanımları	14
	Fen Bilgisi Dersi Kazanımları	14
	Madde ve Isı Kazanımları	14
	Teknoloji ve Tasarım Dersi Kazanımları	14
	Mühendislik Kazanımları	16
5.	Genel Özet	17
6.	Ünitelere Genel Bakış	22
7.	Gerekli Materyallerin Genel Listesi	24
8.	Ders 1: Hazırlık Aşaması Ders Ayrıntısı	25
9.	Ders 2: Problem Tanımlama Aşaması Ders Ayrıntısı	36
10.	Öğrenme Aşaması Ders Ayrıntısı	51
	Fen Bilgisi Dersi	51
	Ders3: Madde ve Isı	51
	Matematik Dersi	67
	Ders 4: Daire Alan Ölçümü	67
	Ders 5: Daire dilimi Alan Ölçümü	92
	Ders 6: Silindirin Yüzey Alan Ölçümü	103
	Ders 7: Oran-Orantı	116
	Ders 8: Doğru Orantı	127
	Ders 9: Doğru Orantı	143
	Ders 10: Ters Orantı	158
11.	Ders 11: Planlama Aşaması Ders Ayrıntısı	173
12.	Ders 12: Deneme Aşaması Ders Ayrıntısı	186
13.	Ders 13: Test Etme ve Karar Verme Aşaması Ders Ayrıntısı	192
14.	Ders 14: Yeniden Tasarlama ve Karar Verme	202
15.	Kapanış	214

6. ÜNİTELERE GENEL BAKIŞ

Tablo 3. Ünitelere genel bakış

DERS	GEREKLİ ZAMAN	DERSİN HEDEFLERİ
Hazırlık Aşaması	40'	*Grup Oluşturur. * Mühendislik tasarım sürecini tanımlar. *MND'nin kullanımını ve sürece katkısını kavrar. *Mühendis ve mühendislik kavramlarını tanımlar.
Problem Tanımlama	40'	*Problemi tanımlar. *Kriter ve kısıtlamaları belirler.
Öğrenme (Madde ve Isı)	40'	*Maddeleri, ısı iletimi bakımından sınıflandırır.
Öğrenme (Daire ve Daire Diliminin Alan ölçümü)	40' +40'	*Dairenin alan ölçümünü hesaplar. *Daire diliminin alan ölçümünü hesaplar.
Öğrenme (Silindirin Yüzey Alanı)	40'	*Silindirin açılımını çizer. *Silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur.
Öğrenme (Oran- Orantı Ters- doğru orantı)	40'+40'+40'+40'	*Oran ve Orantı Terimler veya kavramlar *Birbirine oranı verilen iki çokluktan biri verildiğinde diğerini bulur. *Doğru orantılı iki çokluk arasındaki ilişkiyi ifade eder. *Doğru orantılı iki çokluğa ait orantı sabitini belirler ve yorumlar. *Gerçek hayat durumlarını inceleyerek iki çokluğun ters orantılı olup olmadığına karar verir. *Doğru ve ters orantıyla ilgili problemleri çözer.
Planlama (Tasarım Modelleri Geliştirme)	40'	*Problem durumu için gerekli başarı kriterlerini ve kısıtlamaları ortaya koyar. *Problem durumu için uygulanmış olan çözüm yollarını araştırır. *Problem durumu için olası çözüm yolları geliştirir. *Gerekli kriterlere ve kısıtlamalara uygun en iyi çözüm yoluna karar verir. *Gerekli kriterleri ve kısıtlamaları dikkate alarak, ihtiyaç duyduğu malzeme ve materyallere karar verir, listeler. *Belirlediği tasarımın çizimini yapar. *Tasarım çiziminde kullanılacak malzemeleri gösterir. *Tasarımın ne şekilde çalışacağını matematik ve fen bilimleri verileri ile destekleyerek açıklar.

		*Belirlediği probleme yönelik geliştirdiği çözüm önerisini paylaşır.
Prototip Oluşturma	40'	*Tasarım için uygun malzemeyi temin etme, araç-gereçleri seçme, çalışma takvimi oluşturma, maliyet hesaplaması yapma ve değerlendirme süreçleri üzerinde durulur. *Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar. *Teknoloji ve tasarım uygulamalarında alınması gereken güvenlik önlemlerini açıklar. *Tasarım ürünlerinin üretim süreçlerini açıklar. *Tasarımın çıkış noktası, hangi ihtiyaca cevap verdiği, nasıl yapıldığı, nasıl değerlendirildiği ve sonuçlandırıldığı üzerinde durulur. *Taslak, model, maket ve prototip kavramlarını örnekleyerek açıklar. *Tasarımı değerlendirme kriterlerini sınıflandırır. *Bir tasarımın estetik, özgün, işlevsel, yapılabilir ve sürdürülebilir olması açısından değerlendirilmesi üzerinde durulur.
Test Etme ve Karar Verme	40'	*Tasarımı test eder *Test sonuçlarını değerlendirir *Tasarımların kullanılan malzeme miktarını ve malzemelerin yanıcılığını karşılaştırırlar. *Tasarımların belirlenen kriterlere ve kısıtlamalara uygun olup olmadığını belirler. *Test sonuçlarına uygun olarak tasarımı geliştirir. *Tasarım modeli için uygun geliştirme önerilerini belirler ve sunar.
Yeniden Tasarlama Süreci: (Planlama, Prototip Oluşturma ve Karar verme)	40'	*Tasarım değerlendirdikten sonra elde ettiği veriler ve önerilere göre tasarımı yeniden yapılandırır. *Yeniden oluşturduğu tasarımı test eder. *Tasarımlar kriter ve kısıtlamalara göre değerlendirilir.

Ders

1

Hazırlık Aşaması

8.1.1. Ders Özeti: Hazırlık dersinde gruplar oluşturulur, grup üyeleri iş bölümü yaparlar ve bireylerin rollerini belirlerler. Öğretmen, öğrencilere Mühendislik Tasarım Süreci (MTS)'nin işleyişi ve Mühendislik Not Defteri (MND)'nin kullanımı hakkında genel bilgilendirme yapar. Öğrenciler mühendislik mesleğini tanır.

Tablo 5.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	Mühendislik not defteri (MND), kırmızı ve mavi kalem, yapıştırıcı
Hedef kazanımlar	Grup oluşturma Mühendislik tasarım sürecini tanımlama Mühendislik not defterinin kullanımının sürece katkısını kavrama
Önemli kelimeler	Mühendislik tasarım süreci, Mühendislik not defteri, kriter ve kısıtlama
Gerekli çıktılar	1.a “Mühendislik mesleği ile tanışma” (her bir öğrenci için) 1.c” MTS diyagramı” (her bir öğrenci için)

8.1.2. Öğretmenin bilmesi gereken ön bilgiler

8.1.2.1. Grup Oluşturma: Öğretmen, farklı özelliklere (sınıf içi iletişim becerisi, liderlik özelliği, sosyal yönleri, matematik ve fen bilgisi yapma becerisi, başarı düzeyi ve cinsiyet gibi) sahip öğrencilerden 4 veya 5 kişilik gruplar oluşturmalıdır. Oluşturulan bu gruplar kendi içinde heterojen, gruplar arası homojen bir dağılım olmalıdır. Örneğin, her grupta başarı düzeyi yüksek bir öğrenci, başarı düzeyi düşük bir öğrenci ya da 2 kız ve 2 erkek öğrenci şeklinde olabilir. Gruplar genel olarak sınıf mevcuduna göre düzenlenir. Sınıf mevcudu 20 ve altı ise dört kişilik gruplar, 20-30 kişilik ise beş kişilik gruplar, 30 ve üstü ise altı kişilik gruplar oluşturulur. Gruplar oluşturulduktan sonra, eğer istisnai bir durum ile karşılaşılırsa, hazırlık aşaması sürecinde öğretmenin inisiyatifine bağlı olarak gruplar arasında küçük değişiklikler yapılabilir.

Ders

2

Problem Tanımlama

9.2.1. Ders Özeti: Bu derste mühendis olarak nitelendirilen öğrenciler e-posta/mektup üzerinden gerçek bir hayat problemi ile karşılaşarak mühendisliğe ilk adımı atıp mühendislik tasarım sürecine girmiş olurlar. Verilen problem durumunu önce bireysel olarak analiz edip daha sonra grup arkadaşları ile tartışarak problemi anlamaya çalışırlar. Probleme çözüm talep eden birey/kurum ile iletişim kurar ve sorular sorarlar. Problem durumu için gerekli kriterler ve kısıtlamaları ortaya koyarlar. Tüm bu süreçte MND'ye her öğrenci önce mavi renk tükenmez kalem ile **bireysel cevabını** sonra grup olarak belirledikleri ortak cevaplarını kırmızı renk tükenmez kalem ile **grup cevabı** olarak not ederler.

Tablo 6.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	Mühendislik not defteri (MND), kırmızı ve mavi kalem, yapıştırıcı
Hedef kazanımlar	Problemi tanımlar. Kriter ve kısıtlamaları belirler.
Önemli kelimeler	Nitelik
Gerekli çıktılar	2.a “Emine Hanım’ın ilk mektubu (e-posta 1)” (her bir öğrenci için) 2.b “Problem tanımlama formu” (her bir öğrenci için) 2.d “Kriter ve Kısıtlamaları değerlendirme” (her bir öğrenci için) 2.f “Emine Hanım’ın ikinci mektubu (e-posta 2)” (her bir öğrenci için)

9.2.2. Öğretmenin bilmesi gereken ön bilgiler

9.2.2.1. Problem tanımlama: Bu derste öğrenciler, mühendislik tasarım sürecinin problem tanımlama basamağındadır. Bu aşamada öğrencilere problem sahibi kişi ya da kurum tarafından problemi anlatan bir e-posta gelir (2.a. “Emine Hanım’ın ilk mektubu (e-posta 1). E-postanın çıktısı her bir öğrencinin MND’sine yapıştırılır.

2.a

Emine Hanım'ın İlk Mektubu (E-posta 1)

Merhaba,

Ben turizm işletmecisi Emine. Rize'de bir bina satın aldım. Bu binayı butik otele dönüştürmek istiyorum. Bu oteli turizme açabilmem için bir yangın merdiveni yaptırmam gerekiyor. Ben sizden, yangın çıkması durumunda misafirlerimizin tahliyesini sağlamak için bir yangın merdiveni tasarlamanızı istiyorum.

Bu yangın merdivenini tasarlarken güvenli tahliye ve ekonomik olma ilkesini göz önünde bulundurarak bu tasarımı nasıl yapacağınızı gerekçeleriyle açıklamanızı istiyorum. Bu benim oteli açmam için çok önemli bir durum. Bu tasarımı diğer otellerde kullanmakla birlikte başka otellere de satmayı planlıyorum. Ayrıca tasarımı en **nitelikli** şekilde gerçekleştiren grubu bir hafta boyunca kendi otelimde misafir edeceğim.

Bu projede bize yardım etmek ister misiniz?

Turizm İşletmecisi Emine

Ders

7

ORAN-ORANTI

10.7.1. Ders özeti: Bu derste öğrenciler matematik dersi konularından orantı kavramını öğrenecekler. Öğretmen, “Köprü çizimi” aktivitesiyle öğrencilere orantı kavramını keşfettirir. Öğrencilerin hazırbulunuşluklarına yönelik oran, birimli oran ve birimsiz oran kavramına yönelik ön bilgileri kontrol edilir. Öğrenci orantı kavramının tanımını kavrar ve orantıda verilen dört değer içinden bir bilinmeyeni nasıl bulacağını keşfeder. Yangın merdiveni tasarımıyla orantı konusunu ilişkilendirir. Bu konunun öğrenimi, öğrencilerin yangın merdiveninin prototipini hazırlarken küçültme işlemi yapması için hangi parçayı ne kadar küçülteceğini hesaplamasında yardımcı olacaktır.

Tablo 12.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	MND, kurşun kalem, makas, cetvel, yapıştırıcı, açı ölçer.
Kazanımlar	Kavramlar: Orantı, Doğru orantı, Ters orantı Hedef kazanım: Orantı kavramını tanımlar.
Önemli kelimeler	Birim oran, Orantı
Gerekli Çıktılar	7.a “Orantı konusu değerlendirme raporu” 7.c “Köprü çizim mektubu” 7.d “Köprü”

10.7.2. Öğretmenin bilmesi gereken ön bilgiler

***Oran:** Aynı veya farklı birimli iki niceliğin birbiri ile olan (çarpımsal) ilişkisini ifade eden matematiksel bir kavramdır.

***Birimli oran:** Farklı birimli çoklukların karşılaştırılmasına birimli oran denir.

***Birimsiz oran:** Aynı birimli çoklukların karşılaştırılmasına birimli oran denir.

***Birim oran:** Niceliklerden birinin 1 birimi için diğer niceliğin aldığı miktarın karşılaştırılmasına birim oran denir.

***Orantı:** İki oranın eşitliğini ifade eden matematiksel kavramdır.

“Köprü çizimi” aktivitesi ile ilgili bilgilendirme: Öğrencilerin oran, birimli ve birimsiz oran ile ilgili hazırbulunuşlukları açık uçlu sorularla sorgulanır. “Köprü çizimi” mektubu öğrencilere verilir. Gerçek ölçüleri verilen köprünün istenilen ölçülere göre çizimini yapmak için direk boyu verildiğinde köprünün uzunluğunun nasıl belirleneceği keşfettirilir.

Öğrenciler, köprünün direk boyunun köprünün uzunluğuna olan oranından yararlanarak çizilecek köprünün ölçüleri hakkında fikir üretir.

NOT: Tablo 12’de verilen çıktılar sınıf mevcuduna göre öğretmen tarafından çoğaltılmalıdır.

NOT: 7.a “Orantı konusu değerlendirme raporu” çıktısının cevap anahtarı, 7.b “Orantı konusu değerlendirme raporu cevap anahtarı” çıktısında yer almaktadır.

10.7.3. Sınıf Yönergesi

10.7.3.1. Grup oluşturma kurallarını, kriter ve kısıtlamanın tanımlarını, MND’yi hatırlatın. Sor: Gruplar eksiksiz bir şekilde yerini aldı mı? “Kriter ve Kısıtlama” kelimelerinin tanımlamalarını kim bize hatırlatmak ister? Grup üyeleri arasında grup kuralları oluşturuldu mu? MND’nin kullanım amacı nedir? Kısaca cevapları alın. **Öğrencilere dağıtın:** Öğrencilere MND, kırmızı kalem, mavi kalem ve yapıştırıcı dağıtılır.

10.7.3.2. Mühendislik projesi ile ilgili ne hatırladıklarını sorgulatin. Öğrencilerden mühendislik projesini hatırlatmalarını isteyin. Kriter ve kısıtlamaları sorun. Eksik kalan yönler olursa açık uçlu sorularla tamamlatın. Gerekli görüldüğü takdirde yangın merdiveni mektubunu tekrardan okumalarını isteyin. **Öğrencilere dağıtın:** Aktiviteye başlamadan önce öğrenciye 7.a “Orantı konusu değerlendirme raporu” çıktısını dağıtın ve MND’lerine yapıştırmalarını isteyin. 7.a “Orantı konusu değerlendirme raporu” çıktısında yer alan soruların cevaplarını aktiviteden önceki fikirler bölümüne yazmalarını isteyin.

NOT: 7.a “Orantı konusu değerlendirme raporu” çıktısında yer alan “aktiviteden sonraki fikirler” kısmı aktiviteden sonra doldurulacaktır. Bu uygulama, öğrencilerin aktiviteden önceki bilgilerini ve aktivite ile bu bilgilerde oluşan değişimi ortaya koyar.

Söyle: Arkadaşlar bizden istenilen probleme çözüm üretebilmek için gerekli olan bilgileri öğrenmeye bu dersimizde de devam edeceğiz. Bu konuda bize yardımcı olacak bir aktivitemiz var.

10.7.3.3. Aktivite öncesi gerekli hazırbulunmuşlukların değerlendirilmesi (Oran, Birimli oran, Birimsiz oran): Söyle: Sevgili mühendisler aktiviteye başlamadan önce hatırlamamız gereken bazı kavramlar var. **Sor:** Oran nedir? Örnek ile açıklayınız? Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “**Grup cevabı**” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Cevapları sınıf olarak tartışın. Eksik bilgi ya da kavram yanlışlığı varsa açık uçlu sorularla giderin. **Sor:** Ali 2 kg, Veli 6 kg elma satın alıyor. Ali ile Veli’nin satın aldıkları elma arasında nasıl bir ilişki vardır? Neden? Açıklayınız. Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “**Grup cevabı**” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin.

NOT: Öğrenciler Veli'nin, Ali'nin satın aldığı elmaların 3 katı kadar elma aldığını söyleyeceklerdir. Neden böyle düşündüklerini sınıf içinde tartışma ortamı yaratarak sorgulatin. **Açıkla:** Aynı veya farklı birimli iki niceliğin birbiri ile olan (çarpımsal) ilişkisini ifade eden matematiksel bir kavrama oran denir. Oran matematiksel olarak $\frac{a}{b}$; a: b ya da a/b şeklinde gösterilir. **Sor:** Birimsiz oran nedir? Örnekle açıklayınız. Öğrencilerden soruyu MND'lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “**Grup cevabı**” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Cevapları sınıf olarak tartışın. Eksik bilgi varsa açık uçlu sorularla giderin. **Örnek ver:** Bir dikdörtgenin kısa kenarı 9 cm, uzun kenarı 15 cm veriliyor. Dikdörtgenin kenar uzunlukları hangi birim ile ifade edilmiş? Dikdörtgenin kısa ve uzun kenar uzunluklarını oranladığınızda elde edilen birimler hakkında ne söyleyebilirsiniz? Öğrenciler $\frac{9cm}{15cm}$ oranında gerekli sadeleştirmeleri yaptıklarında $\frac{3}{5}$ bulacaklardır. Öğrencilerden cevapları MND'lerine not almalarını isteyin. **“Birimsiz oran” kavramını tanımla:** Bu şekilde aynı birimli çoklukların karşılaştırılmasına birimsiz oran denir.

Sor: Birimli oran nedir? Örnekle açıklayınız? Öğrencilerden soruyu MND'lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “**Grup cevabı**” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Cevapları sınıf olarak tartışın. Eksik bilgi varsa açık uçlu sorularla giderin. **Örnek ver:** “Bir araç 240 km yolu 3 saatte almaktadır.” cümlesinde yol ve zaman hangi birimlerle ifade edilmiştir? Alınan yol ile harcanan zamanı oranladığınızda elde edilen birim nedir? Öğrenciler $\frac{240km}{3saat}$ oranında gerekli sadeleştirmeleri yaptıklarında $80 \frac{km}{saat}$ bulacaklardır. **Sor:** Bulduğunuz ifadenin birimi nedir? Öğrencilerden cevapları MND'lerine not almalarını isteyin. **“Birimli oran” kavramını tanımla:** Bu şekilde farklı birimli çoklukların karşılaştırılmasına birimli oran denir.

Aktivite: “Köprü çizimi” aktivitesi

10.7.3.4. Mektubu okutun: Öğrencilere dağıtın: Öğrencilere 7.c “Köprü çizim mektubu” çıktısını dağıtın. MND'lerine bu çıktıyı yapıştırmalarını isteyin. **Söyle:** Sevgili mühendisler, ortaokul öğrencisi Ali'den bir mektup var! Bizden yardım istiyor. Şimdi Ali'ye yardımcı olabilmek için mektubu okuyalım.

10.7.3.5. Mektubu öğrencilerin anladığından emin olun. Sor: Ali bizden ne istiyor? Öğrencilerden soruyu MND'lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “**Grup cevabı**” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Cevapları sınıf olarak tartışın. **Tartışmayı özetle:** Ali, direk boyu 4 m uzunluğu 16 m olan köprüyü, gerçek boyutlarıyla aynı oranda olacak şekilde, çizmek istiyor. Bu modelde köprünün direğinin boyu 5 cm olarak çizilecek. Köprünün uzunluğunu nasıl belirleyeceğini anlatmamızı istiyor. **Sor:** Ali bu köprünün boyutlarını küçültmeden bir çizim yapabilir mi? Sizce nasıl küçültebiliriz? Bunun bir kuralı var mı? Öğrencilerden soruyu MND'lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “**Bireysel cevabım**”, sonra grup

olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “Grup cevabı” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Öğrenciler köprüyü oluşturan her bir parçanın aynı oranda küçültülmesi gerektiğini keşfeder. İstenilen cevap gelmezse açık uçlu sorularla öğrenciler yönlendirilir (Örneğin, inşaat firmalarını yapacakları binaların satışını yapabilmek için müşterilere binanın modelini hazırlarlar. Yapılan modelle binanın gerçek boyutunu düşündüğünüzde arada nasıl bir ilişki vardır?). Öğrenciler çizilecek köprünün gerçek ölçüleriyle orantılı bir şekilde çizilmesi gerektiğini keşfeder.

10.7.3.6. Çözüm üretmelerine yardımcı olun. Direk boyu 4 m uzunluğu 16 m olan köprünün modelinde direk boyu 5 cm ise uzunluğu kaç cm olmalıdır? Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “Bireysel cevabım”, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı “Grup cevabı” şeklinde yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. Farklı cevapları tahtaya not alın. **Öğrencilere dağıt:** Her grup öğrenciye bir kutu kürdan ve 7.d “Köprü” çıktısı dağıtın. **Sor:** Verilen köprünün direk boyu 1 kürdan olursa köprünün uzunluğu kaç kürdan olmalıdır? Öğrenci bir direğin bir kürdan olduğundan köprü uzunluğuna kürdanları dizerek köprünün boyunun 4 kürdan olduğunu hesaplar.

NOT: 7.d çıktısında verilen köprünün uzunluğu 4 kürdana göre ayarlanmıştır. Öğrencilerin kürdanları dizmelerinden kaynaklanan hatalar oluşabilir (4 kürdanı dizip köprü üzerinde boşluk kalması ya da kürdanların köprünün dışına tasma gibi). Bu durumlar göz ardı edilebilir.

Sor: Direk boyu ile köprünün uzunluğu arasında nasıl bir ilişki vardır? Bu ilişkiyi sayısal olarak nasıl gösteririz? Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “Bireysel cevabım” kısmına, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı formdaki “Grup cevabı” kısmına yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşmalarını isteyin. **“Birim oran” kavramını tanımla:** Niceliklerden birisinin 1 birimi için diğer niceliğin aldığı miktarın karşılaştırılmasına birim oran denir. **Sor:** Köprünün gerçek boyutlarına baktığımızda direk boyunun köprünün uzunluğuna oranı ile kürdanlardan yararlanarak elde ettiğimiz bu oran korunuyor mu? Öğrenciler $\frac{4m}{16m} = \frac{1}{4}$ eşitliğinden yararlanarak oranların korunduğunu keşfeder. Bu durumda direk boyu 4 m uzunluğu 16 m olan köprünün modelinde direk boyu 5 cm ise uzunluğu kaç cm olmalıdır? Öğrenciler $\frac{5cm}{20cm} = \frac{1}{4}$ eşitliğinden köprünün uzunluğunun 20 cm olması gerektiğini keşfeder. **“Orantı” kavramını tanımla:** Bahsettiğimiz gibi iki oranın birbirine eşit olduğu durumları ifade eden matematiksel kavrama orantı denir. $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ şeklinde gösterilir.

NOT: Öğrenciler bu sorunun çözümüne farklı şekilde cevap verebilirler. Birincisi çarpımsal ilişki, ikincisi toplamsal ilişkidir.

➤ **Çarpımsal ilişki:** Öğrenci iki farklı şekilde çarpımsal ilişki kurabilir.

a. Öğrenci direk boyunun, köprü boyuna oranından (4 m/16 m) yararlanarak “Direk boyu 5 cm ise köprü uzunluğu direk boyunun 4 katı olduğundan köprü uzunluğu 20 cm olmalıdır.” şeklinde düşünebilir.

b. “Köprünün ayağı 4 m=400 cm’den 5 cm’ye 400/5=80 kat azaldığından köprü uzunluğu da 80 kat azalarak (16m=1600cm) 1600/80= 20 cm olmalıdır” şeklinde düşünebilir.

NOT: Yukarıda verilen her iki durum için de öğrencilere iki oranın eşitliğinin sağlanıp sağlanmadığı açık uçlu sorularla kontrol ettirilmelidir.

(Örneğin birinci durum için; $\frac{4m}{16m} = \frac{1}{4}$ iken $\frac{5cm}{20cm} = \frac{1}{4}$ olup $\frac{4m}{16m} = \frac{5cm}{20cm}$ eşitliği sağlanmaktadır. İkinci durum için; $\frac{5cm}{400cm} = \frac{1}{80}$ iken $\frac{20cm}{1600cm} = \frac{1}{80}$ olup $\frac{5cm}{400cm} = \frac{20cm}{1600}$ eşitliği sağlanmaktadır.

➤ **Toplamsal ilişki:** Öğrenci toplamsal ilişki kurarak “Direk boyu 4 m = 400 cm’den 5 cm azalıyor ise, 400 cm- 5 cm = 395 cm azalmıştır. Bu nedenle köprüünün uzunluğu da 16m=1600cm den 395 azalarak 1205 cm olmalıdır.” şeklinde düşünebilir. Öğrencinin bu şekilde toplamsal ilişki kurması durumunda köprü uzunluğunun, direk boyunun 4 katı olması gerekliliği hatırlanarak 1205 cm’nin direk boyunun 4 katı olup olmadığı sorgulattır. ($\frac{5cm}{1205cm} = \frac{1}{4}$?)

Sor: Ali’nin problemini çözdünüz mü? Açıklayınız? Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “Bireysel cevabım” kısmına, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı formdaki “Grup cevabı” kısmına yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşımlarını isteyin. **Söyle:** Mühendisler iyi iş çıkardınız. Ali sizlere teşekkür ediyor.

NOT: Aktivite bittikten sonra öğrenciden 7.a. “Orantı konusu değerlendirme raporu”nda yer alan soruların cevaplarının aktiviteden sonraki fikirler bölümünü cevaplamalarını isteyin.

10.7.3.7. Mühendislik Problemi ile İlişkilendirin. Söyle: Sevgili mühendisler, bu dersimizde orantı kavramını ve bu kavramın nasıl kullanıldığını keşfettik. **Sor:** Bu öğrendiğiniz bilgiyi yangın merdiveni tasarımınızda nasıl kullanabilirsiniz? Öğrencilerden, soruyu MND’lerine yazıp önce bireysel olarak cevaplarını “Bireysel cevabım” kısmına, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı formdaki “Grup cevabı” kısmına yazmalarını isteyin. Bu kararları her gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşımlarını isteyin. Cevapları sınıf olarak tartışın. Öğrencilerin verdiği cevaplara göre, gerektiği taktirde öğrenciyi açık uçlu sorularla öğrenilen bilginin yangın merdiveni problemini çözmede nasıl kullanılacağı hususunda yönlendirin. Örneğin, eni en fazla 3 m, boyu 9 m olan bir yangın merdivenini şu anki sınıf ortamında bu boyutlara uygun bir şekilde model olarak tasarlayabilir misiniz? Bu boyutları model tasarlayacak hale nasıl getirebilirsiniz? Öğrenciler “belirli bir miktarda küçülterek yangın merdiven modeli tasarlanabilir.” cevabı verebilirler. Belirli miktar/oran kastettiğiniz nedir? Merdiveni oluşturan parçaları nasıl küçültürsünüz? gibi açık uçlu sorularla öğrencilerin oran ya da birim oran kavramlarını kullanarak merdivenin her bir parçasını nasıl küçülteceklerini keşfetmelerini sağlayın.

10.7.3.8. Mühendislere MTS’nin hangi aşamasında olduklarını sor (Öğrenme). **Sor:** Sevgili mühendisler, yaptığınız çalışmalar MTS’nin hangi adımını kapsamaktadır? neden bu adımda olduğunuzu düşünüyorsunuz? Öğrencilerden soruyu MND’lerine yazıp, önce bireysel olarak cevaplarını “Bireysel cevabım” kısmına, sonra grup olarak tartışıp verdikleri ortak kararı formdaki “Grup cevabı” kısmına yazmalarını isteyin. Bu kararları her

gruptan bir ya da iki kişiye söz hakkı vererek sınıfla paylaşımlarını isteyin. Bu sorularla birlikte öğrenci MTS’de bulunduğu basamağın tanımlamasını yapmış olacaktır.

10.7.3.9. Yeni kelimeleri açıklayın. Sor: Mühendisler bu derste öğrendiğiniz yeni kelimeler nelerdir? Öğrencilere bu kelimeler için MND’lerinde bir bölüm ayarlayıp kelimeleri ve anlamlarını not aldırın.

Kapanış

10.7.3.10. Dersi Değerlendirin. Bu derste öğrencilerden neler öğrendiklerini ve bu öğrendiklerinin yangın merdiveni probleminin çözümüne sağlayacağı katkıyı kısaca belirtmelerini isteyin. Eksik yönler kalırsa açık uçlu sorularla tamamlamalarını sağlayın.

NOT: Öğrencilerden ders bitiminde MND’leri toplayın, inceleyin ve puanlayın. Eğer eksiklik gördüğünüz noktalar var ise gerekli hazırlıkları yaparak bir sonraki ders bu eksiklikleri giderin.

Öğretmenin notları

Ders ile ilgili görüşler	Ders ile ilgili tavsiyeler

7.a

Orantı Konusu Değerlendirme Raporu

Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olup olmadıklarını nedenleriyle açıklayınız.

Orantı konusu ile ilgili bilgiler	Aktiviteden önceki fikirler	Aktiviteden sonraki fikirler
1. “Orantı iki oranın eşitliğidir.” İfadesi doğru/yanlıştır. Neden? Orantıya örnek veriniz.		
2. “ $\frac{4 \text{ saat}}{240 \text{ km}} = \frac{x}{120 \text{ km}}$ eşitliğinde $x=2$ dir.”		
3. 10 hamburger 100tl ise “1 hamburgerin fiyatı 10tl dir.” ifadesi birim oran içerir.		

7.b

Orantı Konusu Değerlendirme
Raporu Cevap Anahtarı

Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olup olmadıklarını nedenleriyle açıklayınız.

Orantı konusu ile ilgili bilgiler	Aktiviteden önceki fikirler	Aktiviteden sonraki fikirler
1. “Orantı iki oranın eşitliğidir.” İfadesi doğru/yanlıştır. Neden? Orantıya örnek veriniz.	“Orantı iki oranın eşitliğidir.” İfadesi doğrudur. Örneğin; 1 kg elma 3TL ise 2 kg elma 6 TL’dir. Elmanın kilosu iki katına çıktığında fiyatı da iki katına çıkmaktadır. Dolayısıyla $\frac{1 \text{ kg}}{3 \text{ TL}} = \frac{2 \text{ kg}}{6 \text{ TL}}$, dir.	“Orantı iki oranın eşitliğidir.” İfadesi doğrudur. Örneğin; 1 kg elma 3TL ise 2 kg elma 6 TL’dir. Elmanın kilosu iki katına çıktığında fiyatı da iki katına çıkmaktadır. Dolayısıyla $\frac{1 \text{ kg}}{3 \text{ TL}} = \frac{2 \text{ kg}}{6 \text{ TL}}$, dir.
2. “ $\frac{4 \text{ saat}}{240 \text{ km}} = \frac{x}{120 \text{ km}}$ eşitliğinde x=2 dir.”	“ $\frac{4 \text{ saat}}{240 \text{ km}} = \frac{x}{120 \text{ km}}$ eşitliğinde x=2 dir.” İfadesi doğrudur. 240 km yolu 4 saatte alan bir araç, 240 km yolun yarısı olan 120 km yolu 4 saatin yarısı olan 2 saatte alır. Yol iki kat azaldığı için sürede iki kat azalır.	“ $\frac{4 \text{ saat}}{240 \text{ km}} = \frac{x}{120 \text{ km}}$ eşitliğinde x=2 dir.” İfadesi doğrudur. 240 km yolu 4 saatte alan bir araç, 240 km yolun yarısı olan 120 km yolu 4 saatin yarısı olan 2 saatte alır. Yol iki kat azaldığı için sürede iki kat azalır.
3. 10 hamburger 100tl ise “1 hamburgerin fiyatı 10tl dir.” ifadesi birim oran içerir. Bu ifade doğru/yanlıştır. Neden?	10 hamburger 100tl ise “1 hamburgerin fiyatı 10tl dir.” ifadesi birim oran içerir. Bu ifade doğrudur. Bir hamburger için gerekli fiyatın karşılaştırılmasıdır.	10 hamburger 100tl ise “1 hamburgerin fiyatı 10tl dir.” ifadesi birim oran içerir. Bu ifade doğrudur. Bir hamburgerin fiyatı diğer hamburgerlerin fiyatı ile karşılaştırılmıştır.

7.c

Köprü Çizim Mektubu

Merhaba mühendisler

Ben Ali. Matematik ödevim için bir köprünün belli ölçülere göre çizimini yapmam gerekiyor. Çizilecek köprünün direk boyu 4 m uzunluğu ise 16 m'dir. Direğin boyutu 5 cm olacak şekilde çizim yapmak istediğimde köprünün uzunluğunu kaç cm olarak çizmem gerektiğini nasıl hesaplayabilirim? Yardımlarınızı bekliyorum.

Teşekkürler

Ali

7.d

Köprü Çizim Mektubu



Ders

11

Planlama

11.11.1. Ders özeti: Bu derste, MTS'nin planlama aşaması uygulanacaktır. Öğrenciler önceki derslerde keşfettikleri dairenin alanı, daire diliminin alanı, silindirin yüzey alanı ve oran-orantı hakkındaki bilgileri kullanarak yangın merdiveni problemini çözmek için bir tasarım planı hazırlarlar. Grup üyeleri önce MND'ye en az iki tane bireysel tasarım planı çizerler. Sonra grupta paylaşırlar. Grup içinde tasarım planları değerlendirilir ve tasarım kriterleri ile kısıtlamalarını en iyi sağlayan plan grup planı olarak seçilir. Ya da geliştirilen en uygun çözüm yolu için grup olarak yeni bir grup planı hazırlanır. Seçilen veya geliştirilen grup tasarım planı MND'ye çizilir. Tasarım planını hazırlarken yangın merdiveni için hangi malzemenin kullanılacağı kanıta dayalı bir şekilde açıklanır. Ayrıca Yangın merdiveni oluşturacak parçaların ölçülerinin nasıl belirlendiği ve gerekli malzeme miktarının nasıl hesaplanacağı da kanıta dayalı bir şekilde açıklanmalıdır. Yani tasarımda yer alan her bölüm ve alınan her karar için kanıtlar sunulmalıdır. Bu kanıtlar fen bilimleri, matematik ve teknoloji bilgilerini içermelidir.

Tablo 16.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	Mühendislik not defteri (MND), pergel, cetvel, yapıştırıcı, kırmızı ve mavi kalem
Hedef kazanımlar	Problem durumu için gerekli başarı kriterlerini ve kısıtlamaları ortaya koyar. Problem durumu için uygulanmış olan çözüm yollarını araştırır. Problem durumu için olası çözüm yolları geliştirir. Gerekli kriterlere ve kısıtlamalara uygun en iyi çözüm yoluna karar verir. Gerekli kriterleri ve kısıtlamaları dikkate alarak, ihtiyaç duyduğu malzeme ve materyallere karar verir, listeler. Belirlediği tasarımın çizimini yapar. Tasarım çiziminde kullanılacak malzemeleri gösterir. Tasarımın ne şekilde çalışacağını matematik ve fen bilimleri verileri ile destekleyerek açıklar. Belirlediği probleme yönelik geliştirdiği çözüm önerisini paylaşır.
Önemli kelimeler	Planlama, tasarım, kanıt, kanıta dayalı açıklama,
Gerekli Çıktılar	11.a "Bireysel tasarım planı 1" 11.b "Bireysel tasarım planı 2" 11.c "Grup tasarım planı" 11.e "Tasarım ve kanıt sunma formu" 11.g"Öğretmen Gözlem Formu (Planlama)"

Ders

12

Prototip Oluşturma

12.12.1. Ders özeti: Bu derste MTS'nin basamaklarından Deneme (Model oluşturma) basamağı ele alınır. Öğrenciler bu basamakta taslak tasarım modelinin prototipini yaparlar. Bu prototipi yaparken planlama basamağında karar verdikleri tasarım planını takip ederler. Öğrencilere, grup tasarım planında planladıkları prototipleri yapmaları için gerekli malzemeler, ihtiyaca uygun miktarda malzeme dükkânından alır ve karar verdikleri planın prototiplerini hazırlarlar. Hazırlanacak prototip test edilebilir olmalıdır.

Tablo 17.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	Mühendislik not defteri (MND), pergel, cetvel, yapıştırıcı, kırmızı ve mavi kalem, açı ölçer, ip, kürdan, makas, karton, cam yünü, taş yünü
Hedef kazanımlar	<ul style="list-style-type: none">*Tasarım için uygun malzemeyi temin etme, araç-gereçleri seçme, çalışma takvimi oluşturma, maliyet hesaplaması yapma ve değerlendirme süreçleri üzerinde durulur.*Tasarımı oluşturmak için gerekli aşamaları açıklar.*Teknoloji ve tasarım uygulamalarında alınması gereken güvenlik önlemlerini açıklar.*Tasarım ürünlerinin üretim süreçlerini açıklar.*Tasarımın çıkış noktası, hangi ihtiyaca cevap verdiği, nasıl yapıldığı, nasıl değerlendirildiği ve sonuçlandırıldığı üzerinde durulur.*Taslak, model, maket ve prototip kavramlarını örnekleyerek açıklar.*Tasarımı değerlendirme kriterlerini sınıflandırır.*Bir tasarımın estetik, özgün, işlevsel, yapılabilir ve sürdürülebilir olması açısından değerlendirilmesi üzerinde durulur.
Önemli kelimeler	Prototip, model, taslak, maket
Gerekli Çıktılar	12.a “Öğretmen Gözlem Formu (Deneme)” (Öğretmen için bir adet)
UYARI:	Kesici alet kullanımında dikkatli olunmalıdır! Öğrenciler toz maskesi ve eldiven giymelidir!

Ders

13

Test Etme ve Karar Verme

13.13.1. Ders özeti: Bu derste öğrenciler hazırladıkları prototipi nasıl test edeceklerine karar verirler. İstenilen problemin kriter ve kısıtlamaları sağlayıp sağlamadığı test edilir ve veriler toplanır. Testin sonucunda elde ettikleri verileri önce bireysel, sonra grup olarak değerlendirip bir rapor hazırlanır. Bu raporun sonuçlarından yapılan çıkarımlar doğrultusunda tasarımlarda gerekli görülen kısımlar geliştirilir. Tasarımların belirlenen kriterlere ve kısıtlamalara uygun olup olmadığı belirlenir. Tüm bu değerlendirmeler sonunda en uygun tasarım modeli seçilir. Hazırlanan tasarım bazen başarısızlıkla sonuçlanabilir. Bu durumun mühendisliğin bir parçası olduğu ve bu başarısızlığın onların azim ve kararlılığını etkilememesi gerektiği öğrencilere anlatılır.

Tablo 18.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	MND, kırmızı ve mavi kalem, 2 adet mum, kibrit, cetvel, tepsi, kronometre (bir grup için)
Hedef kazanımlar	*Tasarımı test eder. *Test sonuçlarını değerlendirir. *Tasarımlarda kullanılan malzeme miktarını ve malzemelerin yanıcılığını karşılaştırırlar. *Tasarımların belirlenen kriterlere ve kısıtlamalara uygun olup olmadığını belirler. *Test sonuçlarına uygun olarak tasarımını geliştirir. *Tasarım modeli için uygun geliştirme önerilerini belirler ve sunar.
Önemli kelimeler	Test etme
Alınacak çıktılar	13.a “Prototipin test sonuçlarını değerlendirme raporu” (Her bir öğrenci için) 13.c “Öğretmen Gözlem Formu” (Öğretmen için) 14.e. “Emine Hanım’dan Mektup e-posta 3”
Yapılması gereken uyarılar	UYARI: Prototipler öğretmen gözetiminde test edilmelidir. Prototipin alev alma durumuna karşı altına tepsi konmalıdır. Öğrenciler toz maskesi ve eldiven giymelidir!

Ders

14

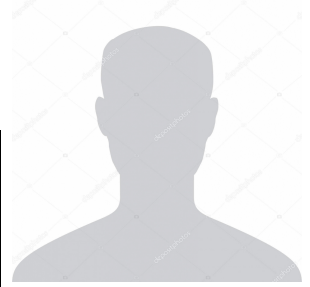
Yeniden Tasarlama

14.14.1. Ders özeti: Bu derste prototip testlerinde başarısız olan gruplar yeniden tasarlama sürecine başlar. Tasarımın eksik yanlarını tartışarak bu hatanın MTS'nin hangi adımından kaynaklandığını belirler. Ders 13. test etme ve karar verme dersinde öğrenciler, diğer gruplardan aldıkları dönütleri de göz önünde bulundurarak grup olarak tartışıp belirlenen basamaktaki eksikliklerle ilgili ek çalışmaların neler olacağını tek tek MND'lerine yazarlar. Yapılan çalışmalar ışığında tasarımlar yeniden geliştirilir. Tekrar test edilerek veriler toplanır ve MND'ye karar verme sürecinde kullanılmak üzere kaydedilir.

Tablo 19.

Gerekli zaman	40'
Kullanılacak materyaller	MND, kırmızı ve mavi kalem, 2 adet mum, kibrit, cetvel, tepsi, kronometre (bir grup için)
Hedef kazanımlar	* Tasarımı değerlendirdikten sonra elde ettiği veriler ve önerilere göre tasarımını yeniden yapılandırır. *Yeniden oluşturduğu tasarımı test eder. *Tasarımlar kriter ve kısıtlamalara göre değerlendirilir.
Önemli kelimeler	Yeniden tasarlama
Alınacak Çıktılar	14.a “Yeniden Tasarlama Grup Tasarım Planı” (Her bir öğrenci için) 14.b “Yeniden Tasarım Test Sonuçlarını Değerlendirme raporu” (Her bir öğrenci için) 14.d “Öğretmen Gözlem Formu (Yeniden Tasarlama)” (Öğretmen için) 14.e “Emine Hanım’dan Mektup e-posta 3” (Her bir öğrenci için) 14.f “Final Sunum Değerlendirme” (Öğretmen için)

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Esra Yılmaz Bilir
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Atatürk Üniversitesi
Fakülte	Fen-Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Matematik Bölümü
Mezuniyet Yılı	2007

Yüksek Lisans	
Üniversite	Atatürk Üniversitesi
Enstitü Adı	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Programı	Tezsiz Yüksek Lisans
Mezuniyet Tarihi	2008

Makale ve Bildiriler	
Bilir, E. Y. (2021, May). Development of a Mathematics Based Stem Module and Investigation of Its Effectiveness. In <i>INTERNATIONAL ONLINE CONFERENCE ON MATHEMATICS EDUCATION MAY, 26-29, ISTANBUL/TURKEY</i> (p. 136).	