

**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FEN EĞİTİMİNDE MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLERİNİN VE ÖĞRETMEN
ADAYLARININ MATEMATİKSEL MODELLEME YETERLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Adem KENAN

Danışman: Prof. Dr. Recep POLAT

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI**

**ERZİNCAN
2022**

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Recep POLAT danışmanlığında, Adem KENAN tarafından hazırlanan bu çalışma .../.../2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak oy birliği oyçokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan :

İmza:

Üye :

İmza:

Üye :

İmza:

Üye :

İmza:

Üye :

İmza:

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunun / / 20.... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Çağrı ÇIRAK

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Fen Eğitiminde Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Geliştirilmesi ve Fen Bilgisi Öğretmenlerinin ve Öğretmen Adaylarının Matematiksel Modelleme Yeterliklerinin İncelenmesi” isimli “Doktora” tezime tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. --/--/--

Adem KENAN

ÖZET

Doktora Tezi

FEN EĞİTİMİNDE MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLERİNİN VE ÖĞRETMEN ADAYLARININ MATEMATİKSEL MODELLEME YETERLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Adem Kenan

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep POLAT

Fen eğitiminde matematiksel modelleme (MM) üzerine yapılan bu çalışmanın üç temel amacı vardır. Bu amaçlardan ilki fen eğitimi için matematiksel modelleme etkinlikleri(MME) geliştirmek, ikincisi fen bilgisi öğretmenlerinin (FBÖ) ve öğretmen adaylarının (FBÖA) matematiksel modelleme yeterliklerini(MMY) incelemek, üçüncüsü ise MM'yi deneyimleyen FBÖ ve FBÖA'nın MM'ye yönelik görüşlerini elde etmektir. İlk amaç doğrultusunda dört akademisyen ve on iki FBÖA ile ikinci amaç doğrultusunda dört FBÖA ve sekiz FBÖ ile üçüncü amaç doğrultusunda dokuz FBÖ ve FBÖA ile nitel bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada tasarım tabanlı araştırma, durum çalışması ve olgu bilim desenleri kullanılmıştır. Doküman inceleme, görüşme ve gözlem teknikleri ile araştırmanın verileri elde edilmiştir. İki fizik, iki kimya ve iki biyoloji konusu üzerine tasarlanan altı video tabanlı MME, model oluşturma prensiplerine (Lesh vd.,2000) uygunluk açısından Erbaş vd. (2013)' nin MM problemi değerlendirme ölçütleri kullanılarak betimsel analize tabi tutulmuştur. MMY'ni belirlemek için Borromeo Ferri (2006)'nin MMY doğrultusunda Çakmak (2018)'in revize ettiği alt yeterlikler gözetilerek betimsel analiz uygulanmıştır. MM'ye yönelik görüşleri elde etmek için ise içerik analizinden faydalanılmıştır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda geliştirilen MME'nin altısının da 5 prensibe tamamen, 1 prensibe ise kısmen uygun olduğu tespit edilmiştir. MMY incelendiğinde ise süreç içerisinde katılımcıların MMY'nin geliştiği, en başarılı oldukları MMY'nin anlama, en başarısız oldukları MMY'nin ise basitleştirme ve yapılandırma olduğu görülmüştür. Literatürün aksine matematiksel sonuçlardan gerçek sonuçlara ulaşmakta sorun yaşanmadığı tespit edilmiştir. Yeni mezun FBÖ ve deneyimli FBÖ'nin MMY eşit düzeyde iken, FBÖA'nın MMY'nin daha az olduğu görülmektedir. Süreçte en az biyoloji ve kimya, en çok fizik konularında yeterlik sergilenmiştir. Görüşmeler sonucunda, uygulama öncesi katılımcıların MM bilgisine sahip olmadıkları, sonrasında ise MM'ye yönelik algılarının geliştiği ortaya çıkmıştır. Fene yönelik MM çalışmalarının artırılması, asgari lisans düzeyinde MM derslerinin verilmesi ve hizmet içi eğitimlerle MM uygulamalarını deneyimlendirme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

2022, 195 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Fen eğitimi, Matematiksel modelleme, Matematiksel modelleme etkinlikleri, Matematiksel modelleme görüşleri, Matematiksel modelleme yeterlikleri

ABSTRACT

Doctorate Thesis

DEVELOPING MATHEMATICAL MODELING ACTIVITIES in SCIENCE EDUCATION and INVESTIGATING MATHEMATICAL MODELING COMPETENCIES of SCIENCE TEACHERS and TEACHER CANDIDATES

Adem Kenan

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mathematics and Science Education

Supervisor: Prof. Dr. Recep POLAT

This study on the use of mathematical modeling (MM) in science education has three main aims. The first of these aims is to develop mathematical modeling activities (MMA) for use in science education, the second is to examine the mathematical modeling competencies (MMCs) of pre-service science teachers and teachers, and the third is to obtain the views of pre-service science teachers and teachers who have experienced MM. A qualitative research was conducted with 4 academicians and 12 science teacher candidates in line with the first purpose, with 12 science teacher candidates and teachers in line with the second purpose, and with 9 science teacher candidates and teachers in line with the third purpose. In the research, design-based research, case study and phenomenology patterns were used. The data of the research were obtained by document analysis methods, interview and observation techniques. 6 video-based MMAs designed on 2 physics, 2 chemistry, and 2 biology topics were analyzed with descriptive analysis by means of Erbaş et al. (2013)'s evaluation criteria in accordance of principles of Model Eliciting Activity (MEA) (Lesh et al.,2000). In order to determine MMCs, descriptive analysis was used by considering the competencies of Borromeo Ferri (2006) and sub-competencies revised by Çakmak (2018). Content analysis was used to obtain views on MM. As a result of the analysis of the data obtained, it was determined that all six of the MMAs were fully compatible with 5 principles and partially compatible with 1 principle. As a result of MMCs' examination, MMCs develop in the process, the most successful competence is understanding, and the most unsuccessful competence is simplification and structuring. Contrary to the literature, it has been determined that there is no problem in reaching real results from mathematical results. While it is seen that newly graduated science teachers and experienced science teachers have an equal level of MMC, it is seen that science teacher candidates have less MMC. In the process, MMCs were performed in biology and chemistry at least, and in physics at most. As a result of the interviews, it is concluded that the participants did not have MM knowledge before the application, and then their perceptions about MM were formed. It is recommended to increase MEAs studies for science, to give MM courses at minimum undergraduate level.

2022, 195 pages.

Keywords: Mathematical modeling, Mathematical modeling competencies, Model eliciting activities, Science education, Views on mathematical modeling

TEŞEKKÜR

Öncelikli olarak lisansüstü eğitimim sürecinde her açıdan en büyük desteğim olan, her zaman beni ileri taşıyan ve bana daima güç veren danışmanım Prof. Dr. Recep Polat'a sonsuz teşekkürü borç bilirim. Bu tezin ortaya çıkmasında fikirleri ve deneyimiyle bana rehber olan Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Çakmak Gürel'e, özellikle motivasyon ve yaratıcılık açılarından bana destek olan, düştüğüm noktalarda beni ayaklandıran Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül Dinç'e, çalışmama özgün bakış açısı ve fikirleriyle değer katan Arş. Gör. Üzeyir Yeniçeri'ye, özverilerini esirgmeden çalışmama bilgi ve tecrübelerini aktaran Prof. Dr. Güldem Dönel Akgül, Prof. Dr. Mehmet Bekdemir, Doç. Dr. Faruk Kardaş ve Dr. Öğr. Üyesi M. Said Akar hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca sabırla ve itinayla katılım sağlayan, değerli vakitlerini ayırcan geleceğin öğretmenleri ve öğretmen arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında bıkmadan usanmadan arkamda duran ve bugünlere gelmemi sağlayan annem Hanım Kenan'a, babam Neşet Kenan'a, abilerim Battal Kenan'a ve Erdal Kenan'a, ablam Meryem Kenan Kul'a minnettarım.

Son olarak, hayatıma renk katan çalışma molalarımın neşe kaynağı, etrafımda gezinen mutluluk olarak tanımladığım kara kedim Luna' ya kocaman bir teşekkür iletiyorum.

Adem KENAN

Haziran, 2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER.....	9
2.1.Matematiksel Modelleme Süreci ve Bileşenleri.....	9
2.2. Fen Eğitiminde Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Geliştirmeye Yönelik Çerçeve.....	24
2.3. Fen Eğitiminde Matematiksel Modelleme Çalışmaları.....	31
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. Araştırma Deseni	35
3.1.1 Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi	36
3.1.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi	37
3.1.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinin incelenmesi.....	37
3.2. Araştırma Grubu	37
3.2.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi araştırma grubu	38
3.2.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi araştırma grubu	39
3.2.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin incelenmesi araştırma grubu	39
3.3. Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Süreci	41
3.3.1. Doküman inceleme	41
3.3.1.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi	41
3.3.2. Gözlem.....	47
3.3.2.1. Matematiksel modelleme ortamının tasarlanması	47
3.3.3. Görüşme.....	50
3.4.Verilerin Analizi.....	51
3.4.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin analizleri	51
3.4.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin analizleri	52

3.4.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin analizleri.....	57
3.5 Geçerlik Çalışmaları.....	59
3.5.1. Veri çeşitleme (Üçgenleme)	59
3.5.2. Uzun süreli etkileşim	59
3.5.3. Katılımcı onayı	59
3.5.4. Uzman incelemesi.....	59
3.6. Güvenilirlik Çalışmaları	60
3.6.1. Değerlendiriciler arası uyum	60
3.7. Etik Durumlar.....	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	62
4.1. Matematiksel Modelleme Etkinliklerine İlişkin Bulgular.....	62
4.2. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Bulgular.....	71
4.2.1. Melisa Projesi etkinliği bulgular.....	72
4.2.1.1. Melisa Projesi anlama yeterliklerine ilişkin bulgular	73
4.2.1.2. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	74
4.2.1.3. Melisa Projesi matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular....	75
4.2.1.4. Melisa Projesi etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular..	77
4.2.1.5. Melisa Projesi etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular	78
4.2.2. Reflü etkinliği bulgular	79
4.2.2.1. Reflü etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular	79
4.2.2.2. Reflü etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	80
4.2.2.3. Reflü etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular ...	82
4.2.2.4. Reflü etkinliğinin genel değerlendirmesi.....	84
4.2.2.5. Reflü etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular	85
4.2.3. Yüzen Evler Projesi Bulgular	88
4.2.3.1. Yüzen Evler etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular.....	88
4.2.3.2. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	89
4.2.3.3. Yüzen Evler etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular	91
4.2.3.4. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma yeterlikleri	94
4.2.3.5. Yüzen Evler etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular	95

4.2.3.6. Yüzen Evler etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular	97
4.2.4. Plastik Bakterileri etkinliği bulgular.....	98
4.2.4.1. Plastik Bakterileri etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular	98
4.2.4.2. Plastik Bakteriler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	99
4.2.4.3. Plastik Bakteriler etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular	101
4.2.4.4. Plastik Bakterileri etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular	104
4.2.4.5. Plastik Bakterileri etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular	105
4.2.5. Ozon etkinliği bulgular	106
4.2.5.1. Ozon etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular	106
4.2.5.2. Ozon etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	107
4.2.5.3. Ozon etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular..	110
4.2.5.4. Ozon etkinliği matematiksel çalışma yeterliklerine ilişkin bulgular .	112
4.2.5.6 Ozon etkinliği yorumlama yeterliklerine ilişkin bulgular.....	113
4.2.5.7. Ozon Etkinliği doğrulama yeterliklerine ilişkin bulgular	115
4.2.5.8. Ozon etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular	116
4.2.5.9. Ozon etkinliği yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular	117
4.2.6. Kaydırak etkinliği bulguları.....	120
4.2.6.1. Kaydırak etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular	120
4.2.6.2. Kaydırak etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular	121
4.2.6.3. Kaydırak etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular	123
4.2.6.4. Kaydırak etkinliği matematiksel çalışma yeterliklerine ilişkin bulgular	126
4.2.6.5. Kaydırak etkinliği yorumlama yeterliklerine ilişkin bulgular	127
4.2.6.6. Kaydırak etkinliği doğrulama yeterliklerine ilişkin bulgular.....	129
4.2.6.7. Kaydırak etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular.....	130
4.2.6.8. Kaydırak etkinliği yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular.....	132
4.3. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının ve Öğretmenlerinin Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşlerine İlişkin Bulgular	142
4.3.1. Matematiksel modelleme algısına yönelik görüşler	143

4.3.2. Matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik görüşler	146
4.3.3. Matematiksel modellemenin fen öğretimine katkılarına yönelik görüşler	148
4.3.4. Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımına yönelik görüşler	150
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	157
5.1. Geliştirilen Matematiksel Modelleme Etkinliklerine Yönelik Tartışma ve Sonuç	157
5.2. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine Yönelik Tartışma ve Sonuç	159
5.2.1. Anlama yeterliği	159
5.2.2. Basitleştirme ve yapılandırma yeterliği	159
5.2.3 Matematikselleştirme yeterliği	160
5.2.4. Matematiksel çalışma yeterliği	162
5.2.5. Yorumlama yeterliği	163
5.2.6. Doğrulama yeterliği	163
5.3. Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşlere İlişkin Tartışma ve Sonuç	168
5.3.1. Matematiksel modelleme algısına yönelik görüşler	168
5.3.2. Matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik görüşler	169
5.3.3. Matematiksel modellemenin fen öğretimine katkılarına yönelik görüşler	169
5.3.4. Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımına yönelik görüşler	169
5.3.5. Matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimlenmesine yönelik görüşler	170
6. ÖNERİLER	171
6.1. MME Geliştirme Çalışmaları İçin Öneriler.....	171
6.2. Matematiksel modelleme yeterliklerini incelemek için öneriler	171
6.3. Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşler İçin Öneriler	173
KAYNAKLAR	174
EKLER.....	186
Ek-1. Reflü Etkinliğinin Yazılı Versiyonu	187
Ek-2. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Değerlendirme Formu	188
Ek-3. Etkinlik Formu.....	189
Ek-4. Yansıtıcı Günlük Görüşme Formu	190
Ek-5. Matematiksel Modelleme Görüşme Formu	191
Ek-6. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu.....	192
Ek-7. MEB Araştırma İzni	194
Ek-8. Etik Kurul Onayı	195

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Doğada bir an görseli	2
Şekil 1.2. Doğada bir anda fen ve matematik	2
Şekil 2.1. Müller ve Wittmann'ın modelleme süreci yapısı.....	11
Şekil 2.2. Mason (1988)'un modelleme basamakları.....	11
Şekil 2.3. Doerr (1997)' in matematiksel modelleme döngüsü	12
Şekil 2.4. Borromeo-Ferri (2006)'in matematiksel modelleme döngüsü.	13
Şekil 2.5. Matematiksel modelleme döngüsüne ilişkin örnek (Leiss ve Blum, 2010)....	15
Şekil 2.6. Maaß (2006)' in modelleme döngüsü	18
Şekil 2.7. Maaß (2006) alt yeterlikleri	19
Şekil 2.8. Galbraith ve Stillman (2006) ve Stillman vd. (2007)'nin MMY	20
Şekil 2.9. Büyük ayak problemi	29
Şekil 2.10. Berlin hava yolları etkinliği	30
Şekil 2.11. Nasıl Depolayalım Etkinliği	30
Şekil 3.1. Tasarım tabanlı araştırmanın uygulama basamakları	36
Şekil 3.2. Modelleme etkinliklerine erişim kodları.....	43
Şekil 3.3. Çalışmanın online yürütülmesi sürecinden enstantane	50
Şekil 3.4. Çalışma süreci ve materyalleri.....	51
Şekil 4.1. A8 kodlu FBÖA'nın oluşturmaya çalıştığı matematiksel yapı.....	63
Şekil 4.2. A6 kodlu FBÖA'nın fen ve matematik kavramlarını kullanımı	64
Şekil 4.3. Öğretmen adaylarının etkinliklerde kullandığı farklı temsil biçimleri	64
Şekil 4.4. A7 kodlu FBÖA'nın OZ etkinliğinde ortaya koyduğu problem durumları	65
Şekil 4.5. A9 kodlu FBÖA'nın YE'nin gerçek yaşam durumuna ilişkin ifadeleri	66
Şekil 4.6. A11 kodlu FBÖA'nın YE' de ortaya koyduğu farklı düşünceler	66
Şekil 4.7. A12 kodlu FBÖA'nın çalışmasını değerlendirmesi.....	68
Şekil 4.8. A2 kodlu FBÖA'nın fikirlerin tartışılmasına yönelik görüşleri	69
Şekil 4.9. A1 kodlu FBÖA'nın çalışmalarının paylaşımı üzerine görüşleri	70
Şekil 5.1. Matematiksel modelleme yeterlikleri grafiği	166

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. MMY gelişimi için teşvik edici sorular	23
Tablo 2.2. Matematiksel etkinliklere ilişkin sınıflandırmalar	26
Tablo 2.3. Tezlerin bilim dallarına göre dağılımı	31
Tablo 3.1. Katılımcılara ait demografik bilgiler	38
Tablo 3.2. Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler	40
Tablo 3.3. Araştırma grubu ve yürütülen çalışmalar.....	40
Tablo 3.4. Modelleme kullanılmak üzere tasarlanan etkinlikler.....	42
Tablo 3.5. Matematiksel modelleme döngüsüne ait seviyelerin tanımları ve göstergeleri	53
Tablo 3.6. Matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri	55
Tablo 3.7. Matematiksel modelleme görüşlerine ilişkin tema, kategoriler ve kodlar.....	58
Tablo 3.8. Analizler arasındaki uyum	60
Tablo 4.1. Matematiksel modelleme etkinlikleri uzman görüşlerinin değerlendirilmesi.....	63
Tablo 4.2. Modelleme etkinliklerinin değerlendirmesi.....	71
Tablo 4.3. Melisa Projesi problem durumuna ilişkin ifadeler.....	73
Tablo 4.4. Melisa Projesi anlama yeterliği değerlendirme sonuçları.....	73
Tablo 4.5. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırmaya ilişkin ifadeler	74
Tablo 4.6. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi	75
Tablo 4.7. Melisa Projesi etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler ...	76
Tablo 4.8. Melisa Projesi matematiksel işlemler yeterliği değerlendirmesi	77
Tablo 4.9. Melisa Projesinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler.....	77
Tablo 4.10. Melisa Projesi'nde matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler.....	78
Tablo 4.11. Reflü etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler	80
Tablo 4.12. Reflü etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi	80
Tablo 4.13. Reflü etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine yönelik ifadeler	81
Tablo 4.14. Reflü etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi.....	82
Tablo 4.15. Reflü etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler	83
Tablo 4.16. Reflü etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi.....	84
Tablo 4.17. Reflü etkinliği matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler	85
Tablo 4.18. Reflü etkinliği matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler.....	85
Tablo 4.19 Yüzen Evler etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler	88

Tablo 4.20. Yüzen Evler etkinliği anlama yeterliliği değerlendirme sonuçları	89
Tablo 4.21. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler	90
Tablo 4.22. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi	91
Tablo 4.23. Yüzen Evler etkinliğinin matematikselleştirme aşamasına ilişkin ifadeler	92
Tablo 4.24. Yüzen Evler etkinliği matematikselleştirme yeterliği değerlendirmesi	94
Tablo 4.25. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler	94
Tablo 4.26. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma yeterliği değerlendirmesi	95
Tablo 4.27. Melisa Projesinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler	96
Tablo 4.28. Yüzen Evler etkinliği matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler	96
Tablo 4.29. Plastik Bakterileri etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler	99
Tablo 4.30. Plastik Bakterileri etkinliği anlama yeterliği değerlendirmesi	99
Tablo 4.31. Plastik Bakterileri etkinliği basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler	100
Tablo 4.32. Plastik Bakteriler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi	101
Tablo 4.33. Plastik Bakterileri etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler	103
Tablo 4.34. Plastik Bakterileri etkinliğinde matematikselleştirme yeterliklerinin değerlendirmesi	104
Tablo 4.35. Plastik Bakterileri etkinliğinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler	104
Tablo 4.36. Plastik Bakteriler etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri	105
Tablo 4.37. Ozon etkinliğinde problemi anlama sürecine ilişkin ifadeler	107
Tablo 4.38. Ozon etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi	107
Tablo 4.39. Ozon etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler	108
Tablo 4.40. Ozon etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi	109
Tablo 4.41. Ozon etkinliği matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler	111
Tablo 4.42. Ozon etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi	112
Tablo 4.43. Ozon etkinliğinde matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler	113
Tablo 4.44. Ozon etkinliği matematiksel işlemler yeterliği değerlendirmesi	113
Tablo 4.45. Ozon etkinliğinin yorumlama aşamasına ilişkin ifadeler	114
Tablo 4.46. Ozon etkinliğinin yorumlama yeterliği değerlendirmesi	115
Tablo 4.47. Ozon etkinliğinde doğrulama sürecine ilişkin ifadeler	115

Tablo 4.48. Ozon etkinliği doğrulama yeterliklerinin değerlendirmesi	116
Tablo 4.49. Ozon etkinliği matematiksel modelleme sũrecindeki yeterlikler	117
Tablo 4.50. Ozon etkinliği matematiksel modelleme dũngũlerinde ilerlemeler	117
Tablo 4.51. Kaydırak etkinliği problemi anlama sũrecine ilişkin ifadeler.....	120
Tablo 4.52. Kaydırak etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi	121
Tablo 4.53. Kaydırak etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma sũrecine ilişkin ifadeler	122
Tablo 4.54. Kaydırak etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi	123
Tablo 4.55. Kaydırak etkinliğinin matematikselleştirme sũrecine ilişkin ifadeler	125
Tablo 4.56. Kaydırak etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi.....	126
Tablo 4.57. Kaydırak etkinliğinin matematiksel çalışma sũrecine ilişkin ifadeler	127
Tablo 4.58. Kaydırak etkinliği matematiksel işlemler yeterlikleri değerlendirmesi.....	127
Tablo 4.59. Kaydırak etkinliği yorumlama sũrecine ilişkin ifadeler	128
Tablo 4.60. Kaydırak etkinliği yorumlama yeterlikleri değerlendirmesi.....	128
Tablo 4.61. Kaydırak etkinliğinin doğrulama aşamasına ilişkin ifadeler	129
Tablo 4.62. Kaydırak etkinliği doğrulama yeterliklerinin değerlendirmesi.....	130
Tablo 4.63. Kaydırak etkinliği matematiksel modelleme sũrecindeki yeterlikler	131
Tablo 4.64. Kaydırak etkinliğinde matematiksel modelleme dũngũlerindeki ilerlemeler	131
Tablo 4.65. Matematiksel modellemeye ilişkin elde edilen temalar, kategoriler ve kodlar	143
Tablo 4.66. Tanım kategorisinin kod ve frekansları	144
Tablo 4.67. Yeterlikler kategorisinin kod ve frekansları	146
Tablo 4.68. Fen okuryazarlığı kategorisinin kod ve frekansları	148
Tablo 4.69. MME kullanımı temasına ilişkin kategoriler ve kodlar	150
Tablo 4.70. Koşullar kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar	151
Tablo 4.71. Konular kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar	153
Tablo 4.72. Deneyimleme kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar.....	155

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
f	Frekans

Kısaltmalar

BP	Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi
FBÖ	Fen Bilgisi Öğretmenleri
FBÖA	Fen Bilgisi Öğretmen Adayları
GP	Gerçeklik Prensibi
KA	Kaydırak Etkinliği
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MGP	Model Genelleştirme Prensibi
MM	Matematiksel Modelleme
MMD	Matematiksel Modelleme Döngüsü
MME	Matematiksel Modelleme Etkinlikleri
MMS	Matematiksel Modelleme Süreci
MMY	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri
MOP	Model Oluşturma Prensipleri
MP	Melisa Projesi Etkinliği
OZ	Ozon Etkinliği
ÖP	Öz Değerlendirme Prensibi
PB	Plastik Bakterileri Etkinliği
PP	Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi
RE	Reflü Etkinliği
YE	Yüzen Evler Etkinliği

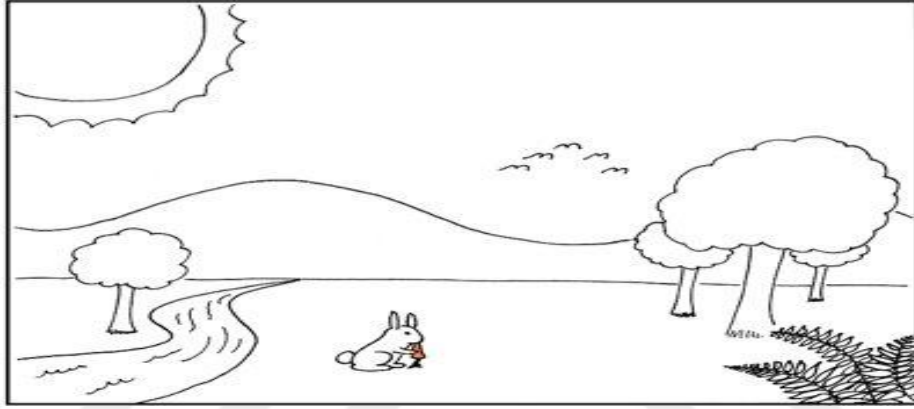
1.GİRİŞ

İnsan merakı, onu var olduğu her alanı tanımaya, tanımlamaya, anlamaya ve değiştirmeye yönlendirmiştir. ‘Anlamak çabası’ mağara resimlerindeki hayvan figürlerinden, Mısır Piramitlerindeki gökyüzü çizimlerine; Antik Yunan’daki bilim anlayışının aritmetik, astronomi, müzik ve geometriyi kutsayan *quadrivium* felsefesinden, İslam âlimlerinin ‘varlığı hesaplamak’ için ürettiği sayı sistemlerine; Aydınlanma anlayışı ile pozitif bilimlerin insan haklarına paralel şekilde yükselişinden, modern çağın savaş anlayışına yön veren, kitlesel yıkımlara sebep olan savaş bilimine; varlık ve yokluk meselesini fiziksel paradigmalara yeniden tanımlayan Schrödinger’den, fizik probleminden çıkıp, felsefeye ve hatta psikolojiye taşan kuantum çalışmalarına kadar bilimdeki her bir hareket, varlığı ve dolayısıyla çevresiyle birlikte insanı yeniden tanımlamaktadır.

Maksim Gorki bilimi “aklın şiiri” olarak ifade etmektedir. Dolayısıyla insan aklı yani us, logos, merak içgüdüsünün yönlendirilmesiyle insanoğlunu durmaksızın atılımlar yapmaya zorlamaktadır. Bilim tarihinin mirası çok yol kat etmiş olmasına rağmen, yaşamı biyolojik açıdan, metafiziksel açıdan, fiziksel açıdan, matematiksel açıdan anlamımıza yardımcı olmak için henüz yolun başındadır. Bu miras, insan ırkını aydınlatmak için yine prensiplerini bilimin köklerinden alan eğitim anlayışları ile çoğalmaktadır. Yeni nesiller bilim eğitiminde yenilikçi paradigmalara ‘anlamak çabası’ nı geçmiş anlamak ve geleceği yeniden tanımlamak için şekillendirmektedir.

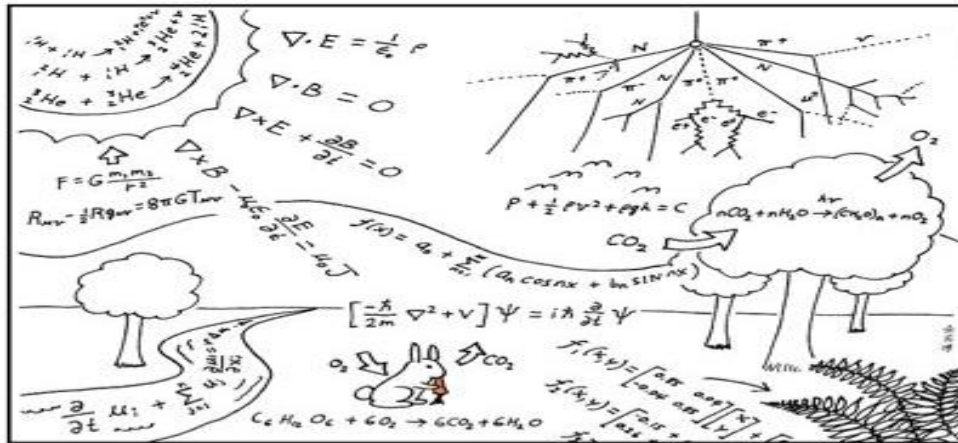
Bilim, insanın var olanı ve varlığını *anlaması çabasıyla* başlamakta ve gelişmektedir. İnsanoğlu çevresinde olup biteni, içerisinde yaşadığı tabiatı anlamaya çalışırken keşfetmektedir. Aslında tüm büyük bilimsel atılımlar, keşiflerin sonucunda meydana gelmektedir. Nitekim Isaac Newton’un yerçekimi yasası üzerine düşünmesi onun icat etme değil keşfetme içgüdüsüyle ivmelenmiştir. Hâlihazırda var olan her şeyi gözlemleyen insanoğlu, matematiğin ve fen bilimlerinin dilini kullanarak doğadaki olaylarını anlamakta, açıklamakta, çözümlemekte ve keşfetmektedir. Dolayısıyla fen, insanın kendisini ve çevresini anlaması açısından, aynı kökenlere sahip olduğu matematiksel sistemlerden de yararlanarak insanlara bir perspektif kazandırmaktadır.

Fenin ve matematiğin bir dişlinin çarkları gibi hareket ettiği ve birbiriyle iç içe olduğu söylenebilir. Bir bardağın yere düşmesi ve kırılması, hayatımızın akışında oldukça olağan bir durum iken aslında içerisinde kütle çekiminden serbest düşüşe, hava direncinden momentuma ve makro-mikro seviyelerde onlarca olgu, kavramı, kuramı, hipotezi, denklemi, teoriyi kapsayan kozmopolit bir olaydır. Bunun gibi evren sınırlarında gerçekleşen her olay bilime ışık aralayan kapı olarak görülebilir. Bu kapının anahtarlarının ise fen ve matematik olduğu söylenebilir. Fenin ve matematiğin hayatımızda her anında ve alanında farkındalığımız olmadan işleyişini anlamak için Şekil 1.1’ de sunulan doğada bir an görseli üzerinde muhakeme yapılabilir.



Şekil 1.1. Doğada bir an görseli

Şekil 1.1’ de sunulan resim güneşli bir gün ortasında, dağların derinliklerinden aldığı sularla kendine yol yapan bir ırmak kenarında havucunu yemekte olan bir tavşan, pastoral bir sunum yapıyor şeklinde tasvir edilebilir. Gerçekte bir bilim insanı bu görseli nasıl tanımlayabilir sorusuna ise Şekil 1.2 incelendiğinde cevaplar bulunabilir.



Şekil 1.2. Doğada bir anda fen ve matematik

Şekil 1.2 incelendiğinde doğada oldukça sıradan bir an içerisinde birden çok fen ve matematik olduğu gözlemlenebilir. Nehrin debisi, kuşların kanat çırpmasındaki aerodinamik, ağaçların fotosentez yapması, tavşanın solunumuyla karbondioksit açığa çıkarması, güneşte gerçekleşen tepkimelerin gösterimi sayesinde fen ve matematiğin uyumundan ve ahenginden bahsetmek mümkündür.

Görüldüğü üzere fenin ve matematiğin birbirleriyle güçlü ve sıkı bir bağıntısının varlığından söz edilebilir. Eğitim açısından düşünüldüğünde ise öğrencilerin matematik ve fen ile ilgili bilgilerini derslerde kullanmaları gerektiği birçok çalışmada ifade edilmektedir (Steinberg vd., 1997; Marshall vd., 2007; Başkan, 2011). Fen bilimleri sayesinde öğrenciler matematikteki soyut kavramları açıklarken, matematik sayesinde ise fen bilimlerindeki derin anlamaları algılamaktadırlar. (Başkan, 2011).

Eğitimde, fen ve matematiğin birlikte ve etkin bir şekilde kullanımını sağlayan yöntemlerden birisi matematiksel modellemedir. Matematiksel modelleme, günlük hayatta karşılaşılan durumlara anlam vererek matematik ve fen bilimleri arasında bağ kurma açısından önemli görülmektedir (Kaiser, 2005; Başkan, 2011; Guerrero-Ortiz ve Mena-Lorca, 2017; Deniz, 2018; Gürbüz ve Doğan, 2019). Matematiksel modelleme çalışmaları gerçek hayatla ilişkilendirme yapılmasını sağlayarak fen bilimleri ve matematik alanlarında uygulanıp kullanılmakta ve bu alanların ilişkilendirilmesinde yardımcı olmaktadır (Prins vd., 2009; Sağlam-Arslan ve Arslan, 2010; Doruk, 2010; Başkan, 2011; Guerrero-Ortiz ve Mena-Lorca, 2017; Deniz, 2018; Gürbüz ve Doğan, 2019).

Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Alan yazında matematik ve fen bilimleri arasındaki sınırın, modern bilimlerin disiplinler arası çalışma anlayışını yansıtmadığı, geleneksel konu odaklı öğretim programının bir alternatifi olarak matematik ve fen derslerinin bütünleştirildiği yenilikçi bir öğretim programının geliştirilmesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır (Michelsen, 2006; Başkan, 2011; Guerrero-Ortiz ve Mena-Lorca, 2017; Deniz, 2018; Gürbüz ve Doğan, 2019). Bu disiplinlerin öğretimi arasındaki boşluğu kapatmada fen bilgisi derslerinde matematiksel

modellemeye yer verilmesi önemli bir yer edinmektedir (Başkan, 2011; Gürbüz ve Doğan, 2019).

Yapılan araştırmalar, öğrencilerin matematiksel model oluşturma sürecindeki yeterliklerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir (Frejd ve Ärleback, 2011; Gatabi ve Abdolapour, 2013). Bu nedenle eğitim ve öğretim sürecinin matematiksel modelleme faaliyetlerinin yaptırılması yönünde düzenlenmesi gerektiği söylenebilir. Öğretmenlere ve geleceğin öğretmenlerine ise söz konusu ortamları oluşturmada ve düzenlemede önemli görevler düştüğü idda edilebilir. Öğretmenlerin matematiksel modelleme ortamlarını düzenlemeleri için bu konuda bilgi sahibi olmaları gerektiği çıkarımı yapılabilir. Fakat yapılan araştırmalar bu ortamları düzenleyecek olan öğretmenlerin ve geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarının matematiksel modelleme konusunda bilgi sahibi dahi olmadıklarını (Akgün vd., 2013; Işık ve Mercan, 2015; Anhalt ve Cortez, 2016; Urhan ve Dost, 2016) göstermektedir.

Öğretmenlerin matematiksel modelleme yeterlikleri üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Hernandez vd., 2016; Albayrak ve Çiltaş, 2017; Ferri, 2018; Gürbüz vd, 2018). Niss (2017), öğretmenlerden derslerinde matematiksel modellemeyi kullanması bekleniyor ise öğretmenlere ve geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarına modelleme tecrübesi kazandırılması gerektiğini ifade etmektedir. Matematiksel modelleme eğitimi almayan, matematiksel modelleme süreçlerinde bulunmayarak matematiksel modelleme etkinlikleri ile yüzleşmeyen öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterlikleri edinmesi mümkün gözükmemektedir (Anhalt ve Cortez, 2016; Niss, 2017; Gürbüz ve Doğan, 2019).

Literatürdeki matematiksel modelleme çalışmaları incelendiğinde, fen eğitiminde matematiksel modelleme çalışmalarının sınırlı sayıda olduğu söylenebilir. Fen eğitiminde matematiksel modelleme çalışmalarının az olmasının yanı sıra Fen bilgisi öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterlikleri üzerine yapılan çalışmaların da oldukça çok az olduğu görülmektedir (Yıldız ve Yenilmez, 2019; Derin ve Aydın, 2020). Ulusal Tez Merkezi'nin (<https://tez.yok.gov.tr/> erişim tarihi 25.03.2022) veri tabanında detaylı arama yapıldığında 'matematiksel modelleme' üzerine 855 tez mevcutken bunlardan sadece Başkan (2011) ve Güder (2019) tarafından yapılmış

doktora tezlerinin fen eğitiminde matematiksel modelleme üzerine olduğu görülmektedir. Matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmaların tematik ve içerik analizlerinin yapıldığı çalışmalarda da fen eğitimi üzerine yapılan çalışmaların çok az sayıda olduğu tespit edilerek özellikle fen eğitimi gibi farklı disiplinlerde matematiksel modelleme çalışmalarının artırılması gerektiğine vurgu yapılmaktadır (Aztekin ve Şener, 2015; Albayrak ve Çiltaş 2017; Yıldız ve Yenilmez, 2019; Koç, 2020).

Alan yazındaki bu eksiklikleri kapatmak ve matematiksel modelleme çalışmalarına disiplinler arası bir bakış kazandıracak şekilde katkı sağlamak bu araştırmanın çıkış noktası olmuştur. Fen bilgisi öğretmenleri ve öğretmen adayları ile matematiksel modelleme çalışmaları yapılarak fen eğitiminde kullanım amacına yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi, matematiksel modelleme deneyimi yaşayan fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin ve matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinin araştırılması önem arz etmektedir.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışma üç temel amaç üzerine kurulmuştur. Bu amaçlar şunlardır;

- 1) Matematik ve fen eğitiminde kullanılabilecek, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirerek bu konuda ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğini gidermek.
- 2) Fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerini incelemek.
- 3) Fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ve modellemenin fen öğretiminde kullanımına yönelik görüşlerini incelemek.

Araştırmanın amaçlarına bakıldığında üç amacın da birbirleriyle ilişkili ve hiyerarşik oldukları anlaşılmaktadır. Fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinin oluşması için matematiksel modelleme sürecine ilişkin bilgi, beceri, deneyim ve yeterliklerin olması gerekmektedir. Benzer şekilde matematiksel modelleme yeterlikleri inceleyebilmek için de fene yönelik

tasarlanmış matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimlenmelidir. Literatürde fene yönelik matematiksel modelleme etkinlikleri çok az olduğu için de bu tür etkinliklerin oluşturulması ihtiyacı doğmuştur.

Araştırma Problemleri

- 1) Fen eğitiminde kullanıma yönelik geliştirilen MME, MOP'ne uygunluğu ne düzeydedir?
- 2) Matematiksel modelleme sürecini deneyimleyen FBÖA, yeni mezun FBÖ ve deneyimli FBÖ' nin matematiksel modelleme yeterliklerinin süreç boyunca gelişimi nasıldır?
- 3) Matematiksel modelleme sürecini deneyimleyen FBÖA, yeni mezun FBÖ ve deneyimli FBÖ' nin matematiksel modellemeye yönelik görüşleri nelerdir?
- 4) Matematiksel modelleme sürecini deneyimleyen Matematiksel modelleme sürecini deneyimleyen FBÖA, yeni mezun FBÖ ve deneyimli FBÖ' nin matematiksel modellemenin fen öğretiminde kullanımına yönelik görüşleri nelerdir?

Araştırmanın Sınırlılıkları

- 1) Matematiksel modelleme süreci bilişsel, meta-bilişsel ve duyuşsal boyutlarda incelenmekte olup; bu araştırma, bilişsel boyut ile sınırlı tutulmuştur.
- 2) Bu çalışmada iki fizik, iki kimya ve iki biyoloji alanındaki konuları temel alan matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirilmiştir. Çalışma bu açıdan altı farklı konu ve etkinlik ile sınırlanmıştır.
- 3) Araştırma, 2020-2021 eğitim-öğretim yılının güz ve bahar yarıyıllarında Erzincan Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programının dördüncü sınıfında öğrenim görmekte olan 12 öğretmen adayı, Fen Bilgisi Öğretmenliği

Programından lisans derecesi almış fakat ataması gerçekleşmemiş 4 fen bilgisi öğretmeni ve Milli Eğitim Bakanlığına bağlı devlet okullarında mesleğini en az 9 yıldır devam ettirmekte olan 4 fen bilgisi öğretmeni ile sınırlıdır.

- 4) Çalışma sürecinde veri toplama aracı olarak gözlem, mülakat ve etkinlik formları incelenmiştir. Elde edilen veriler sadece bu veri toplama araçları ile sınırlıdır.

Araştırmanın Varsayımları

- 1) Çalışmada yer alan matematiksel modelleme etkinlikleri, etkinlik formu ve diğer materyallerin geliştirilmesinde alan uzmanı ve eğitimcilerinin görüş ve önerilerinden yararlanılmasının materyallerin geçerlilik ve güvenilirliğini arttırdığı kabul edilmiştir.
- 2) Matematiksel modellemeyi katılımcıların her modelleme etkinliğine aynı düzeyde ilgi gösterdikleri varsayılmıştır.
- 3) Grupların birbirlerinden etkilenmediği, bilgi alış verişi olmadığı ve matematiksel modelleme etkinlikleri ile ilgili etkileşimin olmadığı varsayılmıştır.
- 4) Katılımcıların yapılan mülakatlarda samimi cevaplar verdiği varsayılmıştır.

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda yapılan bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonraki kuramsal temeller bölümünde, araştırmanın alt yapısını oluşturan araştırmaya ilişkin bağlamlar, alan yazın doğrultusunda araştırmanın dayanak noktaları ve alan yazındaki benzer çalışmalar verilmektedir.

Yöntem bölümünde, araştırmanın yöntemi, araştırma deseni, araştırmanın çalışma grubu, veri toplama araçları, veri analizlerinin nasıl yapıldığına dair bilgiler bulunmaktadır.

Araştırmanın bulguları bölümünde, çalışmanın uygulama sürecinden elde edilen veriler araştırmanın amaçları paralelinde üç aşamalı olarak incelenmektedir.

Tartışma ve Sonuç bölümünde, elde edilen bulgular tartışılarak literatür ile ayrıldığı noktalara ya da benzerliklere değinilmektedir.

Öneriler bölümünde, sonraki çalışmalara ışık tutacak fikirler ortaya konulmaktadır.



2.KURAMSAL TEMELLER

Tezin bu bölümünde araştırmanın alt yapısını oluşturan, araştırmaya ilişkin bağlamlar, alan yazın doğrultusunda araştırmanın dayanak noktaları ve alan yazındaki benzer çalışmalara yer verilmektedir.

2.1. Matematiksel Modelleme Süreci ve Bileşenleri

Çalışmanın kuramsal çerçevesinin altyapısını aktarmak için ilk olarak matematiksel model, matematiksel modelleme kavramlarından daha sonra ise matematiksel modelleme döngüleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri kavramlarından bahsetmek gerekmektedir.

Matematiksel Model

Matematiksel modelleme ile ilgili ilk çalışmalardan biri olan Berry ve Houston (1995)'un çalışmalarında matematiksel model, verilen bir durum ile ilgili iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin matematiksel bir temsili şeklinde açıklanmaktadır. MM çalışmalarının önemli isimlerinden olan Lesh ve Doerr (2003) ise matematiksel modeli belirli bir takım sistemlerin davranışlarını açıklamada, betimlemede veya yapılandırmada kullanılan gösterim biçimleri olarak tanımlamaktadırlar. Çakmak (2018) ise matematiksel modeli karmaşık bir gerçek yaşam durumunu temsil etmek maksadıyla oluşturulan, genellenebilir ve tekrar tekrar kullanılabilir matematiksel bir gösterim şeklinde tanımlamaktadır.

Matematiksel Modelleme

Matematiksel modelleme kavramı ile ilgili ise literatürde birçok tanım mevcut olsa da yapılan bütün tanımların MM'yi gerçek bir durumun matematiksel olarak ifade edilmesi şeklinde ortak bir paydada buluştuğu söylenebilir (Lesh ve Doerr, 2003; Haines ve Crouch, 2007; Doruk, 2010). Daha genel olarak ise MM, matematik veya matematik dışındaki herhangi bir durumun matematik dili kullanılarak ifade edilme, test edilme, yorumlanma süreci olarak tanımlanmaktadır (Kertil, 2008). Ayrıca MM, model oluşturma süreci olup, gerçek dünya ile matematik dünyası arasında çift yönlü bir

dönüşüm süreci şeklinde de ifade edilmektedir (Blum ve Borromeo Ferri, 2009). Matematiksel model ve matematiksel modelleme ilişkisini Sriraman (2006) matematiksel modellemeyi bir durumun fiziksel, sembolik ya da soyut modelini oluşturma sürecini olarak ele alırken matematiksel modeli ise bu süreç sonunda ortaya çıkan ürün şeklinde açıklamaktadır. Lesh ve Doerr (2003) ise matematiksel model ve modelleme terimlerinin anlam bakımından her ikisini de barındıran model oluşturma etkinliği (MOE) kavramını kullanmaktadırlar.

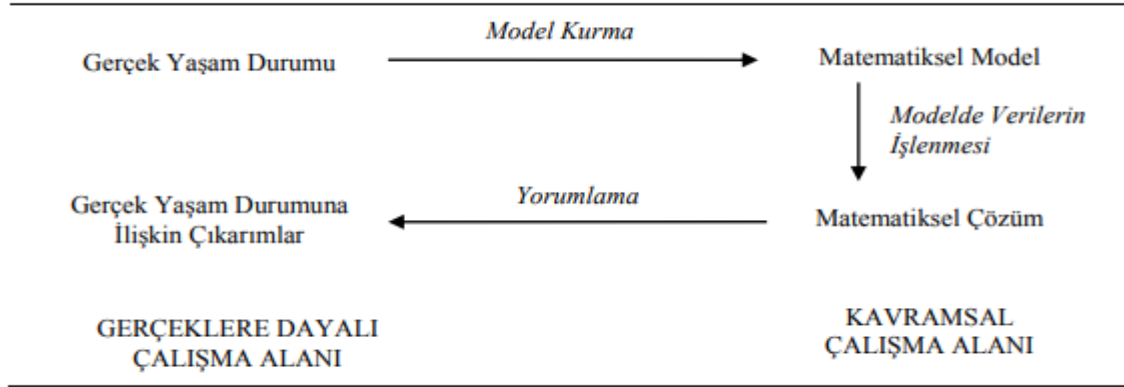
Matematiksel Modelleme Döngüleri

Matematiksel modelleme sürecinde verilenleri kullanarak bir çözüme ulaşma, çözümü gerçek hayat durumuyla karşılaştırma, çözümü geliştirerek daha farklı bir çözüm ortaya çıkarma gibi birden fazla döngü vardır (Erbaş vd., 2014). Alan yazında MM'nin tekrar edilebilir bir döngü içeren süreç olduğuna ilişkin birbirine temelde benzeyen ama farklılıklar bulunduran diyagram gösterimleri mevcuttur. Farklı matematiksel modelleme döngüleri (MMD) incelendiğinde, bunların gerçek durum (modelleme durumu), matematiksel model, matematiksel sonuç ve gerçek sonuç basamaklarını içerdiği fakat durum modeli ve gerçek model aşamalarına göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir (Çakmak, 2018).

MMS ve MMD yapısı ile ilgili ilk çalışmalardan birisi Müller ve Wittmann (1984)' e aittir. Müller ve Wittmann ilköğretim öğrencileriyle yaptıkları çalışmalar sonucunda MMS'ni üç aşamada ele almak gerektiğini belirtmişlerdir. Bu aşamalar; model kurma, modeldeki verileri işleme ve yorumlama şeklindedir. Yapılan bu çalışma sonraki çalışmalara matematiksel modelleme sürecinin çeşitli aşamalara, bileşenlere ve döngüye sahip olduğu aktarımını yaparak yol gösterdiği için önem arz etmektedir. Müller ve Wittmann'ın Peter-Koop (2004) tarafından aktarılan matematiksel modelleme yapısı Şekil 2.1 'de sunulmaktadır.

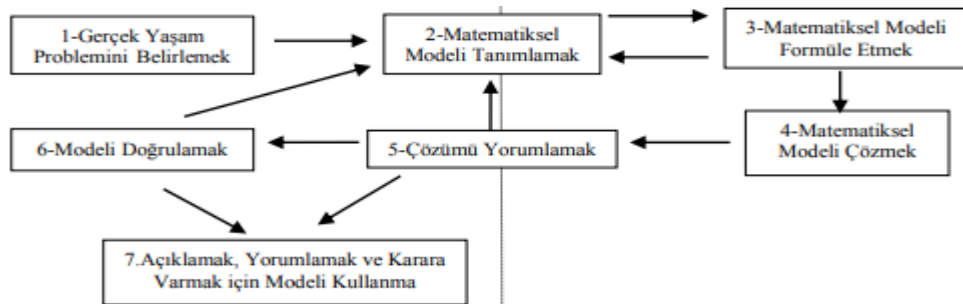
Şekil 2.1' de görüldüğü üzere sol taraf gerçek dünyayı, sağ taraf ise matematik dünyasını temsil etmektedir. Dört basamaktan oluşan sürecin gerçek yaşam durumu ile başlayarak matematiksel modelin oluşumu, matematiksel çözüm ve gerçek yaşam durumuna ilişkin çıkarımlar şeklinde ilerlediği görülmektedir. Basamaklar arası

geçişlerin ise model kurma, modelde verilerin işlenmesi ve yorumlama olarak belirtilmiştir.



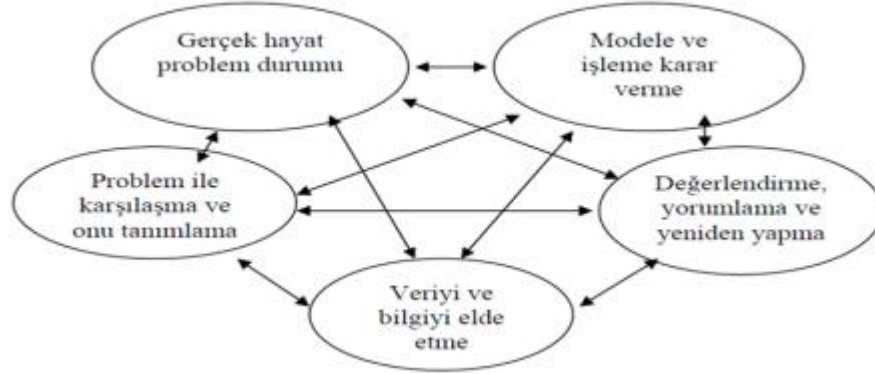
Şekil 2.1. Müller ve Wittmann'ın modelleme süreci yapısı

Matematiksel modelleme döngülerine ilişkin bir sonraki çalışma olan Mason (1988)' in modelleme basamakları Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Mason da çalışmasında, süreci Müller ve Wittmann'ın (1984) çalışmasındaki gibi sol tarafı gerçek dünyaya, sağ tarafı ise matematiksel dünyaya ilişkilendirmiştir. Ek olarak Mason sürecin ortasında iki dünya arasındaki ilişkiyi, matematiksel modeli tanımlamak ve çözümü yorumlamak basamakları ile sürece dâhil etmektedir. 7 basamaktan oluşan Mason'un bu çalışması matematiksel modellemede basamaklar arasındaki akışın doğrusal olmadığı ve geçişlere imkan verdiğini göstererek döngülerin vurgulanması açısından önem arz etmektedir. Örneğin, Şekil 2.2' de gösterildiği üzere 2. basamak olan 'matematiksel modeli tanımlamak' ile 3. basamak olan matematiksel modeli formüle etmek arasında sürecin katılımcıları geçiş yapabildiği oklarla belirtilmiştir. Başka bir ifadeyle katılımcı modeli doğrulama aşamasında eksiklikleri ya da yanlışlarının var olduğunu düşünerek matematiksel modeli yeniden tanımlama çabası içerisine girebilir.



Şekil 2.2. Mason (1988)'un modelleme basamakları

Matematiksel modelleme çalışmalarında sıkça kullanılan modelleme döngülerinden birisi de Doerr (1997)' e aittir. Doerr'in modelleme sürecinde diğer çalışmalardan farklı olarak tam bir döngüsellüğün varlığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmada matematiksel modelleme sürecindeki basamaklar arasında belli bir hiyerarşi olmadığı görülürken tüm basamakların birbiriyle ilişkili olduğu belirtilmektedir. Doerr'in matematiksel modelleme döngüsü Şekil 2.3' te sunulmuştur.

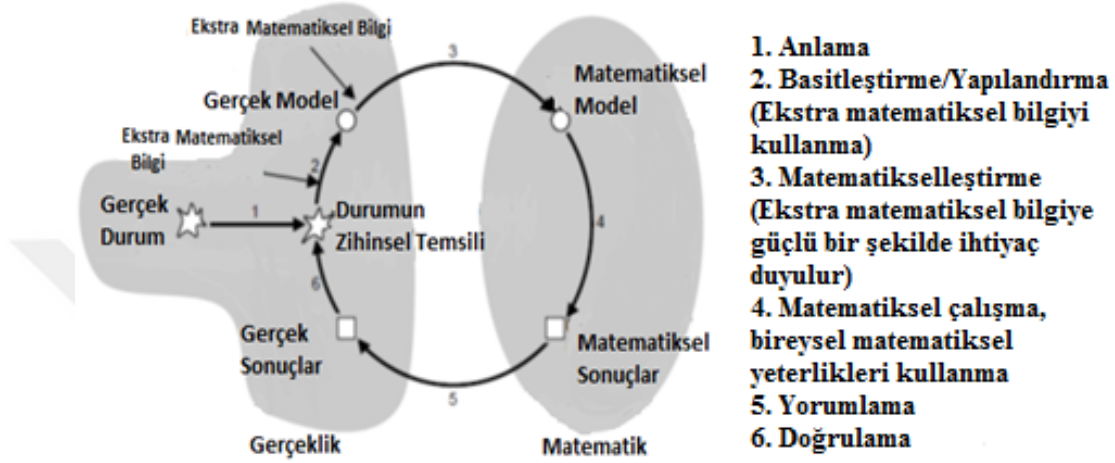


Şekil 2.3. Doerr (1997)' in matematiksel modelleme döngüsü

Yukarıda verilen çalışmalardan farklı olarak Borromeo-Ferri (2006) matematiksel modelleme döngüsünde durum modelini yani durumun zihinsel temsilini sürece entegre ederek gerçek durumu, durum modelini ve gerçek modeli ayrı bir şekilde aktarmaktadır. Şekil 2.4' te gösterilen bu modelleme döngüsü 6 basamaktan oluşurken durumun zihinsel temsilinden gerçek duruma dönüş aşaması olan sunma aktivitesi bilişsel bir aşama olarak modelleme sürecine katılmamaktadır. Çakmak (2018), yapmış olduğu detaylı alan yazın taraması sonucunda Borromeo Ferri'nin döngüsüne kadar sunulan modelleme döngülerinde durum modelinden bahsedilmemekte olduğunu ifade etmektedir. Modelleme döngüsünü diğerlerine göre daha ayrıntılı olarak inceleyen bu çalışmada bireylerin bilişsel süreçlerine odaklanılmaktadır (Çakmak, 2018; Ural, 2018; Çoksöyler ve Bozkurt, 2021).

Borromeo Ferri (2006)' nin modelleme sürecinin bilişsel açıdan ele alan bu modelleme döngüsünün oldukça ayrıntılı ve farklı modelleme türlerinin kullanımına yatkın olduğundan dolayı katılımcıların bilişsel süreçlerini analiz etmek için uygun bir araç olduğu görülmektedir (Blum ve Leiß, 2007; Tutak ve Güder, 2014; Çakmak, 2018; Çoksöyler ve Bozkurt, 2021). Gerek fene yönelik konularda bilişsel

süreçlerin önemli yer tutması gerekse Borromeo Ferri (2006) tarafından kurgulanan matematiksel modelleme döngüsünün detaylı ve kapsamlı analizlere imkân tanımasından dolayı bu çalışmada bahsedilen döngünün kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2.4. Borromeo-Ferri (2006)'in matematiksel modelleme döngüsü.

Borromeo Ferri' nin modelini daha detaylı incelemeye tabi tuttuğumuzda modelin temel bileşenlerinin gerçek durum, durumun zihinsel temsili, gerçek model, matematiksel model, matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar olduğu görülmektedir. Döngüde belirtilen 6 basamak çalışmanın ilerleyen kısımlarında ele alınan matematiksel modelleme yeterlikleri kapsamında detaylı açıklanırken temel bileşenleri şu şekilde açıklanmaktadır;

- 1) *Gerçek Durum*: Gerçek dünyaya ilişkin bir durumun yazı, fotoğraf, video ve benzeri araçlarla ya da bunların birlikte kullanımıyla sunulan modelleme durumudur. Modelleme durumu, modelleme problemi olarak literatürde sıkça kullanılmakla birlikte matematiksel modelleme çalışmalarında kastedilen modelleme durumunun geleneksel matematik problemlerinden farklı olarak; varsayımlar, kabuller ve tahminler yapılmasına olanak sağlayan, doğrusallıktan çıkarak döngüsel bir süreci tetikleyen ve süreç içerisinde ileri geri birçok

hareketin tekrarlanarak modelin gözden geçirilmesine izin veren bir yapıda olmasıdır (Çakmak, 2018).

- 2) *Durumun Zihinsel Temsili*: Matematiksel modelleme sürecine dahil olan bireylerin, gerçek durumu önceki bilgi ve deneyimleri ile ilişkilendirerek kendi cümleleriyle, çizimleriyle ve ya benzeri yöntemlerle temsil etmesi ya da ifade etmesi olarak tanımlanabilir. Çakmak (2018)' a göre zihinsel temsil yapılırken alınan kararlar, durumun basitleştirilmesini ve yapılandırılmasını etkilediğinden dolayı durumun zihinsel temsil sürecinden gerçek modele geçişte bilinçli bir şekilde hareket edilmesi beklenmektedir.
- 3) *Gerçek Model*: Zihinsel temsil ile anlamlandırılan modelleme durumunun varsayımlarda bulunulması, değişkenlerin belirlenmesi, değişkenlerin isimlendirmesi, değişkenler arasındaki ilişkileri açıklanması, gerekli kabullerin yapılması ile yapılandırılarak ve basitleştirilerek matematiksel bir probleme dönüştürmesi olarak tanımlanabilir.
- 4) *Matematiksel Model*: Modelleme durumunun zihinsel olarak anlamlandırılıp gerçek modele dönüştürülmesinden sonra denklemler, formüller ve benzeri araçlarla matematiksel olarak ifade edilmesi ya da matematikselleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu aşamada artık matematiksel dünyaya geçiş yapıldığı söylenebilir.
- 5) *Matematiksel Sonuçlar*: Oluşturulan matematiksel modelin matematiksel işlem becerileri kullanılarak çözülmesi ve matematiksel sonuçlar elde edilme olarak tanımlanabilir.
- 6) *Gerçek Sonuçlar*: Bu aşamada matematiksel sonuçların gerçek dünyaya yorumlanması beklenmektedir. Birey, elde ettikleri matematiksel sonuçların ne anlama geldiğini ifade etmekte ve matematik dışı bağlamlarda yorumlamaktadır. Elde edilen matematiksel sonuçların gerçek dünya ile ilişkisini kurmak ve matematik dışı bağlamlarda yorumlamak olarak tanımlanabilir. Bu aşamada artık katılımcıların matematiksel sonuçları anlamlandırılıp yorumladıktan sonra bu sonuçların doğruluğu üzerinde çalışma yapması beklenmektedir. Geçerlik (doğrulama) aşaması olarak ifade edilen bu süreci iki türlü gerçekleştiğine ilişkin Çakmak (2018) şu şekilde açıklamada bulunmaktadır;

“...bireyler, gerçek sonuçların durumun zihinsel temsiline karşılık gelip gelmeyeceği hakkında düşünmektedir. Geçerlik aşaması iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisi, sezgi yoluyla geçerlik; bu geçerlik bilişsel bir süreç değildir. Bireyler buldukları sonuçların geçerliğini açıklayamadıkları için gerçek sonuçlarının yanlış olduğu hissine kapılmaktadırlar. Çünkü elde ettikleri sonuçlar kendi deneyimleri ile örtüşmemektedir. Bu yüzden bu geçerlik türü içgüdüsel bir karardır ve bilinçsizdir. İkincisi, bilgiye dayalı geçerlik; bu geçerlik bilişsel bir süreçtir. Bireyler, verilen modelleme durumunda ne kadar ekstra bilgiye ihtiyaç duyduklarını bilmekte ve bu ekstra bilgi ışığında farklı yorumlamalara gidebilmektedir.”

Leiss ve Blum (2010) tarafından hazırlanmış örnek bir MMD Şekil 2.5’ te sunulmuştur.

Bebek bezi	
Bay ve Bayan Brettleimer’in bir bebekleri vardır. Bay Brettleimer 495 Euro’ya makinede yıkanabilen ve tekrar kullanılabilen bir bebek bezi satın almak istiyor. Makinede yıkama fiyatı ise her bez için 0,05 Euro’dur. Bayan Brettleimer ise bu bebek bezinin çok pahalı olduğunu düşünüyor. Bayan, 3 yıl boyunca kullanacağı ve tanesini 0,25 Euro’ya alacağı geri dönüşümü olmayan bebek bezlerinden kullanmak istiyor. Brettleimer ailesi bu iki ihtimalden hangisini seçmelidir?	
Genel tanımlama	Örnek “bebek bezi” durumu
1. İlk olarak, okunması için bir yazılı metin ya da bir fotoğraf verilir ve birey tarafından durumun anlaşılması gerekir, yani gerçek durumun zihinsel temsili oluşur.	
2. Tahminler yaparak veya verilenleri seçerek, durumu basitleştirme, yapılandırma ve daha fazla özelleştirme yaparak, durumun gerçek modelini ortaya koyma	Hangi bebek bezi daha karlıdır?  495 Euro yıkanabilen bez 0,05 Euro bezi yıkama fiyatı 0,25 Euro yıkanmayan bezin fiyatı 3 yıl (365 gün) ve günde 5 tane kullansa
3. Farklı matematiksel durumlar kurarak gerçek modelden matematiksel modele dönüştürme.	$y_1 = 495 + 0,05 * x$ $y_2 = 0,25 * x$ $x = 3 * 365 * 5$ $y = y_1 - y_2$
4. Bir terimi veya kuralı uygulama gibi matematiksel araçlar kullanarak bir matematiksel sonuç ortaya koyma.	$y = -600$
5. Verilen modelleme durumunun gerçek sonucu olarak, matematiksel sonuçları gerçek dünyaya yorumlama.	 yaklaşık 600 Euro fiyat farkı var
6. Gerçek sonuçları doğrulama adımında, “Bu uygun mu? Bu mümkün mü? Tahminler ve basitleştirmeler yeterli mi? Kişinin modelleme döngüsüne dönmesi gerekiyor mu?” sorularına yanıt arama.	Peki ya günde 3,4,5,6 tane kullanmış olsaydı ne olurdu? Yıkamak için geçen zaman önemli mi? Ekolojik yönler neler?
7. Süreç orijinal modelleme durumuna son bir cevabı sunma ile sonlanmaktadır.	Bay ve Bayan Brettleimer 3 yıl boyunca günde 5 tane bez kullanacak olurlarsa, yıkanabilen bez yıkanmayan ve geri dönüşümü olmayan bezden 600 Euro daha ucuza gelecektir.

Şekil 2.5. Matematiksel modelleme döngüsüne ilişkin örnek (Leiss ve Blum, 2010)

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri (MMY)

Kaiser ve Brand (2015)' e göre modelleme yeterlikleri ile ilgili çalışmalar aşağıdaki genel sorular doğrultusunda düzenlenmiştir:

- 1) Modelleme yeterlikleri nasıl kavramsallaştırılabilir?
- 2) Modelleme yeterlikleri nasıl test edilebilir?
- 3) Modelleme yeterlikleri nasıl geliştirilebilir?
- 4) Modelleme yeterlikleri nasıl en verimli şekilde teşvik edilebilir?
- 5) Modelleme yeterliliğini değerlendirmek için pratikte ne tür değerlendirme yöntemleri uygundur?

Bu aşamada mevcut çalışma ile en alakalı olan 1., 2. ve 3. sorulara odaklanılacaktır.

Öncelikle bu çalışmanın temel amaçlarından birisi olan fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi için alan yazındaki MMY ne anlama geldiğini (1.Soru) açıklamak gerekmektedir. Yeterlik (competence/competency) ve beceri (skill) matematiksel modelleme çalışmalarında sıkça kullanılan iki matematiksel modelleme kavramdır. Birçok çalışmada bu iki kavram birbirinin alternatifi olarak kullanıldığı karşımıza çıksa da bu iki kavram arasında anlamsal olarak farklılıklar mevcuttur (Bukova Güzel, 2019). Türk Dil Kurumu sözlüğünde beceri; kişinin yatkınlık ve öğrenime bağlı olarak bir işi başarma ve bir işlemi amaca uygun olarak sonuçlandırma yeteneği olarak tanımlanırken yeterlik ise bir işi yapma gücünü sağlayan özel bilgi, ehliyet, yeterlik olarak tanımlanmaktadır. Tekin Dede (2015) beceriyi bireylerin mevcut yeteneklerinin eğitime bağlı olarak bir amaca erişmeyi sağlayacak şekilde organize olması, yeterliliği ise bir amacı gerçekleştirmek için gerekli donanımına sahip olması olarak belirtmektedir. Matematiksel modelleme çalışmaları incelendiğinde son zamanlarda modelleme yeterliklerini tanımlamaya ve geliştirmeye yönelik olarak bir literatür oluştuğu gözükse de henüz tam bir görüş birliği sağlanamamıştır (Maaß, 2006; Erbaş vd., 2014; Kaiser ve Brand, 2015). Maaß (2006) çeşitli yaklaşımları bir arada değerlendirerek modelleme yeterliklerini modelleme sürecini gerçekleştirmeyi sağlayan amaç orjinli becerileri, yetenekleri ve bu becerilerin ve yeteneklerin sergilenebilmesi için gerekli isteklilik olarak betimlemektedir.

Bukova Güzel (2019, s.42) literatürdeki MMY' ni aşağıda sıralanan dört farklı açıdan ele alındığını belirtmektedir.

- 1) Bilişsel (cognitive/cognitif) yeterlikler
- 2) Üstbilişsel (Metacognitive/Metacognitif) yeterlikler
- 3) Duyuşsal yeterlikler
- 4) Sosyal yeterlikler

Sosyal Yeterlikler: Matematiksel modelleme süreci bireysel ya da grup çalışmaları şeklinde bir öğrenme ortamı içerisinde gerçekleştiği bilinmektedir. Bu açıdan bakıldığında sürece katılan bireylerin başta iletişim kurabilme olmak üzere kendilerini ifade edebilme, grup ile birlikte çalışabilme, sorumluluk alabilme, tartışabilme, çalışmalarını sunabilme, paylaşabilme gibi yeterliklere sahip olması gerekmektedir (Kaiser, 2007; Kaiser vd., 2010; Kaiser ve Brand, 2015; Bukova Güzel; 2019, Çevikbaş, Kaiser ve Schukajlow, 2021).

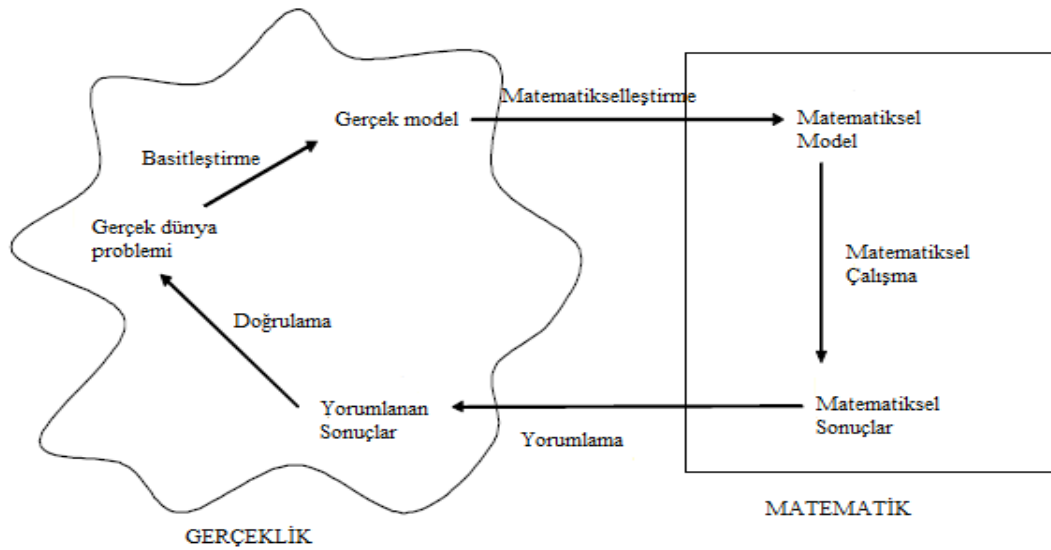
Duyuşsal Yeterlikler: Maaß (2006) modelleme yeterliklerini tanımlarken bireylerin matematiksel modelleme sürecine yönelik isteklerinin olması yani gönüllülük ve motivasyon faktörlerine vurgu yapmaktadır. Biccand ve Wessels (2011) ise matematiksel modelleme sürecine dahil olan kişilerin inançlarının ve problemin doğasına yönelik algılarının geliştiğini belirtmektedirler. Ayrıca, bu çalışmanın ilerleyen aşamalarında da bahsedildiği üzere matematiksel modelleme etkinliklerinin (MME) oluşturma prensiplerinden birisi olan 'MME bireylere ortaya bir model oluşturma ihtiyacı hissettirmesi gerekliliği' duyuşsal yeterliklerle ilgili olduğu söylenebilir.

Üstbilişsel (Metacognitive/Metacognitif) Yeterlikler: Bilişsel yeterlikleri destekleyen; matematiksel modelleme süreci hakkında bilgi sahibi olma, matematiksel modelleme sürecini planlama, izleme, kontrol etme, doğrulama, çözümü yargılama, yansıtma, gerçek yaşam problemleri oluşturma, görevi analiz etme ve yön bulma duyusunu kullanma gibi faktörleri içermektedir (Tanner ve Jones, 1995; Maaß, 2006; Kaiser, 2007; Borromeo Ferri, 2011; Çakmak, 2018; Bukova Güzel, 2019).

Bilişsel (cognitive/cognitif) yeterlikler: modelleme sürecinin tamamını kapsayan ve süreç esnasında gerçekleşen problemi anlama, basitleştirme ve sadeleştirme, matematikselleştirme, matematiksel çalışma, yorumlama ve doğrulama gibi bilişsel becerileri kapsamaktadır (Çakmak, 2018; Bukova Güzel, 2019).

Yapılan bu çalışmanın modelleme sürecinde bilişsel yeterlikler açısından incelenmesi fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerini belirleme amacına uygun görülmüştür. Bu kapsamda bilişsel yeterlikler üzerinden kuramsal çerçeve ilerletilmiştir.

Alan yazında matematiksel modelleme yeterlikleri üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında Maaß (2006) tarafından tespit edilen modelleme yeterliklerinin sıkça tercih edildiği görülmektedir. Maaß (2006) kendi yapılandığı ve Şekil 2.6’ da sunulan modelleme döngüsünü de dikkate alarak modelleme yeterliklerini ‘*sadece modelleme sürecini sürdürebilmek için gerekli yeterlikler*’ ve *üst bilişsel yeterlikler* olmak üzere iki kategoride tanımlamıştır (Karabaş, 2016).



Şekil 2. 6. Maaß (2006)'ın modelleme döngüsü

Maaß (2006)'ın belirlediği yeterliklere ilişkin alt yeterlikler ise Şekil 2.7' de gösterilmiştir.

A. Modelleme sürecinin adımlarını yürütebilmek için alt yeterlikler

1. Gerçek sorunu anlama ve gerçeğe dayalı bir model oluşturma yeterliği
2. Gerçek modelden matematiksel bir model oluşturma yeterliği
3. Bu matematiksel model ile matematiksel soruları çözebilme yeterliği
4. Matematiksel sonuçları gerçek bir durum içerisinde yorumlama yeterliği
5. Çözümün geçerliliğini kontrol etme, doğruluğunu gösterme yeterliği

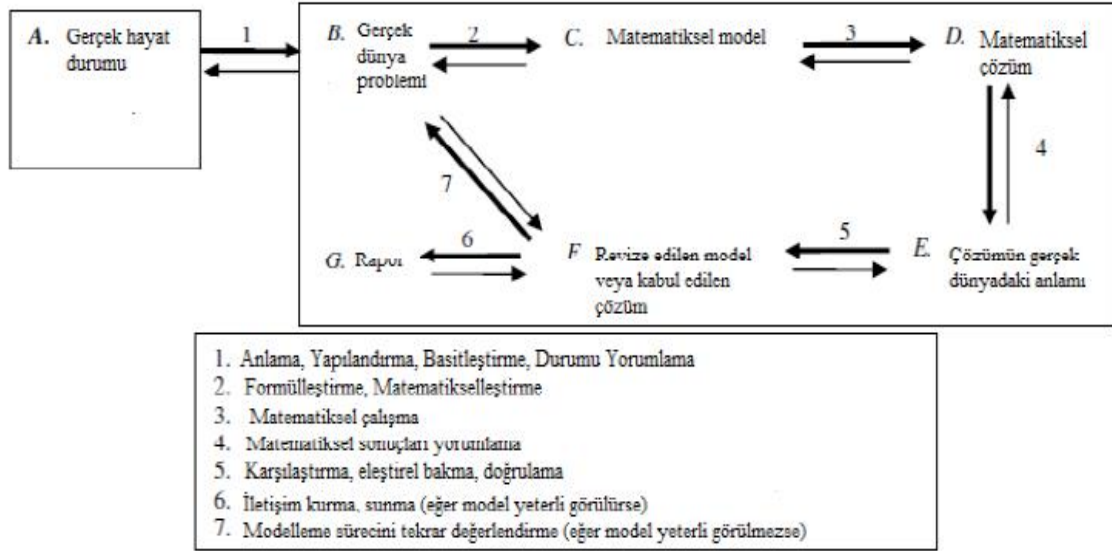
B. Üst-Bilişsel Modelleme Yeterlikleri

1. Gerçek dünya problemlerini planlayarak çözüm için doğru yolda-yönde (direction) olduğunu bilme duygusu ile çalışma yeterliği
2. Modelleme sürecine ilişkin tartışma ve burada çıkan fikirleri yazabilme yeterliği
3. Gerçek dünya probleminin çözümü için sunulan başka matematiksel olasılıkları görme ve bu durumları olumlu olarak kabul edebilme yeterliği

A. Gerçek durumu anlama ve gerçekçi bir model kurma yeterliği	1. Modelleme durumu için varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme 2. Durumu etkileyen nicelikleri belirleme, bunları isimlendirme ve anahtar değişkenleri belirleme 3. Değişkenler arası ilişkileri oluşturma 4. Modelle durumunu çözmek için uygun/ulaşılabilir bilgileri bulma ve ilgili/ilgisiz bilgileri ayırt etme
B. Gerçek modelden matematiksel modeli kurma yeterliği	1. İlgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme 2. Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme ayrıca nicelik ve ilişkilerin sayısı ile karmaşıklığı azaltma 3. Uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme
C. Matematiksel model içerisinde matematiksel soruları çözmeye yeterliği	1. Problemi daha küçük parçalara bölme, benzer problemlerle ilişki kurma, problemi başka şekilde ifade etme, probleme farklı bir formda bakma, nicelikleri veya uygun verileri çeşitlendirme gibi buluşsal stratejiler kullanma 2. Problemi çözmek için matematiksel bilgiyi kullanma
D. Matematiksel sonuçları gerçek hayata yorumlama yeterliği	1. Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama 2. Özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme 3. Problemin çözümünü uygun matematiksel dili kullanarak ve/veya çözümler hakkında iletişim kurarak inceleme
E. Çözümü doğrulama yeterliği	1. Bulunan çözümler üzerine yansımalar ve eleştirel kontroller yapma 2. Çözümler durum ile tutarlı değilse, modelin bazı kısımlarını gözden geçirme veya matematiksel modelleme süreci üzerinden tekrar geçme 3. Modelleme durumunu çözmek için diğer yolları düşünme veya sonucun farklı bir şekilde oluşturulup oluşturulamayacağını düşünme

Şekil 2.7. Maaß (2006) alt yeterlikleri

MMY ile ilgili başka bir çalışmada ise Stillman vd. (2007), Galbraith ve Stillman (2006) tarafından geliştirilen döngüyü kullanmışlardır. Şekil 2.8’ de görüldüğü üzere belirlenen 7 ana yeterliğin MM döngüsünde konumları oklarla gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Galbraith ve Stillman (2006) ve Stillman vd. (2007)'nin MMY

Yapılan bu çalışmada Borromeo Ferri (2006)'nin modelleme döngüsünün fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme sürecinde hangi aşamaya kadar ilerleyebildiklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Ferri geliştirdiği modelleme döngüsünü kullanarak modellemesinde 6 ana yeterlik belirlemiştir. Bu 6 yeterlik şunlardır;

- 1) Gerçek durumu anlama
- 2) Basitleştirme ve yapılandırma
- 3) Matematikselleştirme
- 4) Matematiksel çalışma
- 5) Yorumlama
- 6) Doğrulama

Öte yandan Ferri'nin çalışmasında bu yeterliklere ilişkin alt yeterlikler belirtilmemiştir. Bu çalışmada Ferri'nin belirlediği yeterliklere göre analizler yapılmış olup, yukarıda da bahsedilen Maaß (2006)'ın yeterliklerini Ferri'nin matematiksel döngüsü doğrultusunda revize eden Çakmak (2018)'in belirlediği alt yeterlikler ve bu alt yeterliklerin

göstergeleri, fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Bu yeterlikler ve alt yeterlikler göstergeleri, veri analizi bölümünde detaylı olarak açıklanacağı için burada tekrara düşmemesi adına sunulmamaktadır.

Matematiksel Modelleme Yeterliklerin Geliştirilmesi

Literatür taramasında matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişmesine etki edebilecek durumlar belirlenmiştir (Galbraith ve Stillman, 2001; Ikeda ve Stephens, 2001; Blomhøj ve Jensen, 2003; Zawojewski ve Lesh, 2003; Maaß, 2006; Antonius vd, 2007; English, 2007; Kaiser vd., 2010; Biccand ve Wessels, 2011; Ji, 2012; Kaiser ve Stender, 2013; Brand, 2014; Kaiser ve Grünwald, 2015; Anhalt ve Cortez, 2016; Çakmak, 2018; Greefrath, 2020)

Bu durumlardan bazıları şunlardır;

- 1) Model, modelleme ve modelleme döngüsü ile ilgili bilgi
- 2) Grup çalışmaları
- 3) Modelleme durumlarının içeriği,
- 4) Bütüncül ya da kısmi yaklaşıma yönelik öğretim ortamının hazırlanması
- 5) Teknoloji kullanımı
- 6) Öğretmenin rolü
- 7) Uzun süreli çalışmalar

Model, modelleme ve modelleme döngüsü ile ilgili bilgi: Bukova Güzel (2019) matematiksel yeterliklerin gelişimi için gerçek hayat durumlarına ilişkin problemleri ile yüzleşmenin yeterli olmadığını belirtmektedir. Modelleme sürecine katılan bireylerin sürecin işleyişi, aşamaları hakkında bilgi sahibi olmaları ve sürece dair farkındalıklarının oluşması gerektiği vurgulanmaktadır (Tanner ve Jones, 1993; Blomhøj ve Kjeldsen, 2006; Maaß, 2006; Kaiser vd., 2010; Dede ve Yılmaz, 2015). Bu nedenle matematiksel modelleme süreci ile ilgili katılımcılara eğitim vermek önem arz etmektedir (Maaß, 2006; Kaiser vd., 2010).

Grup Çalışmaları: Matematiksel modelleme aktivitelerinde gruplar halinde çalışmanın matematiksel modelleme yeterliklerine pozitif yönde katkısı olduğundan dolayı grup

çalışmaları süreçte önemli bir yer tutmaktadır (Ikeda ve Stephens, 2001; English, 2006; Maaß, 2006; Antonius vd, 2007; Kertil, 2008; Dede ve Yılmaz, 2013). Matematiksel modelleme uygulamalarına katılan bireyler, oluşturdukları modelleri ve ürünleri başkalarıyla paylaştıkları için gözlemlene, modelleme problemlerini kullanma ve yapılandırma gibi deneyimleri de kazanmaktadırlar (English, 2006). Antonious vd. (2007) modelleme yeterliklerinin gelişimi üzerine yaptıkları çalışmada grup çalışmalarının öğrencilerin motivasyonlarını artırdığına, etkinliklere aktif katılım sağladıklarına ve gerek gerçek dünya gerekse matematik dünyayı daha iyi anlamlandırdıklarına vurgu yapmaktadırlar. Gruplar belirlenirken öğretmenler veya öğrenciler tarafından, rastgele, homojen veya heterojen olacak şekilde oluşturulabilir (English, 2006; Antonious vd, 2007). Gruplardaki öğrenci sayısı tüm bireylerin üst düzeyde katılımını sağlayacak şekilde organize edilmeli ve bir gruptaki kişi sayısı üç veya dört olmalıdır (Zawojewski, 2013).

Öğrencilerin modelleme durumları ile sıkça karşılaşmaları: Alan yazın incelemesinde matematiksel modelleme çalışmalarının uzun süreli çalışmalar olduğu görülmektedir. Blum ve Ferri (2009) modelleme yeterliklerinin gelişimi için uzun vadeli (longterm) öğrenme süreçlerinde oluşturulması gerektiğini belirtmektedir. Öğrencilerin matematiksel modelleme etkinlikleri ile sıkça karşılaşmaları matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişimi için önem arz etmektedir (Biccard, 2010; Çakmak, 2018; Bukova Güzel, 2019).

Öğretmen Rolü: Modelleme etkinlikleri uygulama sürecinde öğretmenin rolü, öğrencilere gerektiğinde yardımcı olan, planlayıcı, uygun öğrenme ortamlarını organize eden, danışman, öğrencileri motive eden ve en önemlisi de öğrencilerle birlikte öğrenen şeklinde özetlenebilir (Niss vd., 2007; Vargas-Alejo ve Cristóbal-Escalante, 2012). Antonious vd. (2007) öğretmenin direktifler veren bir rolden ziyade danışan rolü olması yönünde kesin bir ifade kullanmaktadırlar. Öğrencilerin modelleme sürecinde öğrenmenin merkezinde olduğu, özgür düşünme ve sorgulama becerilerinin sergilenmesi adına öğretmene önemli görev düşmektedir (Blum ve Ferri, 2009; Biccard, 2010). Öğretmenlerin ya da modelleme sürecini yöneten kişilerin modelleme yeterliklerinin olması gerektiği de söylenebilir. Öğretmenin modelleme yeterliklerinin

gelişimi için soracağı teşvik edici sorular önem arz etmektedir. Üç grupta sıralanabilecek bu sorular Tablo 2.1’ de sunulmuştur. (Antonious vd., 2007).

Tablo 2.1. MMY gelişimi için teşvik edici sorular

Tetiklenen	Soru
Metabiliş	Ne buldun?
	Ne anlatacaksın?
	Sonra ne yapacaksın?
Spesifik stratejiler	Bazı özel durumlara baktın mı?
	Farklı bir yöntem kullanmayı denedin mi?
	Senin bildiğin örüntüler gördün mü?
Detay rehber	Bu iki kare farkı mı?
	Niçin lineer bir doğru denemedin?

Bu çalışmada da matematiksel modelleme etkinliklerinde konu uzmanı kişiler ile çalışılmıştır. Uzmanlara matematiksel modelleme eğitimi verilmiş olup rolleri tanımlanmıştır.

Bütüncül ya da kısmi yaklaşıma yönelik öğretim ortamının hazırlanması: Danimarkalı araştırmacılar Blomhoj ve Højgaard Jensen (2003) matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi kazanımı doğrultusunda iki farklı pozisyonlardan bahsetmektedirler. Bu pozisyonlardan birisini holistik yaklaşım (holistic approach) diğerini ise atomistik yaklaşım (atomictic approach) olarak tanımlamaktadırlar. Türkçe alan yazında ise bu yaklaşımlardan holistik yaklaşım bütüncül yaklaşım şeklinde, atomistik yaklaşım ise kısmi yaklaşım veya mikro düzey yaklaşım şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bunların yanı sıra araştırmacılar iki yaklaşımın dengeli bir şekilde kullanıldığı öğretim tasarımlarından bahsetmektedirler (Aydın Güç ve Baki, 2016). Bütüncül yaklaşımın benimsendiği öğrenme ortamlarında amaç model oluşturma etkinliği üzerinde alışan bireylerin tüm matematiksel modelleme sürecinden geçmelerini sağlamaktır. Mikro-düzeyde yaklaşımın benimsendiği öğrenme ortamlarında ise amaç bireylerin matematiksel modelleme sürecinin bir alt basamağını veya belli basamaklarını gerçekleştirmeleridir (Aydın Güç ve Baki, 2016).

Teknoloji Kullanımı: Blum vd. (2007) 14. ICMI çalışmalarında da aktardıkları üzere bilgisayar, hesap makinaları, internet, grafik yazılımları ve benzeri birçok teknolojik araç, uygulamalar ve modelleme için oldukça önemlidir. Bu cihazlar yalnızca artan hesaplama gücü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda öğretme, öğrenme ve değerlendirmeye yönelik yaklaşımlar için olasılıkları genişlettiği de ifade edilmektedir. Yapılan birçok çalışmada da teknoloji kullanımının matematiksel modelleme yeterliklerine pozitif katkı sağladığı belirtilmektedir. (Galbraith vd, 2007; Brown, 2015; Rodríguez Gallegos ve Quiroz Rivera, 2015; Ortega vd., 2019; Greefrath, 2020).

Modelleme durumlarının içeriği: Modelleme ortamına katılan öğretmen ve ya öğrencilerin modelleme durumu hakkında ön bilgilerinin olması, modelleme durumunun öğretim deneyimleri ile bağdaşması, katılımcıları motive edici unsurlar taşınması, matematiksel modelleme yeterliklerinin sergilenmesinde önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Galbraith ve Stillman 2001, Çakmak, 2018). Bir konu hakkında bilgisi, fikri ve tecrübesi olmayan bireylerin o konu hakkında işlem yapabilmeleri oldukça zor olduğu söylenebilir. Hazırbulunuşluk öğretim sürecinin her alanında olduğu gibi matematiksel modelleme sürecinde de önemli yer tutmaktadır. Bu yüzden katılımcılardan iyi bir performans sergilemeleri için sunulacak modelleme durumunun içeriği seviyeye uygun, gerçek hayatla bağlantılı ve ön öğrenmelerini yansıtacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada da model oluşturma prensipleri dikkate alınıp alanında uzman kişiler ile görüşülerek fen konularından belirlenen 6 modelleme etkinliği tasarlanmıştır. MME oluşturulması ile ilgili literatür özeti aşağıda sunulmaktadır.

2.2. Fen Eğitiminde Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Geliştirmeye Yönelik Çerçeve

Türk Dil Kurumu etkinlik kavramını ‘Çocukların, kendi amaç ve gereksinimlerine uygun geldiği için isteyerek katıldıkları herhangi bir öğrenme durumu’ olarak tanımlamaktadır. Etkinlik bazen tek bir problem çözümü, belli bir formun doldurulması bazen de tüm bir derse yönelik ilgi çekme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme gibi birçok aşamayı barındıran yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Gürbüz ve Doğan, 2019, s.59). Aynı çalışmalarında Gürbüz ve Doğan (2019) etkinlik kavramına ilişkin unsurları alan yazını dikkate alarak sıralamaktadırlar. Bunlar;

- 1) Etkinlik bütün bir ders için hazırlanabileceği gibi bir dersin anlamlı bir alt birimi için de hazırlanabilir
- 2) Etkinlikler planlı faaliyetlerdir
- 3) Öğrenci merkezlidirler. Etkinlik boyunca öğrenci aktif olmalı ve öğrenciye sorumluluk verilmelidir.
- 4) Etkinlik belli bir amaç doğrultusunda hazırlanmalı ve sonuçta ortaya bir öğrenme ürünü çıkmalıdır
- 5) Etkinlikler öğrencinin anlamasını destekleyecek araç gereçlerle desteklenmelidir
- 6) İlgi çekici ve merak uyandırıcı olmalıdır.

Literatürde, matematiksel modelleme çalışmalarında ve uygulamalarında kullanılan etkinlikler için ‘matematiksel modelleme etkinlikleri’, ‘matematiksel etkinlik’, ‘modelleme etkinliği’, ‘modelleme problemleri’, ‘modelleme görevi’, ‘modelleme aktivitesi’ ve ‘model oluşturma etkinlikleri’ ifadeleri kullanıldığı görülmektedir (Bukova Güzel 2019, s.45). Aktarılan ifadelerin tamamının birbirinin yerine geçtiği ve aynı anlamı taşıdığı söylenebilir. Bu çalışmada kullanılan etkinlikler için matematiksel modelleme etkinlikleri (MME) ifadesinin kullanılması kararlaştırılmıştır. MME, gerçek yaşam durumlarını deneyimleme fırsatı sunan, matematiksel kavram ve işlemler hakkında düşünceleri geliştiren, anlamlı öğrenmeyi destekleyen, günlük hayat ile ilişkili yapılar olarak tanımlanmaktadır. (Doyle, 1992; Baki, 2018; Ural, 2018; Bukova Güzel 2019).

Alan yazında MME sınıflandırılmasına ilişkin birçok çalışma mevcuttur. MME sınıflandırılması, yürütülmesi planlanan MMS’nde öğretim faaliyetinin amaç ve kapsam bağlamında en iyi derecede karşılayacak etkinlik profillerini sunmak açısından önem arz etmektedir (Özgen, 2017). Gürbüz ve Doğan (2019, s.63)’ ın literatürdeki matematiksel etkinlik sınıflandırma çalışmalarını özeti Tablo 2.2’ de sunulmuştur.

Tablo 2.2 incelendiğinde MME’ ni Doyle (1992) kullanım amaçlarına yönelik, Swan (2007) MMY kapsamında, Özmantar ve Bingölbalı (2009) uygulanma hedeflerine, Uğurel ve Bukova (2010) ise sürecin ilerleyişi doğrultularında sınıflandırmışlardır. Bu çalışmada ise D3, D4, S4, S5, Ö3, U1 ve U4 sınıflandırmaları kapsamında ele alınabilecek MME oluşturulduğu söylenebilir.

Tablo 2.2. Matematiksel etkinliklere ilişkin sınıflandırmalar

Doylu'un (1992)	Swan'ın (2007)	Özmantar ve Bingölbalı (2009)	Uğurel ve Bukova (2010)
Daha önce kazanılan bilgiyi hatırlamaya yönelik (D1)	Matematiksel nesneleri sınıflandırmaya yönelik (S1)	Yeni bir öğrenme gerçekleştirmek üzere tasarlanan (Ö1)	İzomorfik (Matematik kavram, işlem, özelliklerin günlük hayatta modellenmesi yoluyla kritik durumları ortaya koyma) (U1)
Algoritmayı kullanmaya yönelik (D2)	Çoklu gösterimlerin yorumlanmasını gerektiren (S2)	Öğrenilen kavramların pekiştirilmesi amacıyla tasarlanan (Ö2)	İzdeşimsel (Günlük yaşamdan hareketle matematik kavram, işlem, özelliklerin algısını sağlama) (U2)
Belli bir konu hakkında görüş ve açıklama isteyen (D3)	Matematiksel ifadeleri değerlendirmeye yönelik (S3)	Öğrencilerin zorluk ve yanılgılarının aşılması amacıyla tasarlanan (Ö3)	Lineer (Tümüyle matematik dünyası içerisinde matematik kavram, işlem ve özelliklerin algısını sağlama) (U3)
Anlama, yorum yapma, tahminlerde bulunmaya gerektiren (D4)	Problem oluşturmaya yönelik (S4)	Alanın epistemolojik yapısına dair farkındalık oluşturma amacıyla tasarlanan (Ö4)	Bileşke (Matematik kavram, işlem ve özelliklerin ileri matematiksel düşünme ve akıl yürütme yoluyla çeşitli kombinasyonlar üzerine çalışmayı sağlama) (U4)
	Problem durumundan genelleye yönelik (S5)		

Matematiksel modelleme sürecinin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için uygulama öncesinde matematiksel modelleme etkinlikleri ile öğrenme ortamının doğru bir tasarıma ve iyi bir planlamaya sahip olması sağlanmalıdır (Erbaş vd., 2014). MME'nin sunulacak problem durumunun gerçek hayat ile ilişkili, birden çok değişkeni barındıran, matematikselleştirilmesi mümkün ve yorumlamaya açık olması beklenmektedir. Alan yazında etkili MME geliştirmek için birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların en önemlisi Lesh' in öncülüğünde bir grup araştırmacının, öğretmenlerin ve akademisyenlerin bu konudaki çalışmalarını analiz ettiği araştırmadır. Lesh vd. (2000) çalışmalarında etkili MME geliştirmek için MME'nde olması gereken özellikleri öne

çıkaran Model Oluşturma Prensiplerini (MOP) belirlemişlerdir. 6 ilkedan oluşan bu prensipler şu şekildedir;

- 1) *Model Oluşturma Prensibi:* Bu prensibe göre MME bireylere ortaya bir model oluşturma ihtiyacı hissettirmesi gerekmektedir. Etkinlik doğrudan problemi çözümü yerine, problem durumunun ifade edilerek tanımlanabilmesi, değişkenler arasındaki ilişkiler kurulabilmesini, varsayımlarda bulunulabilmesini, tahminler yürütülmesini ve problem durumu ile ilgili yorumlarda bulunup gerçek bir model elde etmeye imkân tanıyan bir nitelikte olmalıdır.
- 2) *Gerçeklik Prensibi:* Bu prensipte MME gerçek bir dünya problemine referans etmesi ve öğrencinin sahip olduğu bilgi ve deneyimleriyle anlamlı bir gerçek yaşam problemini çözebilmesine olanak sağlamalıdır. Öğrencilerin günlük yaşam deneyimlerine uygun bir problem sunularak hayatlarında karşılaşılabilecekleri hissiyatı oluşturmaları beklenmektedir. MME' nin bir ihtiyaca cevap vermesi düşüncesini ortaya çıkarmalıdır.
- 3) *Öz değerlendirme Prensibi:* Bu prensipte MME öğrencilerin elde ettikleri modeli test edebilmelerine, yorumlayabilmelerine ve yeniden gözden geçirebilmelerine imkân tanınmalıdır. Elde edilen modelin çalışıp çalışmadığına, eksiklerinin neler olduğuna ve süreçte ileri geri hareketlerde bulunarak düzenlemeler yapabilmelerine bir başkasının onayı gerekmeksizin kendi kendine karar verebilmelerini sağlamalıdır. Etkinlik doğrultusunda öğrencilerin bilgisayar, hesap makinaları, internet hizmetleri ve benzeri birçok kaynak sunulması gerekmektedir. Böylelikle öğrencilerin kendilerini özgür bir araştırma ortamında olmaları sağlanmalıdır.
- 4) *Yapı Belgelendirme (Model Açığa Çıkarma) Prensibi:* Bu prensipte MME süreç boyunca öğrencilerin problem durumuyla ilgili kendi düşünceleri ve çözüm yollarını açıkça ortaya koyacak yazılı bir belge oluşturmalarını gerektirmelidir.
- 5) *Model Genelleme Prensibi:* Bu prensipte, MME öğrencilerin elde ettikleri modelin tekrar tekrar kullanılabilir, farklı durumlar için dönüştürülebilir ve başkalarıyla paylaşılabilir olmasına imkân tanınmalıdır. Kurgulanan yapının sadece bir durum veya hedef için değil başka durum ve hedefler için evrilebilir yani genellenebilir ve genişletilebilir olmasının yolu açılmalıdır.

- 6) *Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi*: Bu prensipte MME başka benzer diğer durumları çözümlemede kullanılabilen, açıklayıcı ve karmaşıklıktan uzak etkili bir ilk örnek olmasına imkân tanınmalıdır. Bu prensibin gerçekleşip gerçekleştiğini anlamak için farklı zamanlarda öğrencilerin çözümü hatırlama durumu gözden geçirilmelidir.

Lesh ve Doer (2003)'e göre modelleme etkinlikleri uygulama öncesi, süreci ve sonrası dikkate alınarak planlanıp uygulanması gerekmektedir. Bir MME'nin planlanmasında gereken unsurları şu şekilde özetlemiştir;

- 1) Etkinlikle hedeflenen konu, konu ile ilgili kavramlar ve fikirler önceden tespit edilmelidir.
- 2) Problem durumunun gerçekliğini ve anlamlılığını artırmak amacıyla bir ısındırma etkinliği yapılmalıdır.
- 3) Uygulama sonrasında MMS'nde ortaya çıkarılan model ya da modellerin kullanabileceği devam etkinlikleri (model-keşfetme) uygulanmalıdır.

Maaß (2006) ise MME için gereken unsurları şu şekilde sıralamıştır.

- 1) Açık uçlu sorular kullanılmalıdır.
- 2) Gerçek yaşamdan alınmış ve gerçek verilerle oluşturulmalıdır.
- 3) Bireysel çalışmaların yanı sıra grup çalışmalarını da içermelidir.
- 4) İlgi çekici nitelikte olmalıdır.
- 5) Öğrencilerin seviyelerine dikkate alarak hazırlanmalıdır.

Genel olarak bakıldığında MME öncesi ve sonrası düşünülerek iyi planlanmış, problem durumu ve problem durumuna ilişkin kavramlarla ilgili model elde etmeyi sağlayacak bir düzen ve sıralama içerisinde uygulanmalıdır (Erbaş vd., 2014). MME çalışılacak bireylerin düzeylerini göz önünde bulundurularak dizayn edilirken amaç ve hedef gözetmelidir.

Koç (2020) yurtiçinde son 20 yılda eğitim alanında matematiksel modelleme konusunda yapılmış olan yüksek lisans tezleri, doktora tezleri ve araştırma makalelerinin meta analiz çalışmasında kullanılan MME'ni matematiksel model oluşturma prensiplerine uygunluk açısından incelemiştir. Çalışmasında 74 etkinliğin model oluşturma

prensiplerine uyduğunu tespit ederken, bu etkinliklerden 54 tanesinin model oluşturma prensiplerinin altısını da tamamen karşıladığını, 19 tanesinin ise kısmen bu prensipleri karşıladığını ortaya çıkarmıştır. İncelenen 83 çalışmanın ise MOP'nin beş tanesini karşıladığı belirlenmiştir. Bu 83 çalışmadan ise 50 tanesinin aynı prensip içermediğine yani 'Öz Değerlendirme' prensibini içermediğine yönelik bulgular sunulmuştur.

Yapılan çalışmalarda kullanılan MME incelendiğinde 7 ayrı çalışma ile en çok kullanılan MME'nin büyük ayak problemi olduğu görülmektedir. Lesh ve Doerr (2003)'in çalışmalarında kullandığı bu problem yurtiçi çalışmalarında Doruk (2010), Tekin Dede ve Bukova (2011), Deniz ve Akgün (2016) ve Çakmak (2018) tarafından Türkçeye uyarlanarak kullanılmıştır. Bu etkinlik beş model oluşturma prensibini karşılayan, öz değerlendirme prensibini karşılamadığı düşünülen bir etkinliktir (Koç, 2020). Çakmak (2018)'in uyarladığı ve doktora çalışmasında kullandığı etkinlik Şekil 2.9' da gösterilmiştir.

Büyük Ayak Problemi



Bu sabah mahallede bulunan aileler, çocuklarının oynadığı parktaki eski tuğlaları bir yardımseverin tamir ettiğini farkettiler. Aileler, bunu yapan kişiye teşekkür etmek istiyorlardı. Fakat hiç kimse bunu yapan kişiyi görmedi. Uzmanlar tarafından yapılan araştırmada, tek ipucu olarak bahçede büyük bir ayak izine rastladılar. Ayak izinin 38 cm uzunluğunda ve 12 cm genişliğinde olduğu belirlendi. Sizce bu ayak izlerinden hareketle yardımseverin fiziki özellikleri ne olabilir?

Şekil 2.9. Büyük ayak problemi

Literatür taramasında gözlemlendiği kadarıyla çok kullanılan bir başka MME örneği ise Berlin Hava Yolları etkinliğidir. Kaiser ve Schwarz'ın (2006) çalışmasından Aztekin ve Taşpınar Şener (2015) tarafından derlenen etkinlik aşağıda sunulmuştur (Bkz. Şekil 2.10).

Berlin Hava Yolları

Berlin Hava Yolları biletlerini çoğunlukla internet üzerinden rezervasyon sistemi aracılığı ile satmaktadır. Her bir uçuş için fiyatlar farklı olmakla beraber sık sık değişmektedir. Sistemdeki fiyatları inceleyerek Berlin Hava Yolları'nın internetteki fiyatlarını nasıl belirlediğine dair ya da geliştirdiğiniz bir fiyat sistemi ile ilgili bir açıklama yazınız.

(Kaiser ve Schwarz'ın(2006) çalışmasından derlenmiştir)

Şekil 2.10. Berlin hava yolları etkinliği

Sıklıkla kullanılan bir başka MME ise Swetz ve Hartzler (1991)'den Erbaş vd. (2016) tarafından Türkçeye uyarlanan 'Nasıl Depolayalım' problemidir. Etkinlik aşağıda gösterilen şekilde sunulmuştur (Bkz. Şekil 2.11).

Konserve üretimi yapan bir firma, ürettiği silindirik şeklindeki konserve kutularını saklamak için kısa süreli depoya ihtiyaç duymaktadır. Firma bunu mümkün olan en az maliyete yapmak istemektedir. Saklanmak istenen dik dairesel silindirik şeklindeki konserve kutularının her biri 10 cm yarıçapında ve 30 cm yüksekliğindedir. Firma, 175 konserve kutusunu 2 ay süreyle depolamayı planlamaktadır. Firmanın depolama yapabileceği 3 farklı boyutta depolama dolabı mevcuttur. Her biri 100 cm yükseklikte olan bu depolama dolaplarının taban kenarlarının ölçülerine göre kiralama maliyetleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5

Depoların boyutları ve aylık kira bedelleri

Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Aylık Kira Bedeli (TL)
110	110	100
110	220	150
110	330	200

1. Siz firma sahibi olsaydınız maliyeti en aza indirmek için hangi depolama dolabını, hangi şekilde kullanırdınız?
2. Firma sonraki üretimlerde farklı sayılarda konserve kutularını depolamaya ihtiyaç duyabilir. Bunun için, firmanın hep aynı tür depolama dolaplarını kullanması uygun olur mu? Ne önerirsiniz?

Not: Kutularda depolarda dik konumda durması depoların güvenliği açısından önemlidir.

Şekil 2.11. Nasıl depolayalım etkinliği

Bu çalışmanın içerik çıktıları doğrultusunda MOP dikkate alınarak fen konularına yönelik altı farklı etkinlik tasarlanmıştır. Tasarlanan etkinlikler alan yazında MME eksikliğini gidermek adına iki biyoloji, iki kimya ve iki fizik alanındaki konulardan yola çıkılarak konu uzmanlarının görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen etkinlikler için öğretmen adayları ile pilot çalışması yapılmış olup eş zamanlı olarak etkinlik formu da geliştirilmiştir. Veri analizleri bölümünde detaylı olarak ilgili çalışmalar açıklanmıştır. Matematiksel modelleme etkinlikleri oluşturma amacı üzerine çalışmanın kuramsal çerçevesi, yukarıda verilen bilgiler ve çalışmalar ışığında derlenmiştir.

2.3. Fen Eğitiminde Matematiksel Modelleme Çalışmaları

Araştırmanın bu aşamasında alan yazında fen eğitiminde matematiksel modelleme çalışmaları hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır. Öncelikle söylemek gerekir ki literatürde fen alanında yapılan çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Ulusal Tez Merkezi'nin (<https://tez.yok.gov.tr/> erişim tarihi 25.03.2022) veri tabanında detaylı arama yapıldığında 'matematiksel modelleme' üzerine 855 tezin mevcut olduğu görülürken bunlardan sadece iki tanesi fen eğitiminde matematiksel modelleme üzerine yapılmış doktora tezleri olduğu görülmektedir.

Yıldız ve Yenilmez (2019) çalışmalarında 2000-2017 yılları arasında eğitim alanında ülkemizde yapılmış olan matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezleri tematik açıdan incelemişlerdir. Tablo 2.3' te görüldüğü üzere yapılan tezlerin çoğunluğu matematik eğitimi üzerinedir. Başkan (2011) tarafından fizik eğitimi alanında hazırlanan doktora çalışması fen eğitimi alanına dahil edilebilir tek çalışma olduğu söylenebilir.

Tablo 2.3. Tezlerin bilim dallarına göre dağılımı

Bilim Dalı	Yüksek Lisans	Doktora	Toplam
	f	f	f
Matematik Öğretmenliği	8	13	21
İlköğretim Matematik Öğretmenliği	14	2	16
İlköğretim	3	3	6
Sınıf Öğretmenliği	1	1	2
Fizik Öğretmenliği	0	1	1
Sistem mühendisliği	1	0	1
Belirtilmemiş	1	0	1

Yapılan araştırma sonucunda en çok modellemeye yönelik görüş ve problem çözme konularında çalışıldığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların daha çok ortaokul öğrencileri ve öğretmen adayları üzerinde yapıldığı ve öğretmenler üzerinde çok fazla çalışma yapılmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada sistemin içerisinde olan öğretmenlerin matematiksel modelleme konusunda bilinçlenmeleri ve bu konudaki eksikliklerinin tespit edilmesi için daha fazla çalışma

yapılması önerilmektedir. Bir diğer öneri ise matematiksel modelleme ilgili diğer bilimlerde çok fazla çalışma yapılmadığından dolayı farklı bilim dallarında disiplinler arası çalışılmasıdır.

Koç (2020) son 20 yıldaki (2000-2019) matematiksel modelleme üzerine yapılan 70 yüksek lisans ve doktora tezinin içerik analizini yaptığı çalışmada bu tezleri özellikle model ve modelleme perspektifi açısından inceleyerek, Türkiye’de yapılan modelleme çalışmalarının genel durumunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu 70 çalışma içerisinde modelleme etkinliği içeren 42 çalışma, model ve modelleme yaklaşımının altı tasarım prensibi bağlamında kavramsal kodlama yöntemiyle incelenmiştir. Tez çalışmalarında kullanılan modelleme etkinliklerinden %19’ unun modelleme etkinlik oluşturma prensiplerinin tamamını karşıladığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmalarda kullanılan etkinliklerin çoğunlukla MOP’ini karşılamadığı ortaya çıkarılmıştır.

Başkan (2011)’ ın doğrusal ve düzlemde hareket ünitelerinde matematiksel modelleme kullanılarak ilişkilendirilen fizik derslerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenmeleri üzerine etkilerini incelemeyi amaçladığı çalışmada 45 fen bilgisi öğretmenliği bölümünden 1.sınıf öğrencisi ile nicel araştırma yöntemlerinden yarı deneysel deseni kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Araştırma sonucunda fen bilgisi öğretmen adaylarının temel matematik bilgilerine yönelik eksiklerinin olduğu sonucuna varılmıştır. Öğretmen adaylarının kavramlar arası ilişkileri görme, kavramlarda derin anlamaları gerçekleştirme ve sonuçlarını yorumlamaya yönelik başarılarında bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmadaki önemli diğer sonuçlardan diğeri ise katılımcıların problemi anlama aşamasında başarısız olma nedeni olarak öğretmen adaylarının doğrudan problemi çözmeye yöneldikleri şeklindedir. Ayrıca sürecin başında öğretmen adaylarının değişkenleri belirlemekte ve sadeleştirmekte sorun yaşadıklarından dolayı problemi çözemedikleri belirtilirken sürecin ilerleyen zamanlarında bu yeterliklerinin geliştiği ifade edilmektedir. Grup içi tartışmaların öğretmen adaylarının problemi çözmelerine yardımcı olduğu; bu tartışmalar sayesinde problem çözme stratejileri geliştirdikleri, bunun durumun sürece katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Deniz ve Yıldırım (2018) fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerini çözme becerilerinin modelleme süreci bağlamında incelenmesi amacıyla 20 fen bilgisi öğretmen adayıyla, Erbaş vd. (2016) geliştirdikleri “Atlamak ya da

atlamamak!” ve “Süt ineklerinin dengeli beslenmesi?” etkinliklerini kullanarak nitel bir araştırma yapmışlardır. Elde ettikleri verilerin betimsel analiz yöntemi kullanarak analiz etmeleri sonucunda, öğretmen adaylarının matematiksel modellemenin tüm aşamalarında sorunlar yaşadıkları tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, öğretmen adaylarının ilk etkinlik olan ‘Atlamak ya da Atlamamak’ probleminde çoğunun problem durumunu anladıkları fakat bütün grupların değişkenleri kısmen seçtiği, matematiksel modeli kısmen oluşturduğu ve matematiksel sonuçları gerçek hayat durumlarına kısmen yorumladıkları sonucuna varılmıştır. Öte yandan, grupların yarısının matematiksel modeli çözmede kısmen başarılı oldukları görülürken diğer yarısının ise matematiksel modeli çözemedikleri tespit edilmiştir. İkinci etkinlikte ise grupların tamamının modellemenin hiçbir basamağında başarılı olamadıkları ortaya çıkarılmıştır. Deniz ve Yıldırım (2018), bu durumun nedeni olarak ilk etkinliğin fizik ile ilişkisinin daha açık olması, ikinci etkinliğin ise çözüm yolunun ve problemin karışımlar konusuyla ilişkisinin açık bir şekilde belli olmaması olarak ön görmüşlerdir. Matematiksel modellemenin istenilen düzeyde uygulanabilmesi için matematiğin diğer disiplinlerle ilişkilendirilmesi ve diğer disiplinlerdeki öğretmenlerle de işbirliğinin yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Son olarak araştırmacılar fen bilgisi öğretmenleri ve fen bilgisi dersini alan öğrencilerle daha fazla araştırma yapılmasını önermektedirler.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 117K169 numaralı ‘*Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş*’ proje kapsamında Gürbüz vd. 2017-2020 yılları arasında, matematik ve fen bilgisi öğretmenlerinin işbirliğiyle, disiplinler arası matematiksel modelleme [DMM] etkinlikleri geliştirmelerini sağlayan öğrenme ortamı tasarlamak, bu etkinlikleri öğrenme ortamına taşımak ve olası çıktılarını inceleyerek, öğretmen ve öğrenci gelişimini disiplinler arası matematiksel modelleme kapsamında değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar 9 matematik ve 9 fen bilgisi öğretmeni ile ikişerli gruplar halinde 12 hafta süren bir çalışma yürütmüşlerdir. Nitel araştırma yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada öğretmenlerin DMM sürecinde “değişkenleri belirleme”, “varsayımları oluşturma”, ve “genel bir çözüm için zihinsel model oluşturma” aşamalarında zorluklar yaşadıkları sonucuna varmışlardır. Ayrıca, elde edilen sonuçlara göre öğretmenlerin DMM’ nin etkinlik boyutuyla ilgili deneyimlerinin yeterli

olmadığını gösterdiğinden dolayı öğretmenlerin deneyimlerini artıran çalışmaların yürütülmesi ve öğretmenlerin modelleme yeterliklerini alt boyutlarıyla birlikte ele alan araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Güder (2019) yaptığı çalışmada, matematiksel modelleme problemleri kullanarak matematiğin fen bilimleri ve Türkçe ile ilişkilendirilmesini geliştirmeyi amaçlayan bir öğrenme ortamı tasarlamayı ve değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çok katmanlı öğretim deneyi yöntemini kullandığı çalışmayı öğretmen bir matematik, bir fen, bir Türkçe öğretmeni ile dokuz 7. sınıf öğrencisi birlikte çalışarak yürütmüştür. Çalışmada yarı yapılandırılmış mülakatların, gözlemlerin ve video kayıtlarının çözümlemeleri yapılarak, disiplinler arası modelleme etkinlikleri ile yapılan öğretimin; öğrencilerin disiplinler arası (Fen, Matematik, Türkçe) kavram öğrenimi ve matematiksel muhakemelerini geliştirdiği, disiplinlere olan tutumu olumlu yönde etkilediği, öğretim programlarında benzer etkinliklerin bulundurulması gerektiği sonuçları ortaya çıkarılmıştır.

Hıdıroğlu ve Can (2020) HTTM (Bilim Tarihi/Teori/Teknoloji/Modelleme) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisinin incelemek amacıyla 27 fen bilgisi öğretmen adayı ile beş haftalık bir çalışma düzenlemişlerdir. Ön test-son test tek gruplu yarı-deneysel araştırma deseninin kullanıldığı çalışmada deney grubu ile Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu (2016) tarafından ortaya konan HTTM öğrenme sürecini içeren bir eğitim gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, matematiksel düşünme ölçeği (Ersoy ve Başer, 2013), İskenderiye Deniz Feneri matematiksel modelleme problemi (Hıdıroğlu ve Özkan Hıdıroğlu, 2016) ve matematiksel modellemeye ilişkin dereceli puanlama anahtarı (Özkan Hıdıroğlu ve Hıdıroğlu, 2016) veri toplama aracı olarak kullanıldığı belirtilmektedir. Çalışmanın sonucu olarak HTTM destekli öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel düşünmeye ilişkin algılarını ve matematiksel modellemede tüm alt yeterliklerinin pozitif yönde anlamlı olarak geliştirdiği vurgulanmıştır. Ek olarak, matematiksel modelleme becerilerindeki boyutlarda en fazla gelişmenin “gerekli stratejik etkenleri belirleme”, “gerekli matematiksel kavramları belirleme” ve “problem çözme stratejisi ortaya koyma” da olmuşken en az gelişimin “elde ettiklerini farklı yollarla doğrulamaya çalışma” da olduğu sonucuna varılmıştır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında araştırmanın deseni, araştırma grubu, veri toplama araçları, veri toplama süreci, verilerin analizi ve geçerlik güvenirlik çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. Araştırma Deseni

Driscoll (1995) eğitim ve öğretimin gelişen doğası gereği matematiksel modelleme çalışmalarının farklı araştırma desenlerine açık olması, araştırmacıların farklı yöntemlerle ilgili daha fazla bilgi edinmesi ve yalnız bir araştırma deseni ile yürütülmemesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada, araştırmanın üç temel amacı doğrultusunda farklı araştırma desenleri ve yaklaşımları uygulanmıştır. Çalışmanın giriş kısmında da belirtildiği üzere çalışmanın üç temel amacı şunlardır;

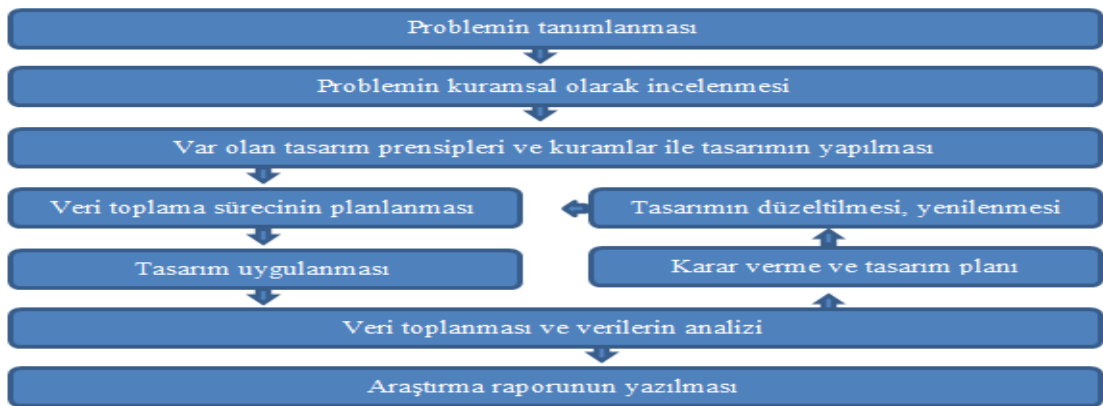
- 1) Fen eğitiminde kullanılabilecek, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirerek bu konuda ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğini gidermek.
- 2) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerini incelemek.
- 3) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme ve modellemenin fen öğretiminde kullanımı ile ilgili görüşlerini incelemek.

Belirtilen amaçlara dikkat edildiğinde ilk amacın, bu çalışmada kullanılmak üzere fen konularına yönelik ‘matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirme’ hedefini taşımaktadır. Diğer iki amacın ise çalışmadaki matematiksel modelleme sürecine ilişkin belirli durumlar olan ‘yeterlikleri’ ve ‘görüşleri’ ortaya çıkarmayı amaçladığı görülmektedir. Dolayısıyla araştırmada hem geliştirme hem de değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. Üç amaç için de nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiştir. Araştırmada izlenen bazı temel aşamalar farklı çalışmalar olarak ele alındığı için her birinde izlenen yöntem ilgili başlıklarda ayrı ayrı tartışılacaktır.

İlk olarak fen eğitiminde kullanıma yönelik MME’nin geliştirilmesi ve değerlendirilmesine ilişkin izlenen yöntem ele alınmaktadır.

3.1.1 Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi

Bu araştırmanın pilot çalışmasını da oluşturan modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi ve uygulamaya geçirilmesi süreci için alan yazında tasarım araştırması (Design Research) adı verilen yaklaşım kullanılmıştır. Kuzu vd. (2011) tasarım tabanlı araştırmalarda, bir tasarımı geliştirmek amacıyla araştırma sürecindeki işleyiş doğrultusunda tasarımda değişiklikler ve düzeltmeler yapıldığını belirtmektedirler. Tasarımda çalışmayan unsurların niçin çalışmadığının analiz edilmesi, tasarımın çalışmayan unsurlarına yönelik düzeltmeler yapılarak yeniden uygulamaya konması açısından önem arz etmektedir (Kuzu vd., 2011). Yapılan düzeltmeler sonunda aynı tasarımın unsurlarının uygulamada çalışıp çalışmadığı yeniden test edilmektedir. Aynı tasarım unsurundaki düzeltmeler tasarımın kararlı bir şekilde çalıştığı tespit edilene kadar tekrar tekrar yapılmaktadır. Ayrıca, çalışma raporunda tasarımın detaylı bir biyografisinin sunulması, verilen kararların inanılabilirliği bakımından faydalı olmaktadır. Bir tasarım araştırmasının aşamaları Kuzu vd. aktarıldığı üzere Şekil 3.1’de görülmektedir. Bu yaklaşım gereği mevcut alan yazın ve bağlamsal durumlar doğrultusunda MME oluşturulmuştur. Oluşturulan MME elde edilen nitel veriler ışığında değerlendirilerek revize edilmiştir. Geliştirilen etkinliklerin değerlendirilmesinde gözlemler, mülakatlar, inceleme formları ve benzeri nitel veriler ışığında nitel araştırma teknikleri kullanılmıştır. Araştırmanın ilk aşamasında fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme süreçlerinde kullanılacak matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi için etkinlikleri belirleme, değerlendirme ve uygulama sürecinden oluşan üç aşamalı bir süreç izlenmiştir.



Şekil 3.1. Tasarım tabanlı araştırmanın uygulama basamakları

3.1.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi

Çalışmada fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme sürecindeki bilgi, beceri ve davranışları incelendiği için yeterlikleri açısından değerlendirmelerde bulunulmuştur. Henning ve Keune (2007) matematiksel modelleme yeterliklerin doğrudan gözlemlenemeyeceğini ve sadece öğrencilerin veya öğretmenlerin matematiksel modelleme görevlerini yerine getirirken yaptığı çalışmalarda eylem ve davranışlarının gözlemlenmesi ile yeterliklerin belirlenebileceğini ifade etmektedirler. Bu doğrultuda fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin MMY'ni inceleme amacı için detaylı ve derinlemesine incelemelere imkân tanıyan, süreci ve süreç içindeki eylem ve davranışları yakından gözlemlenmesini sağlayan nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması desenine göre tasarlanmasına karar verilmiştir. Durum çalışması araştırmacının zaman içerisinde sınırlandırılmış bir veya birkaç durumun çoklu kaynakları içeren veri toplama araçları ile derinlemesine incelediği, bütüncül bir yaklaşımla araştırıldığı, durumların ve duruma bağlı temaların tanımlandığı bir desendir (Creswell, 2013; Yıldırım ve Şimşek, 2018).

3.1.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinin incelenmesi

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme sürecini deneyimleri sonrasında matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinin incelenmesi için nitel araştırma yöntemlerinden olgu bilim deseni kullanılmıştır. Bu desen, bireylerin bir olguya ilişkin yaşantılarını, algılarını ve bunlara yüklediği anlamları ortaya çıkarmaya yönelik, birey sayısının az olduğu çalışma grubu ile çalışılan, veri toplama aracı olarak görüşme ve gözlemin kullanıldığı, genellenebilir sonuçlar ortaya koymayı amaçlamayan bir nitel araştırma türüdür (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Olgu bilim desenin kullanıldığı çalışmalarda verilerin elde edildiği kaynaklar, bu olguyu bizzat yaşayan ve yansıtabilecek bireyler ya da gruplardır (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

3.2. Araştırma Grubu

Bu çalışmada, üç temel amaç doğrultusunda farklı fen bilgisi öğretmen ve öğretmen adayı gruplarıyla çalışılmıştır.

3.2.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi araştırma grubu

Ön çalışmada fen ve matematiğin ilişkilendirmesine en uygun yöntemin ve ilişkilendirmede kullanılacak konuların belirlemek için eğitim fakültesinde fen ve matematik eğitimi bölümünde fizik, kimya, biyoloji, matematik konularında lisans ve lisansüstü dersleri yürüten birer akademisyen ile mülakatlar yürütülmüştür. Akademisyenlerin belirlenmesinde kolay ulaşılabilir durum örnekleme (convenience sampling) kullanılmıştır. Bu yöntem, araştırmacıya yakın ve erişilmesi kolay olan bir durumu seçebilmesine imkân tanıdığı için araştırmaya hız kazandıran bir yöntemdir (Kılıç, 2013).

Çalışmanın pilot uygulama sürecinde gönüllülük esas alınarak, tasarlanan öğretim materyallerinin pilot uygulamasına, 12 fen bilgisi öğretmen adayı bir listeden basit seçkisiz (rasgele) örneklem seçimi yöntemi kullanılarak dâhil edilmiştir. Basit rastgele örneklemede tüm birimler seçimde eşit şansa sahiptir ve bir listeden rastgele birimler seçilir (Kılıç, 2013). Pilot çalışmasına katılan öğretmen adayları A1, A2, A3..., A12 şeklinde kodlanmış olup, katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Katılımcılara ait demografik bilgiler

Katılımcı	Cinsiyet	Eğitim Durumu	Program	MM Deneyimi
A1	Erkek	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A2	Erkek	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A3	Erkek	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A4	Erkek	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A5	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A6	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A7	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A8	Erkek	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A9	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A10	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A11	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-
A12	Kadın	4. Sınıf Lisans	FBÖ	-

3.2.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi araştırma grubu

Araştırmanın esas uygulamasında amaçlı örneklem (non-probabilistic sampling) yöntemi kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yönteminde belli bir amaç doğrultusunda seçilen araştırma grubundan hareketle bir konunun derinlemesine incelenmesi hedeflenmektedir. (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Araştırma grubunu, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalının dördüncü sınıfına devam eden dört öğretmen adayı, fen bilgisi öğretmenliği lisans derecesi almış fakat ataması gerçekleşmemiş dört fen bilgisi öğretmeni ve Milli Eğitim Bakanlığına bağlı devlet okullarında fen bilgisi öğretmenliğini sürdüren deneyimli dört öğretmen oluşturmaktadır.

Bu araştırma grubu lisans düzeyinde fen eğitiminde fizik, kimya, biyoloji ve matematik derslerini başarıyla tamamlama ölçütü ve fen bilgisi öğretmenliği mesleğindeki deneyimleri ölçütü göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Böylelikle esas uygulama sürecinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örneklem yöntemi (criterion sampling) kullanılmıştır. Araştırma grubu gönüllülük esasına dayalı olarak oluşturulmuştur. Katılımcılara gönüllü olarak çalışmaya dahil olduklarına dair onam formu imzalatılmıştır.

Çalışmada fen bilgisi öğretmen adayları; U1, U2, U3, U4 fen bilgisi öğretmenliği lisans derecesi almış fakat ataması gerçekleşmemiş öğretmenler; P1, P2, P3, P4 Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı devlet okullarında fen bilgisi öğretmenliğini sürdüren öğretmenler ise; T1, T2, T3, T4 şeklinde kodlanmıştır. Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler Tablo 3.2' de gösterilmektedir.

3.2.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin incelenmesi araştırma grubu

Olgu bilim deseninin kullanıldığı çalışmalarda verilerin elde edildiği kaynaklar bu olguyu bizzat yaşayan, dışa vurabilecek veya yansıtabilecek bireyler ya da gruplar olduğundan dolayı matematiksel modellemeye yönelik görüşleri belirlemek için bu çalışmada sunulan etkinliklerin tamamına eksiksiz olarak katılan bireyler ile mülakatlar yapılmıştır.

Tablo 3.2. Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler

Katılımcı	Cinsiyet	Mesleki Deneyim (Yıl)	Eğitim Durumu	MM Deneyimi
T1	Erkek	10	Doktora Öğrencisi	-
T2	Erkek	9	Yüksek Lisans mezun	-
T3	Erkek	9	Doktora Öğrencisi	-
T4	Erkek	11	Lisans mezun	-
P1	Kadın	3	Yüksek Lisans Öğrencisi	-
P2	Kadın	-	Yüksek Lisans Öğrencisi	-
P3	Kadın	1	Yüksek Lisans Öğrencisi	-
P4	Erkek	-	Doktora Öğrencisi	-
U1	Kadın	-	4. Sınıf Lisans	-
U2	Kadın	-	4. Sınıf Lisans	-
U3	Kadın	-	4. Sınıf Lisans	-
U4	Kadın	-	4. Sınıf Lisans	-

Matematiksel modelleme yeterliklerini incelenme çalışmasına katılan araştırma grubundaki toplam on iki öğretmen ve öğretmen adayından dokuzu ile matematiksel modellemeye yönelik görüşlerini elde etme çalışması devam ettirilmiştir. Esas uygulama grubundaki T4, P4 ve U4 etkinliklerin tamamına katılmadıkları için bu araştırmanın bu kısmına dahil edilmemişlerdir.

Çalışma grubunun belirlenmesinde, düzenli katılım ölçütü dikkate alındığından dolayı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örneklem yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada yürütülen çalışmalar ve araştırma grubu bilgileri Tablo 3.3’ te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Araştırma grubu ve yürütülen çalışmalar

Çalışma	Çalışma grubu	Yöntem	Sayı
Ön Görüşmeler	Akademisyenler	Kolay Ulaşılabilir	4
MME Pilot Uygulamaları	FBÖA	Basit seçkisiz	12
MMY	FBÖA ve FBÖ	Ölçüt	12
MM görüşler	FBÖA ve FBÖ	Ölçüt	9

3.3. Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Süreci

Çalışmada nitel veri toplama araçlarından doküman inceleme, görüşme ve gözlem teknikleri kullanılmıştır.

3.3.1. Doküman inceleme

Doküman inceleme, araştırmanın veri setini oluşturan birincil veya ikincil kaynak olarak nitelendirilen çeşitli dokümanların elde edilmesi, gözden geçirilmesi, sorgulanması ve analizi olarak tanımlanabilir. Doküman incelemesi, hem basılı hem de elektronik materyalleri incelemek veya değerlendirmek için sistematik bir işlemdir (Bowe, 2009). Yapılan bu çalışmada doküman incelemesi, oluşturulan MME'nin geliştirilme sürecinde kullanılmaktadır. Ek olarak, pilot çalışmanın bir ürünü olarak ortaya çıkarılan ve veri toplama aracı olarak kullanılan 'Etkinlik Formu' vasıtasıyla katılımcıların MMY'ni tespit etmede kullanılmaktadır.

3.3.1.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi

Araştırmanın başlangıcında, çalışmada kullanılacak matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi için '*belirleme*', '*değerlendirme*' ve '*yeniden düzenleme*' adımlarından oluşan üç aşamalı bir süreç izlenmiştir.

Belirleme

Ön çalışmada fen ve matematiğin ilişkilendirmesine en uygun yöntemi tespit etme, ilişkilendirmede kullanılacak konuları belirleme ve modelleme etkinliklerinin ilk sürümlerinin geliştirilmesi amaçları doğrultusunda eğitim fakültesinin Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümünden, bir fizik, bir kimya, bir biyoloji, bir matematik alanlarında ihtisas sahibi lisans ve lisansüstü dersleri yürüten akademisyenler ile çalıştay yapılmıştır. Çalıştayda öncelikli olarak, matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir uzman tarafından fen eğitimcisi akademisyenlere MM üzerine bilgilendirme ve bilinçlendirme toplantısı yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda, konularının dengeli bir biçimde yansıtılması için Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı, üniversite ders kitapları ve alan yazın incelenerek iki fizik, iki kimya ve iki

biyoloji konusu üzerine matematiksel modelleme etkinliği geliştirilmesine karar verilmiştir.

MME'nin taşımaları gereken özellikleri belirlemek ve literatürde var olan modelleme etkinliklerini sınıflandırabilmek için ayrıca bir kaynak taraması ve doküman incelemesi yapılmıştır. Başlangıçta 18 modelleme durumu ve etkinliği belirlenmiştir. Daha sonra bu sayı uzmanlardan alınan geri bildirimler sonucunda 6' ya düşürülmüştür. Bu etkinliklerin adları, kodları, öğrenme alanları, konu bağlamları ve zorluk dereceleri Tablo 3.4' te aktarılmıştır.

Tablo 3.4. Modelleme kullanılmak üzere tasarlanan etkinlikler

Etkinlik Adı	KOD	Öğrenme Alanı	Konu/lar	Zorluk Düzey
Melisa Projesi	MP	Biyoloji	Fotosentez, Solunum, Yaşam Döngüsü	2
Reflü	RE	Kimya	Asitler ve Bazlar, Nötralleşme Tepkimeleri,	2
Yüzen Evler	YE	Fizik	Ağırlık Merkezi, Kütle, Yoğunluk, Kaldırma Kuvveti,	2
Plastik Bakterileri	PB	Biyoloji	Bakteriler, Enzimler, Geri dönüşüm	3
Ozon	OZ	Kimya	Kimyasal tepkimeler, çevre kirliliği	3
Kaydırak	KA	Fizik	Kinetik ve Potansiyel Enerji, Hız, Eğik Düzlem	3

* 1: Kolay, 2: Orta, 3: Zor

Literatürden farklı olarak, belirlenen bu konuların daha fazla duyuya hitap etmesi, gerçek yaşam ile daha kolay ilişkilendirilmesi, motivasyonu artırıcı unsurlar taşıması ve teknoloji ile bağdaştırılması düşüncelerinden yola çıkılarak video formatında sunulmasına karar verilmiştir. Örneğin, 'Reflü' etkinliği Nobel Akademik Yayıncılık'tan çıkan 'Genel Kimya: Moleküler Bir Yaklaşımla Kimyanın İlkeleri -1 / Principles of Chemistry: A Molecular Approach' kitabında Ek-1'de sunulduğu üzere yazılı bir durumken internet kaynakları kullanılarak video röportaj şeklinde sunulmuştur. Benzer bir şekilde Yüzen Evler etkinliği bir gazete haberinde sözel bir durumu iken (<https://www.trthaber.com/haber/dunya/amsterdam-kanallari-uzerinde->

yasam-438695.html) internet kaynak taraması sonucunda Amsterdam şehrinde su üzerinde inşa edilen gerçek bir yüzen evler projesinin tanıtım videosu kullanılarak sunulmasına karar verilmiştir.

Fen alanı ile matematiksel modellemeye uygun olarak geliştirilen MME herhangi yönerge içermemektedir. Bunun nedeni ise problemlerin bireylerin gerçek yaşamda karşılaşacağı şekilde verilerek, matematiksel modelleme yeterliklerinin gerçeğe en yakın durumlarda tespit edilmesinin amaçlanmasıdır (Güder, 2019; Greefrath ve Vos, 2021). Bu şekilde sunulan matematiksel modelleme durumu ile katılımcılara konu üzerinde sınırsız bir alan ve özgürlük verildiği düşünülmüştür.

Modelleme durumunun daha anlaşılabilir hale getirilmesi için sürece fark ettim-merak ettim faaliyetlerinin eklenmesi planlanmıştır. Konu uzmanları eşliğinde katılımcılar etkinlik videolarını izleyerek ön tartışma gerçekleştirilmesine kanaat getirilmiştir. Bu çalışmada kullanımının uygun olduğu tespit edilen bu 6 etkinliğin videolarına erişim için karekodlar Şekil 3.2’ de verilmiştir. Böylelikle, etkinlik videoları akıllı telefonlar kullanılarak kolaylıkla erişilebilir hale getirilmiştir. Aşağıda gösterilen kodlar akıllı telefonlardaki barkod okuyucu uygulamasında okutularak ilgili etkinliğin videosuna ve tanıtım bilgilerine erişim sağlanabilmektedir.



Şekil 3.2. Modelleme etkinliklerine erişim kodları

Değerlendirme

Geliştirilen modelleme etkinliklerinin değerlendirmesi yapılırken her etkinlik; matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk, çözüm süreçlerinin müfredata ve düzeyine uygunluk ve dil ve anlatım perspektifleriyle ele alınmıştır. Etkinlikleri matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk açısından değerlendirebilmek için Erbaş vd. (2013)' nin geliştirdikleri modelleme problemi değerlendirme formu kullanılmıştır (Bkz. Ek-2). Bu formda ele alınan değerlendirme ölçütleri, çalışmanın kuramsal çerçevesinde de bahsedilen Lesh vd. (1993; 2000) belirledikleri matematiksel modelleme prensipleri doğrultusunda uyarlanmıştır. Bu ölçütler Erbaş vd. (2013, s.57)' den aktarıldığı üzere şunlardır;

Model Oluşturma Prensibi (MOP)

MO1 - Öğrenciler bu problem üzerinde çalıştıklarında matematiksel yapılar (modeller) ortaya çıkartabilirler mi? Matematiksel bir kavramın kullanımını içermekte midir?

MO2 - Matematiksel ifadelerin (cebirsel) yanı sıra grafik, tablo veya diyagram gibi farklı temsil biçimlerinden birini veya birkaçını kullanmayı gerektiriyor mu?

MO3 - Öğrencilerin dikkatini problem durumunun yüzeysel özelliklerinin ötesinde, altında yatan ilişkilere ve örüntülere yönlendiriyor mu?

Gerçeklik Prensibi (GP)

G1 - Günlük yaşamdan anlamlı bir durumu içermekte midir?

G2 - Öğrencileri tek bir düşünme şekline zorlamak yerine farklı fikirler üretmeye teşvik ediyor mu?

Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi (BP)

B1 - Çözüm sürecinde öğrencilerden beklenen ürünler, ilgili düşünme süreçlerini ve sonuçlarını açıkça gösterebilir mi?

Öz Değerlendirme Prensibi (ÖP)

ÖD1 - Öğrencilere yaklaşımlarının yeterince iyi olup olmadığına karar verebilmeyi sağlıyor mu?

ÖD2 - Öğrencilerin ne ortaya koymaları gerektiği, hangi amaçla ve kim tarafından kullanılacağı açık bir şekilde ifade edilmiş mi?

Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi (PP)

P1 - Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?

P2 - Önemli matematiksel fikirlerin tartışılması ve öğrenilmesi için zengin ortam sağlıyor mu?

P3 - Problem durumu açık ve anlaşılır bir dilde ifade edilmiş mi?

P4 - Problem durumu imla ve dilbilgisi hatalarından arındırılmış mı?

Model Genelleştirme Prensibi (MGP)

MG1 -Geliştirilecek model, diğer kişilerle paylaşılabılır, farklı durumlara uyarlanabilir ve tekrar kullanılabilir genel bir düşünme şekli içerebilir mi?

Yeniden Düzenleme:

Bu 6 etkinliğin saha içi kullanımında eksiklerini görmek ve etkinlikleri revize ederek son sürümlerini ortaya çıkarmak amacıyla çalışmanın pilot uygulaması yapılmıştır.

Pilot Uygulama

Çalışmanın pilot uygulamasında geliştirilen modelleme etkinliklerinin, bir saha çalışması yapılarak bir grup öğretmen adayı ve konu uzmanları ile beraber etkinliklerin ortalama uygulama süresi, sıralaması, zorluk düzeyi ve etkinlik sürecindeki olası problemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu saha çalışma sonucunda, modelleme etkinliklerinin yeniden gözden geçirilip düzeltilmesi ve kullanılacak video vb.

materyallere son şekli verilerek asıl uygulamada kullanıma hazır hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Tasarlanan 6 etkinlik 12 fen bilgisi öğretmenliği son sınıf öğrencisi ile yani öğretmen adaylarıyla test edilmiştir. Yapılan bu pilot çalışmanın başlangıcında, öğretmen adaylarına matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir akademisyen tarafından 2 saatlik teorik eğitim verilmiştir. Teorik eğitim, örnek MM uygulamaları ve etkinlikleri üzerinde tartışmalar yapılarak pratik açıdan desteklenmiştir. MMS ve bileşenleri böylelikle detaylı olarak örneklendirilmiştir.

Rasgele atama yöntemiyle belirlenen bu öğretmen adayları sonraki hafta dörder kişilik üç gruba ayrılarak bu çalışma için tasarlanan MME üzerine çalışmaya başlamışlardır. Süreç ilk olarak matematiksel modelleme konusunda çalışmaları olan başka bir akademisyen tarafından ısındırma etkinlikleri yapılarak başlatılmıştır. Daha sonra ilk uygulama etkinliği olarak ‘Yüzen Evler’ in videosu gruplara izletilmiştir. Fark ettim, merak ettim faaliyetleri çerçevesinde öğretmen adaylarının problem durumlarını idrak etmesi sağlanmıştır. Pilot çalışma haftalık olarak diğer etkinliklerin çözülmesi ile devam ettirilmiş ve 6 hafta boyunca sürdürülmüştür.

Alan uzmanları ve öğrenciler ile yapılan görüşmeler sonucunda etkinlikler yeniden gözden geçirilerek revize edilmiştir. Örneğin, Yüzen Evler etkinliğinin uzun olduğuna karar verilen videodan bazı kısımlar çıkarılarak süresi 4 dakika 53 saniyeden 2 dakika 55 saniyeye indirilmiştir. Kaydırak etkinliğinin videosunun 15. saniyesinde durdurulup problem durumunun tartışılmasına karar verilmiştir.

Pilot çalışmada etkinliklerin sunumu ile ilgili gerekli revizeler yapılırken diğer yandan kuramsal çerçevede bahsedilen ve bu çalışmada kullanılması planlanan Borromeo Ferri (2006)’ nin matematiksel modelleme basamakları göz önünde bulundurularak ‘Etkinlik Formu’ şekillendirilmeye çalışılmıştır. Formun ilk sürümü; Gerçek durumu anlama Basitleştirme ve yapılandırma, Matematikselleştirme, Matematiksel çalışma Yorumlama ve Doğrulama başlıklarından oluşurken pilot uygulama sonrasında detaylandırılarak Ek-3’te verilen halini almıştır. Fark ettim, merak ettim, problem durumları, varsayımlar, değişkenler, ihmal edilebilir değişkenler, ihtiyaç duyulan veriler, konu ile ilgili kavramlar, kavramlar arası ilişkiler, çözüm planı, çizimler,

kullanılacak formüller, matematiksel işlemler, hesaplamalar ve modelin oluşumu, modelin test edilmesi, modelin yorumlanması ve modelin doğrulanması başlıkları eklenerek, Çakmak (2018)' in belirlediği alt yeterliklere göz önünde bulundurularak etkinlik formu yapılandırılmıştır.

3.3.2. Gözlem

Gözlem herhangi bir ortamda meydana gelen davranışları ayrıntılı bir şekilde tanımlamak amacıyla kullanılan bir tekniktir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu tekniğin en büyük avantajı, gözlenecek bireylerin kendi doğal ortamında bulunmasıyla birçok davranışın objektif olarak belirlenmesini sağlamasıdır (Karasar, 2016). Bu çalışmada gözlem tekniği, fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin matematiksel modelleme yeterliklerini incelemek amacıyla oluşturulan öğrenme ortamındaki bilişsel becerilerini izlemek için kullanılmıştır. Asıl uygulama sürecinde gözlemci olarak araştırmacının kendisi ve matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir uzman yer almıştır. Ayrıca pilot uygulama sürecinde gözlemler yapılarak MME'nin eksik ve aksayan yönlerini tespit edilmesine çalışılmıştır. Katılımcıların izinleri alınarak pilot çalışma ve asıl çalışma süreçleri video kaydına alınmıştır.

3.3.2.1. Matematiksel modelleme ortamının tasarlanması

Çalışmanın kuramsal çerçevesi aktarılırken bahsedildiği üzere matematiksel modelleme yeterliklerini geliştiren durumlar vardır. Bu durumlar göz önünde bulundurularak araştırmanın ana uygulaması tasarlanmıştır.

Model, modelleme ve modelleme döngüsü ile ilgili bilgi

Araştırmanın tüm aşamalarında matematiksel modelleme konusunda uzmanlardan destek alınmıştır. Gerek fen alanındaki akademisyenler, gerek pilot çalışmadaki öğretmen adayları gerekse esas uygulamanın çalışma grubunu oluşturan fen bilgisi öğretmen adayları ve öğretmenleri matematiksel modelleme konusunda uzman kişiler tarafından bilgilendirilmiştir. Ortalama 2 saat süren ve kamera yardımıyla kayıt altına alınan bu bilgilendirme çalışmalarında katılımcılara aşağıda belirtilen sorular ışığında eğitim verilmiştir;

- 1) Matematiksel Model nedir?
- 2) Matematiksel Modelleme nedir?
- 3) Matematiksel Modelleme durumu nedir?
- 4) Matematiksel Modelleme döngüsü nedir?
- 5) Matematiksel Modelleme etkinlikleri nasıldır?
- 6) Matematiksel modelleme konusunda yapılan çalışmalar nelerdir?

Grup çalışmaları

Matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişiminde grup çalışmalarının önemli olduğu alan yazında belirtildiğinden dolayı bu çalışmanın modelleme ortamı dört kişiden oluşan gruplar oluşturularak düzenlenmiştir. Pilot çalışmada gruplar rasgele oluşturulurken, esas uygulamada gruplar benzer özellikler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Esas uygulamada grupların oluşturulmasında fen bilgisi öğretmenliği programının lisans düzeyindeki fizik, kimya, biyoloji derslerini tamamlamış olmak ve fen bilgisi öğretmenliği mesleğindeki deneyim ölçütleri göz önünde bulundurulmuştur.

Modelleme durumlarının içeriği

Literatür taramasında fen eğitiminde matematiksel modelleme çalışmaları az sayıda olduğundan dolayı alana yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin de sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu bağlamda araştırmacı fen konularında matematiksel modelleme problemleri tasarlamak için uzmanlarla görüşmeler yapmıştır. Lesh vd. (2000)'nin belirlediği matematiksel modelleme oluşturma prensipleri de göz önünde bulundurularak çalışmada kullanılacak 6 etkinlik pilot çalışma eşliğinde şekillendirilmiştir. Matematiksel durumların içeriklerinin, gerçek hayatla ilişkili, asgari lisans düzeyinde, öğretmen ve öğretmen adaylarının bilgi alanını dâhilinde, birden fazla değişken içeren, yorumlanmaya ve detaylandırmaya açık olmasına özen gösterilmiştir.

Bütüncül yaklaşıma yönelik öğretim ortamının hazırlanması

Bu çalışmada da fen bilgisi öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme sürecinde yeterliklerini incelemek ve gelişimlerini takip etmek amacıyla alt

yeterlikler dikkate alınarak sürecin tamamının değerlendirildiği bütüncül yaklaşıma odaklanılmıştır.

Uzun süreli çalışmalar

Yapılan bu çalışmanın ana uygulaması toplamda 8 hafta sürmüştür. İlk hafta matematiksel modelleme eğitimi verilirken, sonraki hafta örnek bir matematiksel modelleme etkinliği uygulaması yapılmıştır.

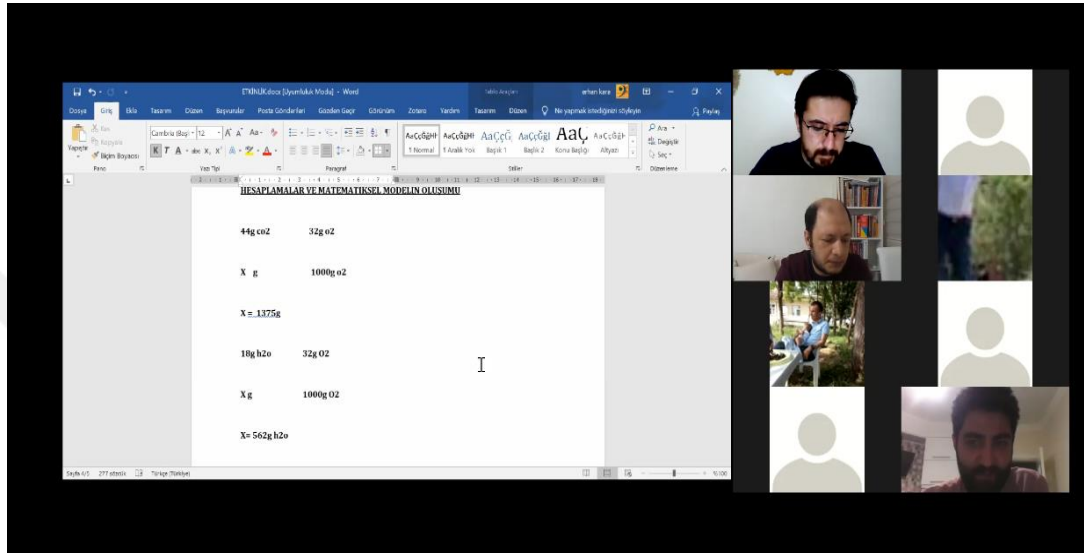
Öğretmen Rolü

Kuramsal çerçevede bahsedildiği üzere, öğrencilerin modelleme sürecinde öğrenmenin merkezinde olduğu, özgür düşünme ve sorgulama becerilerinin sergilenmesi adına öğretmene önemli görev düşmektedir. Bu çalışmada da MME tasarlanırken işbirliği yapılan fen eğitiminde lisans/lisansüstü düzeyinde fizik, kimya ve biyoloji derslerine giren/girmiş olan akademisyenlere süreç içerisinde danışman rolü verilmiştir. Konu uzmanı olan bu kişiler öğrenciler ile birlikte sürecin içerisinde olmuşlardır. Öğretim deneyimi yöntemi (teaching experience methodology)'nde ajan olarak tanımlanan bu rol, bu çalışmada konu alanında uzman akademisyenler tarafından üstlenilmiştir. Her uygulama öncesinde matematiksel modelleme konusunda uzman, ajan ve çalışmanın yürütücüsü bir araya gelerek etkinlik konusuna ilişkin ne tür sorularla karşılaşabileceği, ne tür sorular sorulması gerektiği, nelere dikkat edilmesi gerektiği, katılımcılara aktarılacak ekstra bilgi ve sınırlar üzerinde fikir alışverişinde bulunulmuştur. Benzer şekilde her uygulama sonrasında ekip bir araya gelerek süreç hakkında değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Teknoloji kullanımı

MMY geliştirilmesinde teknoloji kullanımı değişkenine yönelik olarak bu araştırmanın çevrimiçi (online) yapılması planlanmıştır. Başlangıçta yüz yüze olarak tasarlanmasına rağmen Covid-19 pandemi sürecinde yaşanan küresel çaptaki sorunlar sebebiyle Zoom programı üzerinden sürdürülmesine karar verilmiştir. Böylelikle katılımcıların internet bilgi kaynaklarına erişim, Excel, Word, PowerPoint ve benzeri Office programlarını kullanım, bilgisayar yardımıyla hesaplama işlemleri, etkinlik içeriklerine erişim

açısından teşvik edilmiştir. Gruplar dijital doküman kullanımıyla çalışmalarını izleme, paylaşma ve sunma faaliyetlerini gerçekleştirebilmişlerdir. Diğeri taraftan çalışmada ajan rolünü üstlenen konu uzmanının gruplar arasında gezintisi hızlandırılmıştır. Uzaktan eğitimin avantajlarından olan mekândan ve zamandan tasarruf sağlanması gerçekleşmiştir. şekil 3.3' te online çalışma sürecinden bir enstantane sunulmuştur.



şekil 3.3. Çalışmanın online yürütölmesi sürecinden enstantane

3.3.3. Görüşme

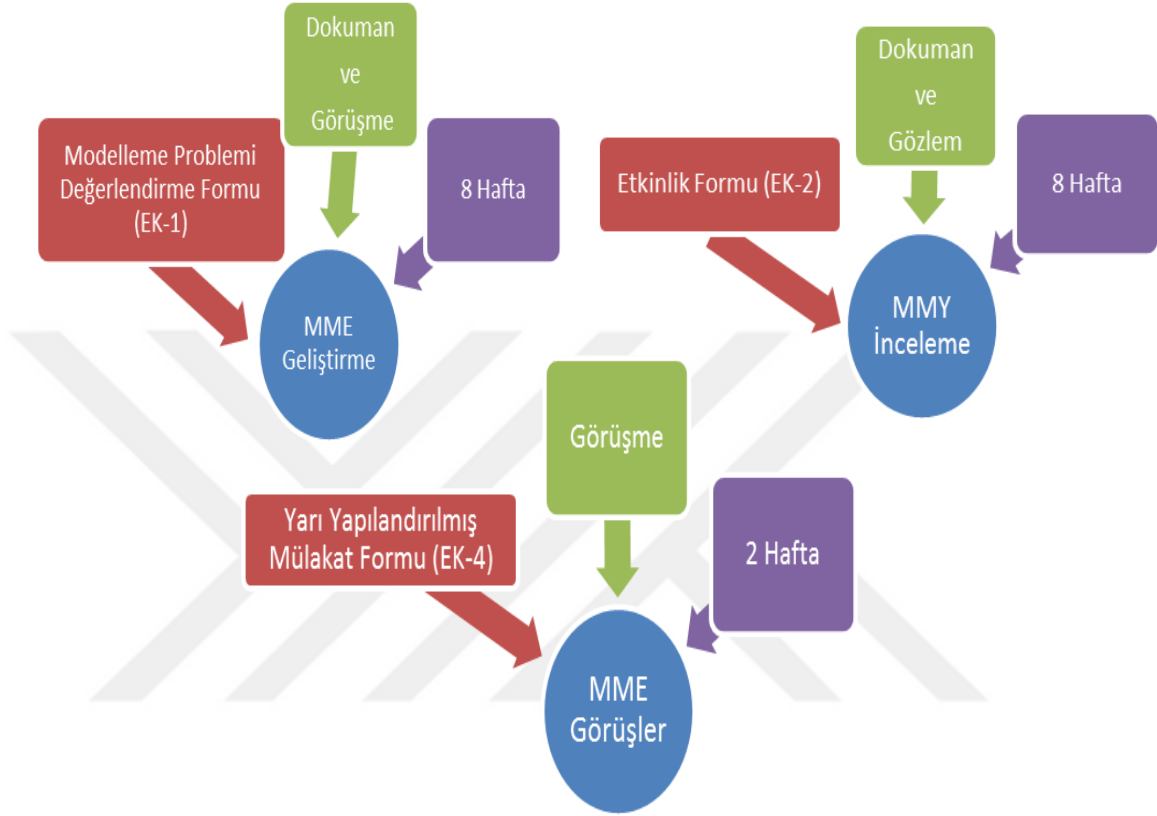
Bu araştırmada görüşme tekniği birden fazla aşamada kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında fen ve matematik eğitiminde alanlarında uzman kişiler ile fen ve matematik ilişkilendirilmesi üzerine görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sayesinde, iki disiplini ilişkilendirmede matematiksel modelleme yönteminin kullanımına ve matematiksel modellemede ele alınacak konuların belirlenmesine karar verilmiştir.

İkinci görüşmelerde ise pilot uygulamaya katılan öğreitmen adaylarının tasarlanan matematiksel modelleme etkinliklerine yönelik işleyiş, görüşlerini belirlemek amacıyla Ek-4'te belirtilen mülakat soruları sorulmuştur.

Son olarak ise asıl uygulama sürecinde tüm etkinliklere eksiksiz katılım göstermiş toplamda 9 fen bilgisi öğreitmen adayı ve öğreitmeni ile matematiksel modellemeye yönelik görüşlerini tespit etmek amacıyla yarı yapılandırılmış mülakatlar yapılmıştır.

Ek-5’te verilen bu yarı yapılandırılmış mülakat soruları alan yazında MM görüşlerinin incelendiği çalışmalardan derlenerek ortaya çıkarılmıştır.

Şekil 3.4’ te çalışmanın süreç ve kullanılan materyaller ile ilgili şema gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Çalışma süreci ve materyalleri

3.4.Verilerin Analizi

3.4.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin analizleri

Çalışmanın birinci temel amacı olan fene yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin analizi için ‘3.3.1.1. Matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi’ başlığı altındaki ‘Değerlendirme’ kısmında açıklandığı üzere Erbaş vd. (2013)’nin geliştirdiği modelleme problemi değerlendirme formu kullanılmıştır. Geliştirilen MME, belirtilen kriterler doğrultusunda betimsel analize tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda MME matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk, çözüm

süreçlerinin müfredata ve düzeyine uygunluk ve dil ve anlatım açılarından değerlendirilmiştir.

Betimsel analiz, çalışmanın kuramsal çerçevesinden, araştırma sorularından, görüşme ya da gözlemde yer alan boyutlardan yola çıkarak önceden oluşturulan temalara göre yorumlanmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Betimsel analiz aşağıda belirtilen dört aşamalı bir süreci ifade etmektedir (Miles ve Huberman, 1994)

- 1) Betimsel analiz için temaların belirlenmesi
- 2) Tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi
- 3) Bulguların tanımlanması
- 4) Bulguların yorumlanması

3.4.2. Matematiksel modelleme yeterliklerinin analizleri

Bu araştırmanın asıl uygulamasındaki çalışma grubunun matematiksel modelleme yeterlikleri, modelleme süreçlerinin video kayıtlarının ve etkinlik formlarının betimsel analize tabi tutulması ile tespit edilmiştir. Matematiksel modelleme yeterliklerin nasıl değerlendirilmesi gerektiği, literatürdeki mevcut değerlendirme araçlarının incelenmesi ile kararlaştırılmıştır.

Yapılan araştırmalarda ön plana çıkan değerlendirme araçlarından Başkan (2011) tarafından geliştirilen ölçütlerde, her yeterlik için doğru cevap kategorisinde yer alan katılımcılar 3, kısmen doğru cevap kategorisinde yer alan katılımcılar 2, yanlış cevap kategorisinde yer alan katılımcılar 1 ve boş cevap kategorisinde yer alan katılımcılar 0 puan kategorisine dâhil edilmiştir. Daha sonra her bir etkinlikten alınan toplam puan hesaplanmış, ardından ise puanlarda standartlaşmanın sağlanması için notlar yüzlük sisteme çevrilmiştir. İlgili çalışmada geliştirilen ölçütlerin göstergelerinin yeterince detaylı olmaması ve yanlış cevapların da puanlamaya (1puan) dâhil edilmesi nedeniyle bu çalışmada kullanılmaktan vazgeçilmiştir.

Hıdıroğlu vd. (2014) 'nin Berry ve Houston (1995)' a dayandırılarak hazırladıkları matematiksel modelleme sürecine ilişkin dereceli puanlama anahtarı incelenmiştir. Hiç yaklaşım sergilememe, bir ölçüde uygun yaklaşım sergileme ve uygun yaklaşım

sergileme şeklindeki dereceli puanlama anahtarı Deniz ve Akgün (2018) “Evet”, “Hayır” ve “Kısmen” şeklinde belirlenip açıklamalarda bulunularak çalışmalarında kullanmışlardır. Matematiksel modelleme sürecine ilişkin dereceli puanlama anahtarında göstergelerin yeterince detaylı olmaması ve değerlendirme ölçütlerinin aralığının dar olması nedeniyle bu çalışmada tercih edilmemiştir.

Bu çalışmada ise ilk olarak, belirtilen amaca ilişkin veri analizi Borromeo Ferri’nin (2006) matematiksel modelleme döngüsüne göre analiz edilmiştir. Böylelikle fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin matematiksel modelleme sürecinde hangi aşamada oldukları tespit edilmiştir. Ferri’nin 6 aşamalı kodlama sistemi ‘*Anlama*’ (durumun zihinsel temsili) aşaması 1, ‘*Basitleştirme ve Yapılandırma*’ (gerçek model aşaması) 2, ‘*Matematikselleştirme*’ (matematiksel model) 3, ‘*Matematiksel Çalışma*’ (matematiksel sonuç) aşaması 4, ‘*Yorumlama*’ (gerçek sonuç) 5 ve ‘*Doğrulama*’ 6 aşaması şeklindedir. Bu çalışmada kullanılan matematiksel modelleme döngüsüne ait seviyelerin tanımları ve göstergeleri Tablo 3.5’ te sunulmuştur.

Tablo 3.5. Matematiksel modelleme döngüsüne ait seviyelerin tanımları ve göstergeleri

Aşama	Kod	Göstergeler
Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	Gerçek dünya durumunu anlar, durumun zihinsel temsilini oluşturur, fakat yapılandırma, basitleştirme, varsayımlarda bulunma ve tahmin etme becerisini gerçekleştiremez.
Gerçek Model	2.Aşama	Birey modelleme durumu ile ilgili varsayımlarda bulunur, durumu basitleştirir yapılandırır, değişkenleri belirler ve bu değişkenlere ilişkin tahminlerde bulunur. Fakat matematiselleştirme yapamamıştır.
Matematiksel Model	3.Aşama	Matematiksel modeli kurar ve bir matematiksel problem oluşturur. Fakat matematiksel problemi çözememiştir
Matematiksel Sonuç	4.Aşama	Matematiksel problemi çözer ve matematiksel sonuçları alır. Fakat gerçek sonuçlara geçiş yapamamıştır
Gerçek Sonuç	5.Aşama	Matematiksel sonuçları yorumlayabilir ve gerçek dünyadaki sonuçları alır, fakat geçerliğini test edemez
Doğrulama	6.Aşama	Gerçek sonuçlarının gerçek dünyadaki doğruluğunu ve geçerliğini test eder.

Tablo 3.5’ te verilen kodlama sistemi aracılığıyla çalışmaya katılan grupların hangi matematiksel modelleme aşamasına kadar varabildikleri belirlenmiştir. Her bir aşamaya ilişkin yeterli, kısmen yeterli ve yetersiz boyutları oluşturulmuştur. Yetersiz olduğu gözlemlenen gruplar bir alt aşamada değerlendirilmiştir. Örneğin, katılımcı ikinci aşamada durumu etkileyen değişkenleri belirler ve bu değişkenlere ilişkin tahminlerde bulunabilirse ikinci aşamada yeterli bir performans göstermiştir. Fakat durumu etkileyen değişkenlerden bir kısmını belirler ve sadece bunlara ilişkin tahminlerde bulunursa veya sadece değişkenleri belirleyip, tahminlerde bulunamazsa ikinci aşamada kısmen yeterli performans göstermiştir. Katılımcı, durumu doğrudan etkileyen değişkenleri belirleyememiş ise yetersiz performans kategorisinde değerlendirilmiştir. Söz konusu yeterlikleri hiç gerçekleştirmemişse bu aşamaya geçiş yapamadığı kabul edilmiştir. Bu durumda katılımcı bir alt aşama olan birinci aşamada değerlendirilmiştir.

Öğretmen adaylarının ve öğretmen gruplarının her bir matematiksel modelleme etkinliğindeki matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterliklerini belirlemek amacıyla Borromeo Ferri (2006) tarafından geliştirilen Blum ve Kaiser tarafından (2006) tarafından uyarlanan ve Çakmak (2018) tarafından revize edilen matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri ölçütleri kullanılmıştır. Bu yeterlikler ve alt yeterlikler Tablo 3.6’ da sunulmuştur.

Belirtilen yeterlikler ve alt yeterlikler açısından grupların çalışmalarının analiz edilmesine örnek olarak ilk etkinlik olan Melisa Projesi’nde grupların performanslarının değerlendirilmesini incelediğimizde, grupların problem durumunu anladıkları fakat yapılandırma, basitleştirme, varsayımlarda bulunma ve tahmin etme becerisini gerçekleştiremedikleri sonucuna varılmıştır. Bu yüzden grupların 1.Aşama’da kaldıkları ve *basitleştirme ve yapılandırma* yeterliklerini sergileyemedikleri tespit edilmiştir. Yani gruplar durumun zihinsel temsilini gerçekleştirmişlerdir fakat gerçek modele ulaşamamışlardır.

Melisa etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma yeterliğine yönelik analizleri detaylı olarak incelendiğine bütün grupların çeşitli varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri, problemi çözümüne yönelik ihtiyaç duydukları verileri ve konu ile ilgili kavramları sıraladıkları görülmektedir.

Tablo 3.6. Matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri

MMY (Borromeo Ferri)	Modelleme alt yeterlikleri (Blum & Kaiser)	Revize edilen modelleme alt yeterlikleri (Çakmak)
Anlama		A1. Verilenleri-istenenleri ifade etme A2. Geçmiş deneyimleri ile bağlantı kurma A3. Durumun bir temsilini çizme
Basitleştirme ve yapılandırma	Modelleme durumu için varsayımlarda bulunma/sadeleştirme Durumu etkileyen nicelikleri belirleme, onları isimlendirme ve anahtar değişkenleri belirleme Değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma Mevcut bilgiyi bulma ve ilgili/ilgisiz bilgileri ayırt etme	B1. Varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme B2. Durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve onları isimlendirme B3. Değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma B4. Mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma
Matematiksel leştirme	İlgili nicelikleri ve aralarındaki ilişkileri matematikselleştirme Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve aralarındaki ilişkileri sadeleştirme ayrıca nicelik sayısı ve karmaşıklığı azaltma Uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme	C1. İlgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme C2. Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme C3. Uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme
Matematiksel çalışma	Problemi küçük parçalara ayırma, benzer problemlerle ilişki kurma, başka şekilde ifade etme, farklı bir şekilde tekrar ifade etme, verileri çeşitlendirme gibi buluşsal stratejiler kullanma Problemi çözmek için matematiksel bilgiyi kullanma	D1. Problemin çözümü için buluşsal stratejiler kullanma; D2. Problemi çözmek için matematiksel bilgiyi kullanma
Yorumlama	Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlara yorumlama Özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme Uygun matematiksel dili kullanarak problemin çözümünü inceleme ve/veya çözümler hakkında iletişim kurma	E1. Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama E2. Özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme E3. Uygun matematiksel dili kullanarak problemin çözümünü inceleme ve/veya çözümler hakkında iletişim kurma
Doğrulama	Bulunan çözümler üzerine yansımalar ve eleştirel kontroller yapma Çözümler durum ile uyumsuzsa, modelin bazı kısımlarını gözden geçirme/matematiksel modelleme süreci boyunca gitme Problemi çözmenin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirip geliştirilemeyeceğini düşünme Genel olarak modeli sorgulamak	F1. Bulunanlar üzerinde yansımalar ve eleştirel kontroller yapma F2. Çözümler durum ile tutarlı değilse, modelin bazı kısımlarını gözden geçirme veya matematiksel modelleme süreci üzerinden geçme F3. Problemi çözmenin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirip geliştirilemeyeceğini düşünme F4. Genel olarak modeli sorgulama

T grubunun ele aldığı varsayımları incelendiğinde ‘1m² yosunun 24 saatte 1kg oksijen ürettiği varsayılmıştır’ ifadesi ile grubun bitki türünü ve bitkinin ürettiği oksijen miktarı değişkenlerini sabitlemeye yönelik doğru bir varsayımda bulunduğu görülmektedir. Grubun ikinci varsayımı olan ‘Yosunların fotosentez yapabilmesi için gerekli koşullar sağlanmıştır’ fotosentezi etkileyen faktörleri kontrol altına almak amacı taşımasına rağmen gerekli koşulların neler olduğu, hangilerinin etkisinin kontrol altına alındığına ilişkin net bir ifade kullanılmadığı söylenebilir. Üçüncü varsayım olan ‘Astronotların belirli bir oksijen tükettiği varsayılmıştır’ net olmayan ve problemin çözümüne yönelik anlam taşımayan bir ifadedir. T grubunun değişkenleri incelendiğinde ise astronotun ihtiyaçları olduğunu düşündükleri oksijen, su ve kuru gıda miktarlarını nicelik olarak belirttikleri oysa bu değişkenlerin niceliklerinin problem çözümlerinde sabitlenemeyeceği anlaşılmaktadır. İhmal edilen değişkenleri ise ‘yosunların oksijen tüketim miktarı’ ve ‘çevresel şartlar’ olarak belirtmişlerdir.

Çevresel şartların çok kapsamlı bir ifade olduğu buna rağmen hangi çevresel faktörlerin problemin çözümüne yönelik ihmal edilebileceğine dair net bir görüş olmadığı görülmektedir. İhtiyaç duyulan veriler ve konu ile ilgili kavramların ise yeterince açık olduğu ve problem konusunu kapsadığı görülmektedir. Bu durumda T grubunun matematiksel modelleme sürecinin basitleştirme ve yapılandırma alt yeterlikleri problemin çözümüne katkısı olabilecek varsayımlarda bulundukları fakat değişkenleri belirleme ve değişkenler arasında ilişki kurmada yetersiz oldukları görülmektedir. P grubundan elde edilen veriler incelendiğinde ise yaşam döngüsünün ortamdaki oksijen ve karbondioksit miktarı dengesinin sağlanarak kaç gün devam edebileceği üzerine problemi çözmek istedikleri görülmektedir. Varsayımlarında ise bu zamanın 100 gün ile sınırlandırıldığı ve zaman değişkeninin sabitlenmek istediği anlaşılmaktadır. Bitkinin türü ve sayısı (oksijen üretim miktarı) ile karbondioksit üreten canlı sayısı (karbondioksit üretim miktarı) doğru değişkenler olarak ele alındığı söylenebilir. İhmal edilebilir değişkenleri incelediğimizde ise grubun fotosenteze etki eden bazı faktörleri (ışık rengi, ışık süresi ve yer çekimi) ihmal etmek istedikleri görülmektedir. Fakat hangi amaçla ve neden ihmal etmek istediklerine dair görüş bildirilmemiştir. Problemin çözümüne yönelik ihtiyaç duyulan verilere bakıldığında ise ihmal etmek istedikleri ışık süresine ihtiyaç duydukları anlaşılmaktadır. Grubun değişkenler arasındaki ilişkiyi yeterince kuramadıkları gözlemlenmektedir. Bu durumda P grubunun matematiksel

modelleme sürecinin basitleştirme ve yapılandırma alt becerilerinde problemin çözümüne katkısı olabilecek bazı değişkenleri belirledikleri fakat değişkenler arasında ilişki kurmada yetersiz oldukları görülmektedir.

U grubundan elde edilen veriler incelendiğinde ise oksijen ve karbondiok döngüsünü kullanarak bu döngünün ne kadar süreceğini belirlemek istedikleri fakat ele aldıkları değişkenlerin çözümlerine katkı sağlayacak düzeyde olmadıkları gözükmemektedir. Varsayımların da ise fotosenteze etki eden faktörleri zaman değişkeni içinde sınırlandırdıkları görülmektedir. İhmal edilen değişkenlerin niçin ihmal edildiklerini ve probleme hangi açılardan katkıda bulunacağına dair açıklamalar bulunmamaktadır. Bu durumda U grubunun matematiksel modelleme sürecinin basitleştirme ve yapılandırma alt becerilerinde problemin çözümüne katkısı olabilecek varsayımlarda bulundukları fakat değişkenleri belirleme ve değişkenler arasında ilişki kurmada yetersiz oldukları görülmektedir.

3.4.3. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin analizleri

Çalışmanın asıl uygulamasında, matematiksel modelleme etkinliklerin tamamına iştirak eden katılımcılarla matematiksel modellemeye yönelik görüşleri tespit için süreç sonunda yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Görüşmede katılımcılara matematiksel modelleme kavramına yönelik sorular sorulmuştur. Yarı yapılandırılmış mülakat formu Ek-5'te sunulmuştur.

Mülakattan elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizi, elde edilen verilerin ayrıntılı incelenmesini ve bu verileri açıklayan kavram, kategori ve temalara ulaşılmasını gerektiren bir analiz süreci olarak tanımlanmaktadır (Merriam ve Grenier, 2019). Mülakat, gözlem veya doküman yoluyla elde edilen veriler, dört aşamada analiz edilmektedir (Miles ve Huberman, 1994). Bu aşamalar şu şekildedir;

- 1) Verilerin kodlanması
- 2) Kod, kategori ve temaların bulunması
- 3) Kod, kategori ve temaların düzenlenmesi
- 4) Bulguların tanımlanması ve yorumlanması

Bu doğrultuda öncelikli olarak, üç uzman birbirlerinden bağımsız çalışıp mülakat verilerinden kodlar ortaya çıkarmışlardır. Kodlardan yola çıkarak kategoriler oluşturmuşlardır. Oluşturulan kategorilerden ise temaları ortaya çıkarmışlardır. Daha sonra uzmanlar birlikte çalışarak kod, kategori ve temaların son şeklini vermişlerdir. Böylelikle ‘Matematiksel Modelleme Algısı’, ‘Matematiksel Modellemenin Fen Eğitimine Katkıları’ ve ‘Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Kullanımı’ temaları oluşturulmuştur. Kategoriler ise matematiksel modelleme algısı altında *‘tanım ve yeterlikler, fen öğretimine katkı teması altında fen okuryazarlığı ve kullanım teması altında koşullar, deneyimleme ve konular* başlıkları olarak ortaya çıkarılmıştır. Matematiksel modellemeye yönelik görüşlere ilişkin temalar, kategoriler ve kodlar Tablo 3.7’ de gösterilmektedir.

Tablo 3.7. Matematiksel modelleme görüşlerine ilişkin tema, kategoriler ve kodlar

Temalar	Kategoriler	Kodlar
Matematiksel Modelleme Algısı	Tanım	Matematiksel ifade etme
		Matematik ile günlük hayat arasında ilişki
		Basitleştirme ve Sadeleştirme
	Yeterlik	Matematiksel modelleme bilgisi Matematiksel işlem becerisi Düşünme becerileri Fen Alan bilgisi
Fen Eğitimine Katkıları	Fen Okuryazarlığı	Bilimsel süreç becerileri Yaşam becerileri Fen öğretimi
	Koşullar	Seviye Zaman
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Kullanımı	Deneyimleme	Karşılaşmadım Kullanmayı düşünüyorum
	Konular	Fizik Kimya Biyoloji Tüm fen konuları

3.5 Geçerlik Çalışmaları

Nitel çalışmaların geçerliğini sağlamak için çeşitli stratejilerden vardır (Creswell ve Miller, 2000). Bu stratejiler ve çalışmadaki etkileri şu şekildedir;

3.5.1. Veri çeşitleme (Üçgenleme)

Çoklu ve farklı kaynaklar, bir çalışmanın bulgularının geçerliğini sağlamak için kullanılmaktadırlar (Miles ve Huberman, 1994). Bu çalışmada da gözlem, mülakat, doküman inceleme gibi farklı veri toplama araçları kullanılarak veri çeşitliliği sağlanmış ve geçerlik yükseltilmiştir.

3.5.2. Uzun süreli etkileşim

Nitel çalışmalarda uzun süreli gözlem, katılımcılara güven oluşturma, kültürü tanıma ve araştırmacıdan kaynaklı yanlış bilgilerin kontrol edilmesine imkan tanımaktadır (Glesene ve Peshkin, 1992). Yapılan bu araştırmanın pilot uygulaması 8 hafta, asıl uygulaması ise 10 hafta (Yeterliklere yönelik çalışma 8 hafta, görüşlere yönelik çalışma 2 hafta) sürmüş olup uzun süreli bir çalışma olduğu söylenebilir. Bununla birlikte verilerin analizleri yaklaşık bir yıllık bir süreçte gerçekleştirilmiş olup; analizlerin tekrar tekrar yapılması, verilerin farklı uzmanlar tarafından değerlendirilmesi, ortaya çıkan uyuşmazlıklar sonucunda literatüre başvurulması, alanda uzun süre çalışılmış olduğunun göstergesidir.

3.5.3. Katılımcı onayı

Görüşmeler sırasında araştırmacı, katılımcılara “Neden?, Nasıl yaptın?, Burada ne demek istedin?” şeklinde sorular yönelterek görüşlerini detaylandırma yoluna gitmiştir. Bu şekilde de katılımcı onayı sağlanmaya çalışılmıştır.

3.5.4. Uzman incelemesi

Fen eğitimine yönelik çalışmada kullanılacak matematiksel modelleme etkinliklerinin tasarlanması, veri toplama araçlarının seçimi, veri analiz süreci ve matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin değerlendirmesi aşamalarında uzmanlarla işbirliği

yapılmıştır. Matematiksel modelleme yeterliklerinin belirlenmesine ilişkin veriler araştırmacının kendisi, matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir uzman ve ilgili etkinliğin konu alanındaki uzman tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.6. Güvenilirlik Çalışmaları

Güvenirliğin sağlanması için verilerin çoklu kodlayıcılar tarafından kodlanması ve kodlayıcılar arası görüş birliği sağlanması önem arz etmektedir (Creswell, 2003).

3.6.1. Değerlendiriciler arası uyum

Tablo 3.8’ de her bir analizde yer alan görüş birliği, ayrılığı ve analizler arasındaki uyum yüzdeleri verilmiştir. Kodlamalar araştırmacının kendisi ve matematiksel modelleme üzerine doktora sahibi bir uzman tarafından yapılmıştır. Analizler arasındaki uyum yüzdesi, yani değerlendiriciler arası güvenilirlik katsayısı Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen $[\text{görüş birliği}/(\text{görüş birliği}+\text{görüş ayrılığı})\times 100]$ formülü ile hesaplanmıştır. Uyum sağlanmayan veriler tekrar analize tabi tutulmuş ve tartışmalar sonucunda ortak karara bağlanmıştır. Nitel bir çalışma için kodlamanın güvenilirliğinin en az %80 uyum düzeyinde olması gerektiği belirtilmektedir (Miles ve Huberman, 1994). Araştırmadaki uyum yüzdelerine bakıldığında ise değerlerin %85 ve üzeri olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8. Analizler arasındaki uyum

Çalışma	Kodlayıcılar	Görüş Birliği	Görüş Ayrılığı	Uyum Yüzdesi (%)
MME değerlendirme	İki Uzman	66	12	85
MM yeterlikler	İki Uzman	34	2	94
MM alt yeterlikler	İki Uzman	310	32	91
MM görüşleri	İki Uzman	17	1	94

Çalışmada tasarlanan matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiksel model oluşturma prensiplerine uygunluğu açısından değerlendirilmesinde iki uzman arasındaki 12 görüş ayrılığı ortaya çıkmıştır. Bu görüş ayrılıklarının çoğunluğunun (6), Etkili

Örnek Model (Prototip) Prensibinin (PP); P1 – ‘Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?’ boyutunda olduğu görülmektedir. Uzmanlardan birisi çalışmanın modelleme etkinliklerinde katılımcılar tarafından modellerin hatırlanabilir olup olmadığının araştırılması yer almadığını belirtmiştir. Bu yüzden geliştirilen MME’nin bu prensibe uygun olmadığını söylemiştir. Diğer araştırmacı ise kısmen uygundur görüşünde bulunmuştur. Tasarlanan bu etkinliklerin akılda kalıcılığı test edilmediği için bu prensibe kısmen uygun olduğu yönünde görüş birliğine varılmıştır.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerinde hangi aşamada olduklarının değerlendirilmesinde ise 2 görüş ayrılığı ortaya çıkmıştır. Bu görüş ayrılıklarından birisinin T grubunun ‘Plastik Bakteriler’ “deneyimli öğretmen gurubunun değişkenleri belirlediği fakat bu değişkenlerin belirledikleri problem durumuna katkısı bulunmadığı için ikinci aşamaya geçiş yapamadıkları” şeklinde ifade edilmiştir. Kodlayıcılar arasındaki tartışma sonucunda kısmen de olsa ikinci aşamaya geçiş yaptıkları yönünde karar çıkmıştır.

Matematiksel modellemeye yönelik görüşlerin değerlendirmesinde ise iki uzman arasında 1 görüş ayrılığı çıkmıştır. Bu ayrılığın nedeni uzmanlardan birisinin matematiksel işlem becerileri ve matematik alan bilgisi kodlarının ayrı olması yönündeki görüşüne binaen diğer uzmanın ikisinin aynı kontekste dahil olduğu yönündeki görüşünü ifade ettiğinden kaynaklanmaktadır. Ortak karar olarak iki kodun aynı bağlamda değerlendirilmesi gerektiği yönünde olmuştur. Böylelikle matematik işlem becerisi kodunun kullanılması kararı alınmıştır.

3.7. Etik Durumlar

Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adayları ve öğretmenleri çalışmaya gönüllülük esasıyla çalışmaya dahil olmuşlardır. Bu doğrultuda kendilerine rızaları olduklarına dair onam formu okutulmuş ve imzalatılmıştır (Bkz. Ek-6). Araştırma süresince her katılımcıya araştırma süreçleri hakkında ayrıntılı ve aynı bilgiler verilmiştir. Katılımcıların kişisel bilgileri gizli tutularak verilerin raporlaştırılmasında kendilerine atanan kodlar (A1, A2, T1, U1, P1) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmanın bu kısmında araştırma süresince elde edilen verilere ilişkin bulgular ve değerlendirmeler hakkında bilgi verilmektedir. Araştırmanın üç temel amacı kapsamında bulgular üç kısma ayrılmıştır. Bu kısımlar şu şekildedir;

- 1) Fen eğitiminde kullanılabilecek, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun geliştirilen matematiksel modelleme etkinliklerine ilişkin bulgular.
- 2) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerine ilişkin bulgular.
- 3) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme ve modellemenin fen öğretiminde kullanımı ile ilgili görüşlerine ilişkin bulgular.

4.1. Matematiksel Modelleme Etkinliklerine İlişkin Bulgular

Çalışmada tasarlanan matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiksel model oluşturma prensiplerine uygunluğu açısından değerlendirilmesinde, iki uzman arasında Tablo 4.1’ de görüldüğü üzere 12 görüş ayrılığı ortaya çıkmıştır. Bu görüş ayrılıklarının çoğunluğunun (6), Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibinin (PP); ‘P1 - Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?’ ölçütünde olduğu görülmektedir.

Uzmanlardan birisi çalışmanın modelleme etkinliklerinde katılımcılar tarafından modellerin hatırlanabilir olup olmadığının araştırılması yer almadığını fakat yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için uygun olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden geliştirilen MME’nin bu prensibe kısmen uygun olduğunu ifade etmiştir. Diğer araştırmacı ise uygundur görüşünde bulunmuştur. Tasarlanan bu etkinliklerin akılda kalıcılığı test edilmediği için bu prensibe kısmen uygun olduğu yönünde görüş birliğine varılmıştır.

Tablo 4.1. Matematiksel modelleme etkinlikleri uzman görüşlerinin değerlendirilmesi

Çalışma	Kodlayıcılar	Görüş Birliği	Görüş Ayrılığı	Uyum Yüzdesi (%)
MME değerlendirme	İki Uzman	66	12	85

Model Oluşturma Prensibi (MOP)

MO1 - ‘Öğrenciler bu problem üzerinde çalıştıklarında matematiksel yapılar çıkartabilirler mi?’

Öğretmen adaylarının dokümanları incelendiğinde etkinliklerin tamamında matematiksel yapılar ortaya çıkarmaya çalıştıkları görülmektedir. Plastik bakterileri etkinliğinde A8 kodlu öğretmen adayının oluşturmaya çalıştığı yapı Şekil 4.1’ de örnek olarak görülmektedir.

KULLANILACAK FORMULLER

1 bakteri 1 petri 58 günde ayrıştırıyor
1 bakteri 20 petri X → 1160 gün → 3 sene 2 ay

ÖNGÖRÜLEN HESAPLAMALAR

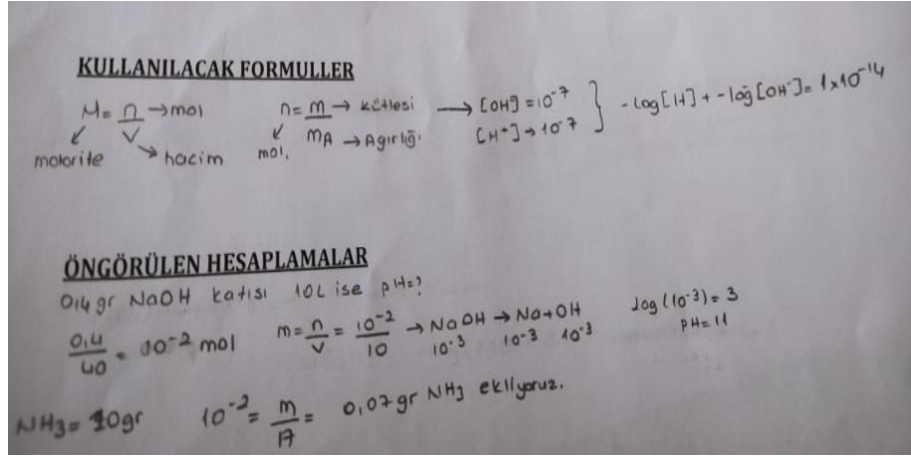
1 petri 400 yıl
20 petri X → 8000 yıl
100 bakteri
2. hafta sayısı = 2 = 02
100 x 02 = 0200 bakteri

1 petri 400 yıl
20 petri X → 8000 yıl
100 bakteri
2. hafta sayısı = 2 = 02
100 x 02 = 0200 bakteri

Şekil 4.1. A8 kodlu FBÖA’nın oluşturmaya çalıştığı matematiksel yapı

‘Matematiksel bir kavramın kullanımını içermekte midir?’

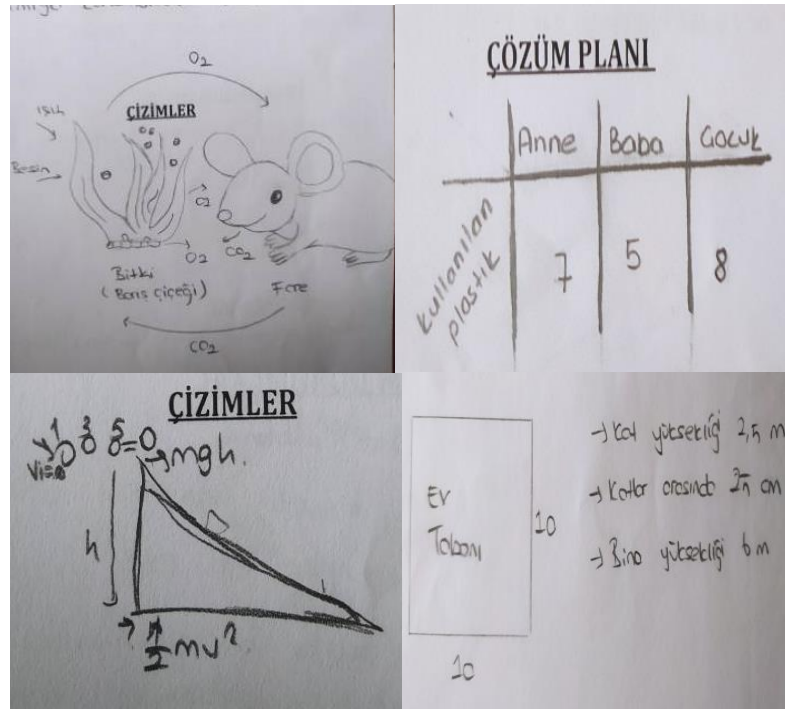
Etkinliklerde öğretmen adayları üslü sayılar, üstel fonksiyonlar, logaritma, oran orantı vb. kavramları kullandıkları görülmektedir. Ayrıca konulara ilişkin sürtünme kuvveti, atom ağırlığı, mol sayısı, pH, fotosentez vb. fen kavramlarını da modellerinde kullandıkları görülmektedir. Bu bağlamlarda A6 kodlu öğretmen adayının etkinlik formundan yansımaları Şekil 4.2’ de aktarılmıştır.



Şekil 4.2. A6 kodlu FBÖA'nın fen ve matematik kavramlarını kullanımı

MO2 - 'Matematiksel ifadelerin (cebirsal) yanı sıra grafik, tablo veya diyagram gibifarklı temsil biçimlerinden birini veya birkaçını kullanmayı gerektiriyor mu?'

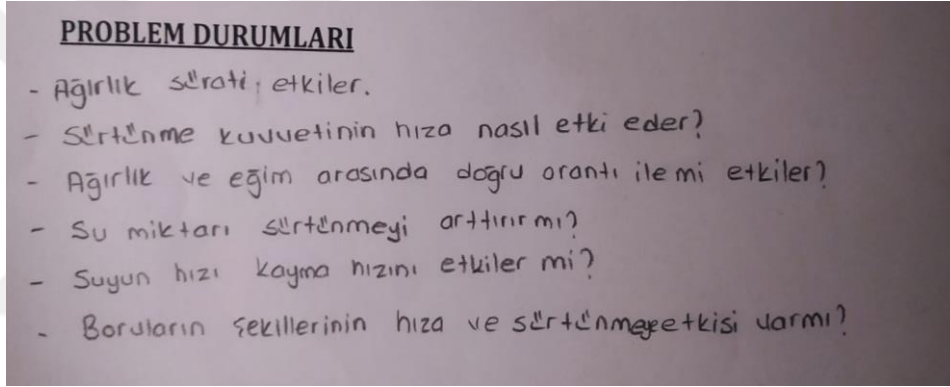
Tüm etkinliklerde farklı temsil biçimleri kullanıldığı görülmektedir. MP'de fotosentez döngüsü, YE'de taban alanı, OZ ve RE'de kimyasal tepkime denklemleri, PB'de tablo, KA'da eğik düzlem gibi farklı temsil biçimleri kullanılmaktadır. Bu gösterimlere ilişkin etkinlik formlarından elde edilen verilerden bazıları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Öğretmen adaylarının etkinliklerde kullandığı farklı temsil biçimleri

MO3 – ‘Öğrencilerin dikkatini problem durumunun yüzeysel özelliklerinin ötesinde, altında yatan ilişkilere ve örüntülere yönlendiriyor mu?’

Öğretmen adaylarının etkinliklerde derinlemesine çalışma yapabildikleri görülmektedir. Her etkinlikte katılımcılar problem durumunu farklı açılardan ele almışlardır. Örneğin OZ etkinliğinde katılımcılardan bazıları kullanılan eşyalardan kaynaklı ozona ne kadar verildiğini incelemek isterken başka bir katılımcı ise bir ailenin faaliyetleri sonucunda salınan kloroflorokarbonların ozon ile hangi miktarda tepkimeye girdiğini incelemek istemektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının tamamının fene yönelik kavramlar arasında ilişki kurmaya çabaladıkları görülmektedir. A7 kodlu öğretmen adayının farklı problem durumları ortaya çıkarmasına yönelik çalışması Şekil 4.4’ te verilmiştir.

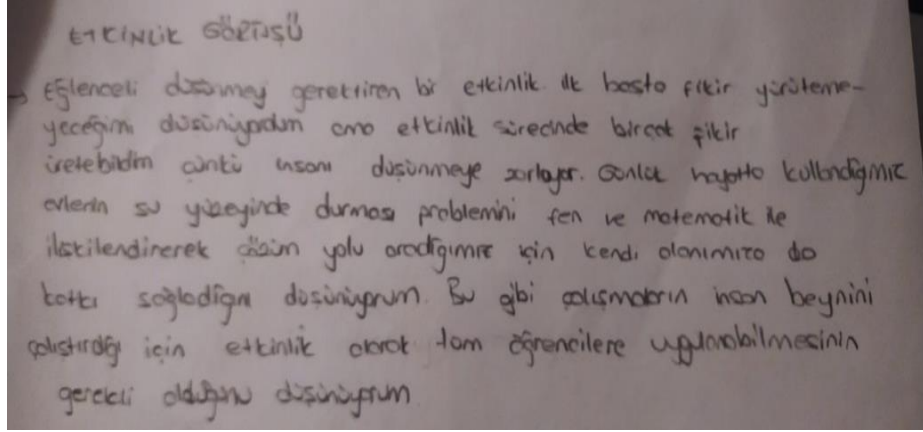


Şekil 4.4. A7 kodlu FBÖA’nın OZ etkinliğinde ortaya koyduğu problem durumları

Gerçeklik Prensibi (GP)

GP1 – ‘Günlük yaşamdan anlamlı bir durumu içermekte midir?’

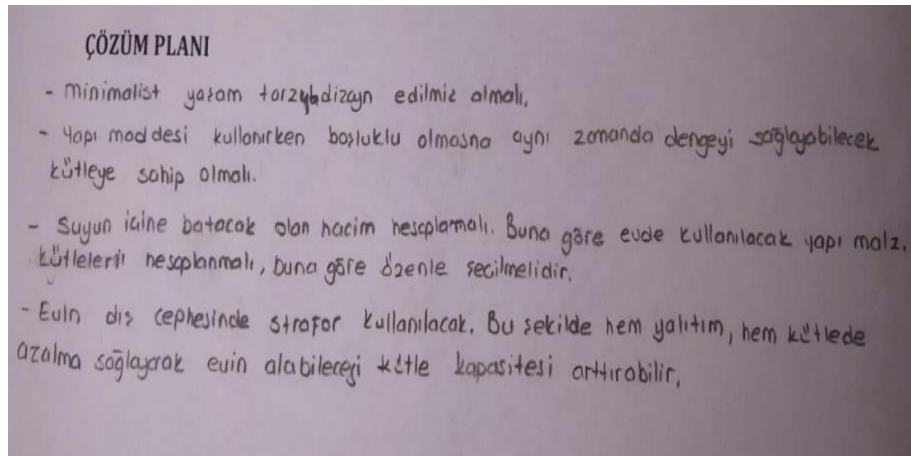
Etkinliklerin tamamının gerçek yaşam durumunu temsil ettikleri görülmektedir. MP İspanya’da bilim insanların uzay çalışmalarından, YE Amsterdam’da gerçek bir yerleşim projesinden, PB güncel bir bilimsel keşiften, RE bir mide rahatsızlığından, OZ kloroflorokarbonların doğaya verdikleri zarardan, KA ise bir su parkındaki yarıştan bahsetmektedir. Ayrıca belirtmek gerekir ki video temelli modelleme görevlerinin otantik yapısından dolayı gerçek yaşam ile bağıntı olsun ya da olmasın video şeklinde sunulan etkinlikler problemin anlamlı bir durumu gözetmesine fırsat tanımaktadır (Greefrath ve Vos, 2021). A9 kodlu öğretmen adayının YE’ nin gerçek yaşam durumunu temsil ettiğine dair görüşü Şekil 4.5’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. A9 kodlu FBÖA'nın YE'nin gerçek yaşam durumuna ilişkin ifadeleri

GP2-‘Öğrencileri tek bir düşünme şekline zorlamak yerine farklı fikirler üretmeye teşvik ediyor mu?’

Etkinliklerin tamamında öğretmen adaylarının farklı düşünme şekilleri ortaya koydukları görülmektedir. Özellikle fark ettim-merak ettim aşamasında katılımcılar problem durumuna yönelik çeşitli düşüncelere sahip oldukları söylenebilir. Örneğin PB’de katılımcılar plastikleri ayrıştıran enzimin türünün ne olduğu, bakterilerin neden plastiklerin tamamını ayrıştıramadığı, insanların doğaya ne kadar plastik bıraktığı gibi sorgulamalarda bulunmuşlardır. A11 kodlu öğretmen adayının YE’de farklı düşünme şekillerine örnek teşkil edecek aktarımları Şekil 4.6’ da sunulmuştur.



Şekil 4.6. A11 kodlu FBÖA'nın YE’ de ortaya koyduğu farklı düşünceler

Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi (BP)

B1 – ‘Çözüm sürecinde öğrencilerden beklenen ürünler, ilgili düşünme süreçlerini ve sonuçlarını açıkça gösterebilir mi?’

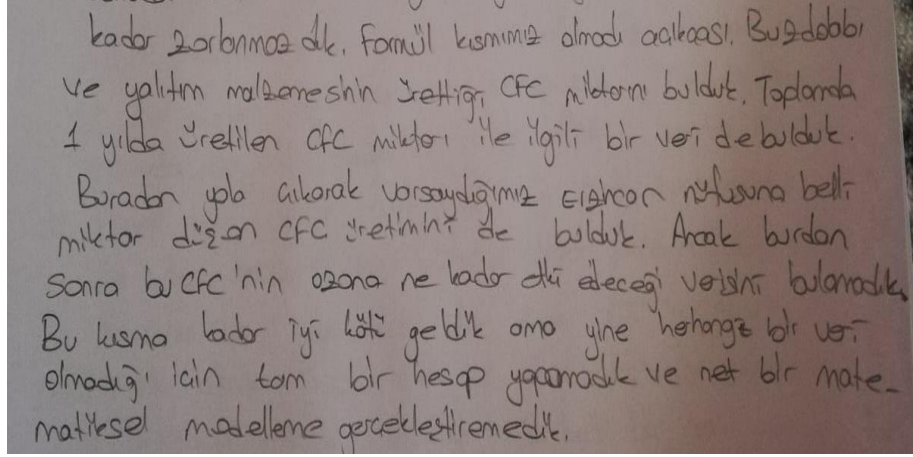
Bu çalışmada Borromeo Ferri (2006)’ nin matematiksel modelleme basamakları göz önünde bulundurularak ‘Etkinlik Formu’ şekillendirilmeye çalışılmıştır. Formun ilk sürümü; Gerçek durumu anlama, Basitleştirme ve yapılandırma, Matematikselleştirme, Matematiksel çalışma, Yorumlama ve Doğrulama başlıklarından oluşurken uygulama sonrasında detaylandırılarak Ek-3’de verilen halini almıştır.

Fark ettim, merak ettim, problem durumları, varsayımlar, değişkenler, ihmal edilebilir değişkenler, ihtiyaç duyulan veriler, konu ile ilgili kavramlar, kavramlar arası ilişkiler, çözüm planı, çizimler, kullanılacak formüller, matematiksel işlemler, hesaplamalar ve modelin oluşumu, modelin test edilmesi, modelin yorumlanması ve modelin doğrulanması başlıkları eklenerek yapılandırılmıştır. Etkinlik Formu vasıtasıyla öğretmen adayları, matematiksel modelleme süreçlerini kayıt altına alarak belgelendirmişlerdir.

Öz Değerlendirme Prensibi (ÖDP)

ÖD1 – ‘Öğrencilere yaklaşımlarının yeterince iyi olup olmadığına karar verebilmeyi sağlıyor mu?’ Etkinlik Formunda öğretmen adaylarının çalışmalarının değerlendirmelerini yapabilmeleri adına görüşlerini yazmaları istenmiştir. Elde edilen görüşler doğrultusunda katılımcıların etkinlikler boyunca yaptıkları çalışmaları değerlendirmeye alabildikleri görülmüştür.

Katılımcıların yaptıkları çalışmaları değerlendirmelerinde oluşturdukları modelin kapsayıcı olmadığı, değişkenleri belirlemede zorlandıkları için modeli oluşturamadıkları, matematiksel işlemlerde zorlandıkları gibi öz değerlendirmelerde bulundukları gözlemlenmektedir. A12 kodlu öğretmen adayının çalışmasını değerlendirmesi Şekil 4.7’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. A12 kodlu FBÖA'nın çalışmasını değerlendirmesi

ÖD2 – 'Öğrencilerin ne ortaya koymaları gerektiği, hangi amaçla ve kim tarafından kullanılacağı açık bir şekilde ifade edilmiş mi?'

Etkinlikler alanında uzman kişilerce asgari lisans seviyesinde, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin matematiksel modelleme süreçlerine ilişkin bilgi ve becerilerini inceleyebilmek amacıyla tasarlanmıştır.

Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi (PP)

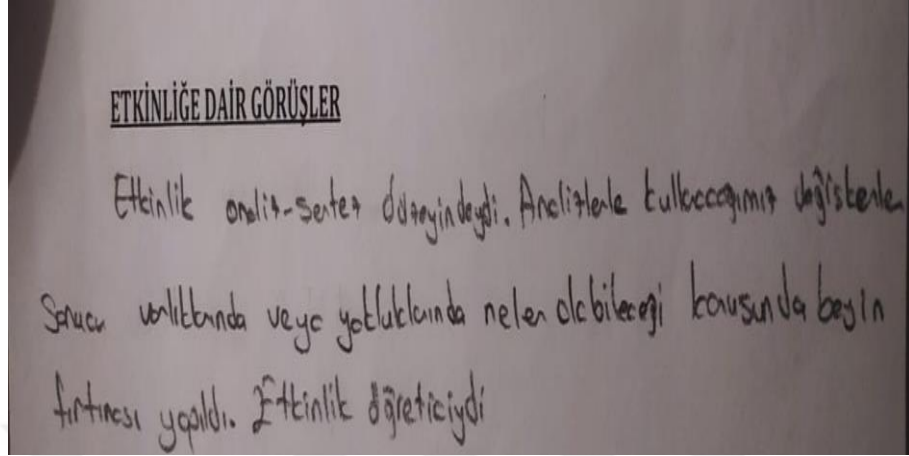
P1 – 'Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?'

Çalışmada katılımcılar tarafından modellerin hatırlanabilir olup olmadığının araştırılması yapılmamıştır. Öte yandan, tasarlanan bu etkinliklerin çözümü için birden fazla değişkenin göz önünde bulundurulması gerektiğinden dolayı elde edilen model benzer başka problem durumlarını yorumlamakta kullanılabilir. Bu bağlamda etkinlikler bu ölçütü kısmen sağlamaktadır.

P2 - Önemli matematiksel fikirlerin tartışılması ve öğrenilmesi için zengin ortam sağlıyor mu?

Çalışma fen eğitimine yönelik matematiksel modelleme etkinlikleri oluşturma amacı taşıdığından dolayı matematiksel fikirler ile birlikte fen kavramlarına yönelik fikirlerin

tartışılmasına zemin aramaktadır. Şekil 4.8’ de A2 kodlu öğretmen adayının fikirlerin tartışılmasına yönelik görüşleri verilmiştir.



Şekil 4.8. A2 kodlu FBÖA’nın fikirlerin tartışılmasına yönelik görüşleri

P3 - Problem durumu açık ve anlaşılır bir dilde ifade edilmiş mi?

Fen alanı ile matematiksel modellemeye uygun olarak geliştirilen MME herhangi bir yönerge içermemektedir. Bunun nedeni ise problemlerin bireylerin gerçek yaşamda karşılaşacağı şekilde verilerek, matematiksel modelleme yeterliklerinin gerçeğe en yakın durumlarda tespit edilmesinin amaçlanmasıdır (Güder, 2019).

Açık uçlu şekilde video formatında sunulan matematiksel modelleme durumu ile katılımcılara konu üzerinde sınırsız bir alan, interaktif etkileşim ve özgürlük verilmektedir (Greefrath ve Vos, 2021). Modelleme durumunun daha anlaşılabilir hale getirilmesi için sürece fark ettim-merak ettim faaliyetlerinin eklenmesi planlanmıştır. Konu uzmanları eşliğinde katılımcılar etkinlik videolarını izleyerek ön tartışma gerçekleştirilmesine kanaat getirilmiştir.

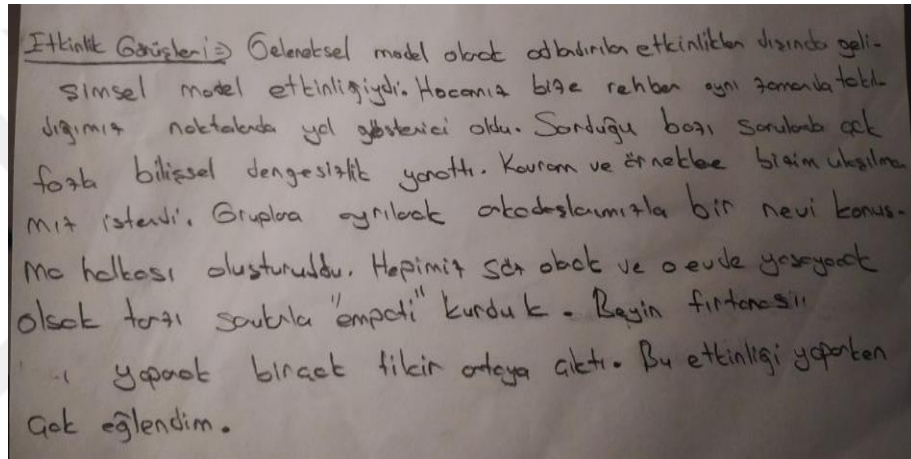
P4 - Problem durumu imla ve dilbilgisi hatalarından arındırılmış mı?

Problem durumları video formatında sunulması için dijital ortamlarda araştırma yapılmış ve konu uzmanlarının görüşleri doğrultusunda kullanıma hazır hale getirilmiştir. Videolar tekrar tekrar izlenerek anlaşılır olmayan kısımlar çıkarılmış ve düzenlenmiştir.

Model Genelleştirme Prensipleri (MGP)

MG1 -Geliştirilecek model, diğer kişilerle paylaşılabilir, farklı durumlara uyarlanabilir ve tekrar kullanılabilir genel bir düşünme şekli içerebilir mi?

Bu çalışmada katılımcılar bireysel olarak etkinlikler üzerinde çalışıldıktan sonra grup çalışması şeklinde devam edip ürünlerini birbirleriyle paylaşmışlardır. Tüm etkinliklerde birden fazla değişken üzerinden çalışmalar yapılmış olduğundan dolayı da farklı değişkenler üzerinden çalışmalar sürdürülebilir olduğu gözlemlenmiştir. A1 kodlu öğretmen adayının çalışmasına ilişkin ifadeleri Şekil 4.9' da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. A1 kodlu FBÖA'nın çalışmalarının paylaşımı üzerine görüşleri

Model Oluşturma Prensipleri doğrultusunda tasarlanan ve öğretmen adayları ile uygulaması yapılan etkinliklerin yapılandırıldıktan sonra değerlendirmesi Tablo 4.2' de sunulmuştur. İki uzmanın önce bireysel, sonra birlikte çalışarak yaptığı değerlendirmeler sonucunda etkinliklerin hepsinin altı prensibin tamamına uyduğu görülmektedir.

Tablo 4.2 incelendiğinde etkinliklerin akılda kalıcılığı test edilmediği için PP1 prensibinde kısmen uygun olduğu değerlendirildi. Video temelli hazırlanan fene yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin ve süreç içerisinde geliştirilen Etkinlik Formu'nun asgari lisans düzeyinde matematiksel modelleme süreçlerinin ve yeterliklerinin incelenmesi çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabilir olduğu söylenebilir.

Tablo 4.2. Modelleme etkinliklerinin değerlendirmesi

Prensip	Ölçüt	Modelleme Etkinlikleri					
		MP	RE	YE	PB	OZ	KA
MP	MP1	1	1	1	1	1	1
	MP2	1	1	1	1	1	1
	MP3	1	1	1	1	1	1
GP	GP1	1	1	1	1	1	1
	GP2	1	1	1	1	1	1
BP	BP1	1	1	1	1	1	1
ÖDP	ÖD1	1	1	1	1	1	1
	ÖD2	1	1	1	1	1	1
PP	PP1	2	2	2	2	2	2
	PP2	1	1	1	1	1	1
	PP3	1	1	1	1	1	1
	PP4	1	1	1	1	1	1
MGP	MG1	1	1	1	1	1	1

1-Evet, 2-Kısmen, 3-Hayır

4.2. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine İlişkin Bulgular

Çalışmanın bu kısmında ikinci araştırma problemi doğrultusunda öğretmen adaylarının, yeni mezun öğretmenlerin ve deneyimli öğretmenlerin matematiksel modelleme yeterliklerin incelemeye yönelik bulgular sunulmaktadır. Çalışmanın bu aşamasındaki bulgular, etkinliklerin kronolojik sıralamasına göre verilmektedir. İlk olarak Melisa Projesi etkinliğine ilişkin grupların MMY incelenmekte iken son olarak Kaydırak etkinliğine ilişkin grupların MMY incelenmektedir. Çakmak (2018)' ın Bloom Ferri (2006)'den revize ettiği modelleme alt yeterlikleri ve göstergeleri bu çalışmada grupların modelleme yeterliklerini çözümlemek için kullanılmaktadır.

Öğretmen adaylarının ve öğretmen gruplarının matematiksel modelleme döngülerindeki gelişimleri Bloom Ferri (2006)' nin matematiksel modelleme döngüsündeki altı aşamada değerlendirilmiştir. Bu aşamalar;

Aşama 1 (Anlama): durumun zihinsel temsiline kadar ilerleyebilme; modelleme durumunu anlama, fakat gerçek modele geçiş yapamama,

Aşama 2 (Basitleştirme ve Yapılandırma): gerçek modele kadar ilerleyebilme; durumun zihinsel temsilini ve gerçek modeli kurma, fakat matematiksel modele geçiş yapamama

Aşama 3 (Matematikselleştirme): matematiksel modele kadar ilerleyebilme; durumun zihinsel temsilini, gerçek modeli ve matematiksel modeli kurma, fakat matematiksel sonuçlara geçiş yapamama

Aşama 4 (Matematiksel Çalışma): matematiksel sonuçlara kadar ilerleyebilme; durumun zihinsel temsilini, gerçek modeli, matematiksel modeli kurma ve matematiksel sonuçları alma fakat gerçek sonuçlara geçiş yapamama

Aşama 5 (Doğrulama): gerçek sonuçlara kadar ilerleyebilme; durumun zihinsel temsilini, gerçek modeli, matematiksel modeli kurma ve matematiksel sonuçlar ile gerçek sonuçları alma fakat doğrulama aşamasına geçiş yapamama

Aşama 6 (Yorumlama): doğrulama yaparak durumun zihinsel temsiline kadar ilerleyebilme; modelleme döngüsünün tamamını gerçekleştirme

Anlama, basitleştirme ve Yapılandırma, Matematikselleştirme, Matematiksel Çalışma, Doğrulama ve Yorumlama yeterlikleri ve aşamaları öncelikle etkinlikler ve gruplar bazında incelenmektedir. Grupların etkinlik boyunca ilgili aşamada kullandığı ifadeler, Etkinlik Formuna aktardığı bilgiler ve video kayıtlarından elde edilen bulgular doğrudan alıntılarla sınıflandırılarak tablo şeklinde aktarılmaktadır. Daha sonra bu yeterliklerin incelenmesi tek bir tabloda birleştirilerek sunulmaktadır. Katılımcıların her bir etkinlik için etkinlik sonunda kayıt altına aldıkları yansıtıcı günlüklerinden elde edilen bulgularla MMY incelenmesi desteklenmektedir. Katılımcıların etkinlik formlarından ve video kayıtlarından elde edilen veriler doğrudan alıntılar şeklinde verilmektedir.

4.2.1. Melisa Projesi etkinliği bulgular

Çalışmanın bu kısmında ilk etkinlik olan Melisa Projesi'ne ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.1.1. Melisa Projesi anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Melisa Projesi etkinliğinin problemi anlama aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.3’ te sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar bir yaşam döngüsü oluşturulabileceğini düşünmektedirler. Grupların modelleme sürecini de bu yaşam döngüsünün devamlılığına yönelik ifadeler ile başlatmak istedikleri görülmektedir.

Tablo 4.3. Melisa Projesi problem durumuna ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumuna İlişkin İfadeler
T	-Bir astronotun ihtiyacı için ne kadar bitki kullanılması gerekir?
P	-Uzayda besin üretimi için neler gereklidir? -Yaşam döngüsünün uzun süre devam etmesini nasıl sağlayabiliriz? -Uzayda ne kadar süre geçirilecek?
U	- Bitkinin ürettiği oksijen miktarı ve farenin ürettiği karbondioksit miktarı hangi düzeyde olmalıdır?

Tablo 4.3’ te grupların Melisa Projesi etkinliği anlama yeterliliğine ilişkin verilerde görüldüğü üzere, T grubu ‘*Bir astronotun ihtiyacı için ne kadar bitki kullanılması gerekir?*’, P grubu ‘*yaşam döngüsünün uzun süre devam etmesini nasıl sağlarız?*’, U grubu ise ‘*Bitkinin ürettiği oksijen miktarı ve farenin ürettiği karbondioksit miktarı hangi düzeyde olmalıdır.*’ soruları ile verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde ifade ettikleri ve geçmiş deneyimleri ile bağlantı kurduklarını göstermişlerdir. Grupların Melisa Projesi etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirmesi Tablo 4.4 ’te sunulmuştur.

Tablo 4.4. Melisa Projesi anlama yeterliği değerlendirme sonuçları

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U

Üç grup da problem durumlarını ortaya koymuş (A1), kelimelerle ifade etmiş, geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış (A2) oldukları etkinlik formlarına aktardıklarından ve video kayıtlarından gözlenmektedir. Grupların durumun temsilini çizmedikleri (A3)

fakat etkinliğin video tabanlı olmasından dolayı bu alt yeterliğin gözlenmesinin problem durumun temsiliyi yapmakta problem teşkil etmediği söylenebilir. Tablo 4.4 incelendiğinde tüm grupların Melisa Projesi etkinliğinde matematiksel modellemenin anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde olduğu ve bir sonraki basamağa geçiş yaptığı şeklinde değerlendirilme yapılmıştır.

4.2.1.2. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Melisa Projesi etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.5’ te sunulmuştur. Melisa Projesi etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma yeterliliğine yönelik ifadeler Tablo 4.5 üzerinde incelendiğinde bütün grupların çeşitli varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri, problemi çözümüne yönelik ihtiyaç duydukları verileri ve konu ile ilgili kavramları sıraladıkları görülmektedir.

Tablo 4.5. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırmaya ilişkin ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İhmal Edilebilir D.	Konu İle İlgili Kavramlar
T	1.1m ² yosunun 24 saatte 1kg oksijen ürettiği varsayılmıştır.	1 kg oksijen	1.Yosunların oksijen tüketimi ihmal edilecektir.	1.Fotosentez
	2.Yosunların fotosentez yapabilmesi için gerekli koşullar sağlanmıştır.	3 kg su	2.Çevresel şartlar ihmal edilmiştir.	2.Solunum
	3.Astronotların belirli bir oksijen tükettiği varsayılmıştır.	1 kg kuru gıda (Astronotun ihtiyaçları)		3.Oksijen
	4.Yaşam döngüsü başladığı varsayılmıştır.			4.CO ₂
P	Uzayda 100 gün geçirilecektir.	Bitkinin türü	1.Yosunların oksijen tüketimi ihmal edilecektir.	5.Yaşam döngüsü
	Farenin ve yosunun yaşamın ömrü 100 günden fazladır.	sayısı	2.Çevresel şartlar ihmal edilmiştir.	
	Fare için yeterli besin alınmıştır.	Karbondioksit üreten canlı sayısı		
	Reaktör 100 Gün aralıksız çalışacaktır.			
U	Bitkiye 12 saatte bir ışık ve su veriliyor.	Bitkinin türü	1.Yosunların oksijen tüketimi ihmal edilecektir.	Fotosentez
	Fareye 6 saatte bir besin veriliyor.	sayısı	2.Çevresel şartlar ihmal edilmiştir.	
	Bir farenin 1 yılda ürettiği karbondioksit miktarı 200 kg.dır.	Karbondioksit üreten canlı sayısı		

Matematiksel modelleme sürecinin basitleştirme ve yapılandırma alt becerileri incelendiğinde tüm grupların problem durumunun ele alınmasına katkı sağlayacak varsayımlarından bazılarını belirttikleri ve kısmen de olsa durumu sadeleştirebildikleri görülmektedir. Örneğin, T grubu ikinci varsayımı olan ‘*Yosunların fotosentez yapabilmesi için gerekli koşullar sağlanmıştır*’ fotosentezi etkileyen faktörleri kontrol altına almak amacı taşımasına rağmen gerekli koşulların neler olduğu, hangilerinin etkisini kontrol altına alınmak ya da incelenmek istendiğine dair net bir ifade olmadığı ortaya çıkmaktadır. P grubu problemin çözümüne katkısı olabilecek bazı anahtar değişkenleri belirlediği ve değişkenleri isimlendirdiği görülmekte iken diğer gruplar bu alt yeterlikte yetersiz kalmışlardır. Grupların tamamı basitleştirme ve yapılandırma yeterliliğinde yetersiz performans sergilemişlerdir. Grupların problem durumuna ilişkin kavramlara hâkim oldukları fakat varsayımlar ve değişkenler belirlemekte sorun yaşadıkları görülmektedir. T, P ve U grupları çalışmanın bu aşamasında kalmışlar ve gerçek modele geçiş yapamamışlardır.

Melisa Projesi etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında ele alınan varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme, durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve onları isimlendirme ve değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma, mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma alt yeterlikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilen performanslar Tablo 4.6’ da sunulmuştur.

Tablo 4.6. Melisa Projesi basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma	T, P, U		

4.2.1.3. Melisa Projesi matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Melisa Projesi etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.7’ de sunulmuştur. Tablo 4.7 incelendiğine grupların problem durumuna yönelik çözüm planları sunduğu ve modeli oluşturma yönelik çalışmalarda bulundukları görülmektedir.

Tablo 4.7. Melisa Projesi etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler

Grup	Çözüm Planı	Modelin Oluşumu
T	Reaktörler çalıştırılarak su yosunların fotosentez yapması sağlanmıştır. Ayrıca yosunların ihtiyacı olan ideal su ve CO ₂ sağlanmıştır.	44g CO ₂
		32g O ₂
		X g
		1000g O ₂
		X = 1375g
		18g H ₂ O
P	Uzay da yaşam döngüsünün devamı için fotosentez gereklidir.	32g O ₂
		X g
		1000g O ₂
		X = 562g H ₂ O
		Astronotun ihtiyacı= gün sayısı x 1375g
		X: Yosunun ürettiği oksijen miktarı
U	Bitkinin ürettiği oksijen miktarı ve farenin ürettiği karbondioksit miktarını hesaplamak	L: 1 Yosunun ürettiği günlük oksijen miktarı 890.4L
		$\frac{g}{L} \times \frac{g}{L} = X$
		g: Gün sayısı
		L: Litre
		Y: Farenin ürettiği karbondioksit miktarı
		X>Y
U	Bitkinin ürettiği oksijen miktarı ve farenin ürettiği karbondioksit miktarını hesaplamak	X= Bitkinin ürettiği oksijen
		Y= Farenin ürettiği karbondioksit miktarı

Tablo 4.7 gözetildiğinde T grubunun problem durumunun çözümü için fotosentez döngüsünden ve fotosentez denkleminde yararlanmak istediği görülmektedir. Fakat ilgili nicelikleri belirleme ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme yoluna gidilmemiştir. Belirledikleri varsayımların ve değişkenlerin matematiksel model oluşturma sürecinde nasıl ve hangi nicelikler üzerinden kullanacaklarına dair bir görüş beyan etmemişlerdir. P grubunun ise ‘uzayda yaşam döngüsünün devamı için fotosentez gereklidir’ ifadesinden yola çıkarak belirledikleri değişkenlerin ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmekte yetersiz oldukları gözlenmektedir. U grubunun ise matematikselleştirme aşamasında bir model ortaya koymadığı, doğrudan internet kaynaklarından elde ettikleri oksijen ve karbondioksit miktarlarını kullanarak problemi çözmek istedikleri gözlemlenmiştir. Melisa projesi etkinliğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme, gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme, uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme alt yeterlikleri gösterge olarak ele alınarak değerlendirilmesine ilişkin grupların performansları Tablo 4.8’ de sunulmuştur.

Tablo 4.8. Melisa Projesi matematiksel işlemler yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematikselleştirme	T, P, U		

Grupların model oluşturmak yerine problemi doğrudan çözmeye yöneldikleri ortaya çıkmaktadır. Bir önceki basamakta ilgili değişkenleri ve varsayımları belirlemekte yetersiz kaldıkları için bu aşamada grupların başarısız olduğu söylenebilir. Tablo 4.8 incelendiğinde grupların tamamının matematikselleştirme yeterliliğinde yetersiz performans gösterdikleri görülmektedir. Problemdeki verileri kullanarak bir matematiksel ilişki kurulamamış ve doğru bir matematiksel model oluşturulamamıştır. Dolayısıyla modellemenin sonraki basamakları takip edilmemiştir.

4.2.1.4. Melisa Projesi etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular

Elde edilen verilerden hareketle Melisa Projesi etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.9’ da gösterilmiştir. Tablo 4.9 incelendiğinde tüm grupların matematiksel modelleme sürecinde yetersiz kaldıkları söylenebilir.

Tablo 4.9. Melisa Projesinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma	T, P, U		
Matematikselleştirme	T, P, U		
Matematiksel Çalışma	T, P, U		
Doğrulama	T, P, U		
Yorumlama	T, P, U		

Grupların matematiksel modelleme döngüsünde ilerlemeleri hakkında genel bir değerlendirme yapıldığında ise grupların durumun zihinsel temsil aşamasını geçtikleri ve modelleme durumunu anladıkları fakat gerçek modele geçiş yapamadıkları

görülmektedir. Gruplar modelleme basamaklarında değişkenleri belirleyememişler ve gerçek bir model oluşturamamışlardır. Doğal olarak diğer basamakları da doğru bir şekilde tamamlayamamışlardır. Modellemenin ilk basamaklarındaki yetersizlikler diğer basamakları da olumsuz etkilemiştir. Grupların Melisa Projesi etkinliğinde matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.10’da sunulmuştur.

Tablo 4.10. Melisa Projesi’nde matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Melisa Projesi	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	-
	Matematiksel Model	3.Aşama	-
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	-
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	-
	Doğrulama	6.Aşama	-

4.2.1.5. Melisa Projesi etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların etkinliğe dair yansıtıcı günlükleri incelendiğinde grupların neden gerçek modele erişemediklerine ilişkin ipuçları karşımıza çıkmaktadır. Örneğin T grubundan T3 oluşturdukları modelin yetersiz olduğunu belirterek önemli değişkenlere ulaşamamakta ve değişkenleri modelde kullanamadıklarına yönelik aşağıdaki gibi bir ifadede bulunmaktadır;

T3: Oluşturduğumuz model iyi bir model olmadığını düşünüyorum. Çok daha iyi bir model yapabildik, ama bunun için sanırım farklı zamanlarda tekrar bir araya gelerek çalışılması gerekmektedir. Ayrıca model için çok önemli olan (örneğin bir astronotun günlük tükettiği O2 miktarı, oluşturduğu H2O miktarı gibi) değişkenlere ulaşmamız gerekmektedir.

Benzer bir şekilde P grubundan P2 ise problem durumunu önemli ölçüde etkileyen faktörleri belirlemede sıkıntılar yaşadığını belirtmektedir;

P2: Bu etkinlik üzerinde besin üretimi için fare yosun ilişkisini ele alırken bu döngünün devamlılığını sağlayacak faktörleri belirlemede oldukça zorlandık.

Yine P grubundan P3 ise sürekli farklı değişkenler ile karşılaştıklarını ve bu durumun karmaşık yola sürüklediğini ifade etmektedir;

P3: İlk başlarda bizim yoğunlaşacağımız noktayı belirlemede biraz zorlandım. Gerekli dönütler alındıktan sonra yoğunlaşacağımız nokta üzerinde durmaya başladık. Denklemi oluşturduk. Denklem üzerinde yorumlar yapılırken sürekli farklı değişkenler önümüze çıkıyordu. Bu değişkenler üzerinde konuşmak bizleri daha da karmaşık bir yola götürürken, çok fazla ayrıntıya girmenin faydalı olmayacağını düşündük.

T grubundan T1 ise problemi doğrudan çözmeye yöneldikleri üzerine imada bulunmaktadır.

T1: Modeli direk olarak ihtiyaç duyulan oksijen miktarı için gereken karbondioksit miktarı üzerinden kimyasal tepkimelerde kütle korunumundan kurguladık ve harici tüm faktörleri ihmal ettik. Modelin bu açıdan konuyu yeteri kadar kapsayıcı olduğunu düşünmüyorum.

Etkinlik formlarından, video kayıtlarından ve yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular, grupların Melisa Projesi etkinliğinde problemi basitleştirme ve yapılandırmada yani gerçek model aşamasında sorunlar yaşadıklarını göstermektedir. Gruplar problemi doğrudan çözme eğiliminde oldukları görülmektedir. Katılımcılar değişkenleri belirleme, problemi sadeleştirme ve ilgili varsayımları belirleme süreçlerinde zorlanmışlardır.

4.2.2. Reflü etkinliği bulgular

Çalışmanın bu kısmında ikinci etkinlik olan ‘Reflü’ etkinliğine ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.2.1. Reflü etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Reflü etkinliğinin problemi anlama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.11’de sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar reflü durumunda mide asidini dengelemek üzerinden problemi ele almak istemektedirler.

Grupların fark ettim, merak ettim ve problem durumunu ifade etme faaliyetlerinde görüldüğü üzere verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde algıladıkları ve önceki bilgileri ile bağlantı kurduklarını göstermişlerdir.

Tablo 4.11. Reflü etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumları
T	Mide asidinin ph değerini istenilen değere getirmek için kaç gram kabartma tozu gerekmektedir?
P	Reflü durumunda Bikarbonat miktarının artması mide asidini nasıl etkiler?
U	Reflü durumunda asidi dengelemek için birey ne kadar tükürük salgılamalıdır?

Tüm gruplar problem durumlarını ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş ve geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış fakat durumun temsilini çizmemişlerdir. Grupların Reflü etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirmesi Tablo 4.12’ de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Reflü etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U

Tablo 4.12 incelendiğinde grupların Reflü etkinliğinde matematiksel modellemenin anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde oldukları ve bir sonraki aşama olan gerçek model aşamasına geçiş yaptığı belirlenmiştir.

4.2.2.2. Reflü etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Reflü etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.13’ te sunulmuştur. Reflü etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine yönelik ifadeler Tablo 4.13 üzerinde incelendiğine bütün grupların çeşitli varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri ve problemi çözümüne yönelik ihtiyaç duydukları verileri ve konu ile ilgili kavramları sıraladıkları görülmektedir.

Üç grubun da problemin konusunu teşkil eden nötrleşme, asit, baz ve benzeri kavramların farkında oldukları söylenebilir. T ve P grupları mide pH’ı, midedeki asit miktarı, nötrleşme için gerekli karbonat miktarı gibi gerçek modele ulaşma adına önem

arz eden değişkenleri tespit edip isimlendirdikleri gözlemlenmektedir. Fakat T ve P gruplarının gerçek modele ulaşma adına belirledikleri değişkenlerde eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, Asit dengesi sabiti (K_a) ve Baz dengesi sabiti (K_b) değişkenlerinin elde etmek istedikleri titrasyon hesaplamalarında çok önemli bir yer tutmasına rağmen iki grup tarafından da ele alınmamıştır. T grubu değişkenlerin incelenmesi ve problem durumu doğrultusunda geçerli varsayımları sunmaktadırlar.

Tablo 4.13. Reflü etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine yönelik ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İ.E.D	K.İ.K
T	Mide içerisinde 20 ml-100 ml mide asidi olduğundan yola çıkarak, modelde bir insanın midesindeki asit miktarı 20 ml	y:mide asidinin pH değeri x= istenilen mide asit pH değeri	Suyun ph değeri ihmal edilmiştir.	Molarite Mol Molekül ağırlığı
	Yanma sırasında asitlik değeri (ph) 1-4 aralığında kabul edilmiştir. 4 ve üzerinde yanma durur	T: mide asit miktarı: K: kabartma tozunu eklediğimiz su miktarı		Ph, Asit, Baz Nötrleşme
	Besinler sıvı olarak kabul edilmiştir.	A: istenilen pH değişimi için		Reflü
	Midenin alabileceği sıvı miktarı 5 litredir	gerekli kabartma tozu miktarı		Mide asidi
	Sağlıklı bir bireyin HCL ve HCO_3^- çözeltilerinin eşit hacimde ve aynı normaliteye sahiptir.	HCO_3^- miktarı Mide pH sı	Sıcaklık	Reflü
P	Sağlıklı bir bireyde HCO_3^- – kütlesi 244 gr’dır	a= bikarbonat hacim b= olması gereken bikarbonat pH(7)	Cinsiyet Yemek miktarı	Tepkimeler Mide Sindirim
	Sağlıklı bir bireyde günlük bikarbonat üretimini 1L’dir	c= istenilen bikarbonat hacmi d= 1L deki bikarbonat pH’ı		Asit, Baz, H+
	Bol bol yutkunmak reflüyü önler	Yediğimiz yiyecekler	Alınan besinin içeriği	Tükürük
	Bireyin tok olduğu kabul edilir.	Yutkunma sayısı		Mide asidi
	Akşam saat 7de de bireyin reflüsünün başladığı kabul edilir.	Besinlerin phı ve parçalanması		Nötrleşme
U	100 g tükürük(bikarbonat), 100 g hidroklorik asit			

T grubu ‘Yanma sırasında asitlik değeri (pH) 1-4 aralığında kabul edilmiştir. 4 ve üzerinde yanmanın durduğu varsayılmıştır’ ifadesi ile Reflünün hangi şartlarda oluşacağına dair kabullenmede bulunulmuştur. P grubu ise modelleme döngüsünde ileri geri hareketlerde bulunarak varsayımları sadeleştirme yoluna gitmişlerdir. Mesela,

‘Sağlıklı bir bireyde HCO_3 – kütlesi 244 gr kabul edilmektedir’ varsayımından matematikselleştirme aşamasında karbonat yani baz miktarını sabitleyemeyeceklerini fark ettikleri için vazgeçmişlerdir. U grubunun ise problem durumuna yönelik ifade ettikleri varsayımlarının ve değişkenlerinin grubu sonraki basamağa taşımakta eksik ve yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır.

Reflü etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında ele alınan varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme, durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve onları isimlendirme ve değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma, mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma alt yeterlikleri dikkat alınarak belirlenen performanslar Tablo 4.14’ te sunulmuştur.

Tablo 4.14. Reflü etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma	U	P	T

Tablo 4.14’ te de görüldüğü üzere T grubunun basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinde yeterli performans sergiledikleri tespit edilmiştir. P grubu problem durumlarına ilişkin değişkenlerinde eksiklikler olduğu için kısmen yeterli performans sergilemiştir. T ve P grubunun gerçek model aşamasını tamamlayarak matematiksel model aşamasına geçiş yaptığı sonucuna varılmaktadır. U grubunun ise basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinde yetersiz performans sergiledikleri belirlenmiştir. Grup bir sonraki basamağa geçememiştir.

4.2.2.3. Reflü etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Reflü etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.15’ te sunulmuştur. Tablo 4.15 incelendiğine T ve P gruplarının problem durumuna yönelik çözüm planları sunduğu ve modeli oluşturmaya yönelik çalışmalarda bulundukları görülmektedir. U grubu ise basitleştirme ve yapılandırma sürecinde yetersiz performans sergiledikleri için bu aşamada değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 4.15. Reflü etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler

G	Çözüm Planı	Modelin Oluşumu
T	100 ml su içerisine 1 gram kabartma tozu ne kaç molar OH^- iyonu ekler. Kabartma tozunun mol sayısı ne kadardır? $M=n/V \quad n= M.V$ $M_a= 60\text{g/mol}$ (karbonat için) $1/60=0,1 \times M \quad M=1/6= 0,166$ CO_3^{2-} molar derişimi değeri 0,166 vardır. 20 ml mide asidi HCl pH:1 olduğuna göre kaç molardır? $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ Mide asidi molarite hesaplama $10^{-\text{pH}} \quad 10^{-1} = 0,1 \text{ M hidrojenin molaritesi}$ Biz bu değeri $\text{ph}=4$ yapmak istiyoruz. $10^{-\text{pH}} \quad 10^{-4} = 0,0001 \text{ M hidroksit molaritesi}$ Burada 100 ml su içerisinde karıştırıldığı var sayılmıştır.	y:mide asidinin başlangıç pH değeri x= istenilen mide asit pH değeri T: mide asit miktarı (ml) K: kabartma tozunu eklediğimiz su miktarı m: istenilen pH değışimi için gerekli kabartma tozu miktarı (mol olarak) mA= karbonatın molekül ağırlığı $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad X \ 20 = ? \times 100$?= 0,02 Molar CO_3^{2-} olursa nöTralleşir. Mide asidi= a olsun molar cinsinden $a \times 20/100 =$ nöralleşme için gerekli karbonat miktarını vermektedir. $10^{-y} \cdot T/K - 10^{-x} \cdot T/K = m/ma$
P	Reflü olan bir bireyin bikarbonat miktarını yutkularak artırmasıyla, H^+ iyonuyla tepkimeye girmesini sağlamalıyız. Bu sayede asit baz tepkimesinde oluşan tuz miktarı artacaktır. H^+ iyonun tepkimeye girmesi için yutkunma sırasında ki bikarbonat ı kullanırız. Mide yanmasının geçmesi için belirli bir miktar vardır. Bu miktarı hesaplamak için ise asit baz tepkimesinde bikarbonatın molü hesaplandıktan sonra molarite hesabı yapmalıyız. Bulunan değerler sonucunda henderson-hasselbach denkleminde midenin mevcut ph değeri bulunmalıdır. Daha sonra midemizin normal ph değeri olması gereken ile mevcut durumdaki mide ph sı ile oran orantı yapılarak ne kadar yutkunmamız gerektiği bulunur. Burada ne kadar yutkunduğumuz aslında bize bikarbonat miktarını verecektir. Yutkunduğumuz yani bikarbonat miktarı nötralleşme tepkimesi ile mide asidini azaltarak mide yanmasını azaltmış oluruz.	a= bikarbonat hacim b= olması gereken bikarbonat ph(7) c= istenilen bikarbonat hacmi d= 1L de ki bikarbonat ph değeri n=Mol m= kütle mA= Mol kütlesi M= Molarite V= hacim M1= bikarbonat molarite V1= bikarbonat hacim M2= H^+ molarite V2= H^+ hacmi pH = $-\log(\text{H})$ pOH = $-\log(\text{OH})$ $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 0,3M 0,3M $\text{HCl} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Cl}^-$ n= m / mA $M = n / V$ $M_1 \cdot v_1 = M_2 \cdot v_2$ $a \times b = c \times (mbaz \cdot V_{baz}) / mAbaz$ $mbaz = (a \cdot b \cdot mAbaz) / c \cdot V_{baz}$

Reflü etkinliğinde T ve P gruplarının matematikselleştirme sürecine yönelik grupların verileri incelendiğinde iki grubun da nötralleşme tepkimeleri üzerinden gerçek bir model oluşturmayı hedefledikleri görülmektedir. T grubu mide asidinin (HCl) pH'ı 1'den 4'e çıkarmak istemektedir. Bu doğrultuda ortama bikarbonat (CO_3) iyonları ekleyerek asit-baz dengesi hesaplamaya çalışmaktadırlar. Fakat problem durumlarından yola çıkarak elde etmek istedikleri gerçek model oluşturmaları için öncelikli olarak

mevcut asit ve bazların iyonlaşma tepkimelerini belirlemeli, titrasyon tepkimelerini dikkate almalı, daha sonra asitlik denge sabiti (K_a) ve bazlık denge (K_b) sabitlerini kullanarak modeli oluşturmaları gerekmektedir. Video ve doküman kayıtları incelendiğinde grubun bu etkinlikte matematiksel modele ulaşamamasının bilgi eksikliğinden kaynaklı olduğu görülmektedir. P grubu ise T grubu ile aynı çizgide ilerlemişlerdir fakat '*henderson-hasselbach denkleminde midenin mevcut ph değeri bulunmalıdır*' ifadesinden de anlaşıldığı üzere K_a ve K_b faktörlerinin kullanılacağını ön görmüşlerdir. Buna rağmen P grubu da matematiksel modelde bu faktörleri ele alamamışlardır. Ayrıca her iki grup da model oluştururken yapmaları gereken dönüşümleri (mililitre→litre) ihmal etmişlerdir.

Reflü etkinliğinde problemin çözümü için buluşsal stratejiler kullanma ve matematiksel bilgiyi kullanma ilgili alt yeterlikleri doğrultusunda matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin performansları Tablo 4.16' da sunulmuştur.

Tablo 4.16. Reflü etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematikselleştirme	T, P, U		

Tablo 4.16' da görüldüğü üzere gruplar matematikselleştirme yeterliklerinde yeterli görülmemişlerdir. T ve P gruplarının matematiksel modele ulaşmadığı ve bu yeterlikte yetersiz performans sergiledikleri kanaatine varılmıştır. Dolayısıyla grupların modellemenin diğer yeterlikleri ve basamakları takip edilmemiştir. U grubu ise önceki aşamayı geçemediği için bu aşamada değerlendirmeye alınmamıştır.

4.2.2.4. Reflü etkinliğinin genel değerlendirmesi

Elde edilen verilerden hareketle Reflü etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.17' de gösterilmiştir. Grupların problem durumunu anladıkları modelleme durumu ile ilgili varsayımlarda bulunduğu, durumu basitleştirip yapılandığı, değişkenleri belirlediği ve bu değişkenlere ilişkin tahminlerde bulundukları fakat matematikselleştirme yapamadıkları gözlemlenmektedir.

Tablo 4.17. Reflü etkinliği matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma	U	P	T
Matematikselleştirme	T, P, U		
Matematiksel Çalışma	T, P, U		
Doğrulama	T, P, U		
Yorumlama	T, P, U		

Elde edilen verilerden hareketle Reflü etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.18’ de gösterilmiştir. T ve P gruplarının 2. aşama olan gerçek model basamağına kadar ilerledikleri görülmektedir. İki grubun da durumun zihinsel temsili gerçekleştirerek modelleme durumunu anladığı, buradan hareketle gerçek modeli elde ettikleri fakat matematiksel modele geçiş yapamadıkları sonucuna varılmaktadır. Dolayısıyla gruplar geçerli bir matematiksel model oluşturamamışlar ve diğer basamakları da doğru bir şekilde ilerleyememişlerdir. Problemlerle ilgili verileri kullanırken problemde çözüme götürecek bir çözüm yolu kullanamadıkları söylenebilir.

Tablo 4.18. Reflü etkinliği matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Reflü	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	T, P
	Matematiksel Model	3.Aşama	-
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	-
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	-
	Doğrulama	6.Aşama	-

4.2.2.5. Reflü etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların etkinliğe dair yansıtıcı günlükleri incelendiğinde grupların neden gerçek modele erişemediklerine ilişkin ipuçları karşımıza çıkmaktadır. Örneğin T3 ve P3 şu şekilde görüş bildirmişlerdir;

T3: Yine bu modeli tasarlarken logaritmik işlemler yapmak durumunda kaldık. Bu tür işlemler için herhangi bir tecrübem yoktu. Bu durum bizi çok zorladı.

P3: Modelde temel oluşturacak nötralleşme için kritik değerleri belirledik. Burada edindiğimiz bilgilerden yola çıkarak su içerisine eklenen kabartma tozunun karbonatın molar değerini hesapladık. Benzer şekilde 20ml mide asidinin molaritesini kullanarak kaç gram gerekli olduğunu belirledik. Bu işlemleri yaparken çok zorlandık, her ne kadar araştırma yapsak da yine de zorlandık. Bu tür modeller için matematiksel işlemler de oldukça önemli olduğunu fark ettim.

Reflü etkinliğinde tüm gruplardan katılımcılar kimya konularında eksikliklerinin olduğunu, konuları hatırlamakta zorlandıklarını ve bu yüzden de matematiksel modelleme sürecinde sorun yaşadıkları görüşünü bildirmektedirler. T3 lisans eğitiminde edindiği kimya ile ilgili bilgileri meslek hayatında kullanmadığı için hatırlamakta zorluk yaşadığını şu şekilde ifade etmektedir;

T3: Model oluşturmada lisans eğitimi sırasında öğrendiğim, ama meslek hayatımda neredeyse hiç kullanmadığım molarite, mol, molekül ağırlığı gibi kavramları unuttuğumu ve yeteri kadar kullanamadığımı fark ettim.

P2 ise konu ile ilgili lisans düzeyindeki kavram ve formülleri daha sonraları kullanmadığını belirtmektedir;

P2: Problemi çözerken kimya dersinde görmüş olduğumuz asit baz tepkimelerinde pH hesaplamaları ile ilgili kavramları hatırlamak zor oldu. Genel de kullanılan ($n=m/m_a$ $M=n/V$) formülleri hatırlamak zor olmadı. Ancak diğer işlemlerde kullanmış olduğumuz ($pH=-\log$) logaritmalı formülleri uygulamak problemi çözme sürecimizin olağan bir şekilde uzamasına sebep oldu.

U grubundan U1 ve U2 ise benzer ifadelerle kimya konularını kullanmadığı için hatırlayamadığını ve bu yüzden de gerçek modele ulaşmada sorun yaşadığını söylemektedir;

U1: hesaplarken birçok kavramı bilmemiz gerekiyordu mol, molarite, atom kütlesi bunlara hakim olacaktık ki yutkunma sayımızla oluşabilecek tükürük miktarımızı bulabilelim. Formül oluşturmaya başladığımız zaman farkettiler ki uzun zamandır kimya konuları bize gerekli olmadığı için tekrar etmemişiz ve bilgilerimiz biraz körelmiş elimizde ne kadar doğru bilgiler olsa bile onu matematiksel işleme dökemediğimiz için yetersiz kalıyorduk ve formülü oluşturamıyorduk

U2: Uzun zamandır kimya konularına bakmamıştım. Bu da beni zorlayan bir durumdu. Nasıl bir yol izleyeceğimizi bulabildik ancak herhangi kimya bilgimiz olmadığı için formüle dökemedik bulduklarımızı. Mol, molar, derişim, atom kütlesi gibi kavramları derste görmeyeli de uzun zaman oldu .

Reflü etkinliğinde gerçek modele ulaşamayan U grubu üyelerinin görüşleri doğrultusunda grubun kavramlar arası ilişkileri kuramadığı, problemi doğrudan çözmeye meyilli oldukları ve değişkenleri belirlemede yetersiz kaldıkları gözlemlenmektedir. Grup üyelerinin bu konudaki görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

U3: Yine dediğim gibi ilk başta değişkenlerimizi ve kullanılacak verilerimizi tespit edebilseydik muhtemelen daha çabuk ve daha iyi bir formül bulabilirdik. Belki de dışarıdan aldığımız yardım direkt olarak bu yöntem bu yol deseydi de aynı sonuca varabilirdik. Çözüm odaklı değil de değişkenleri baz alma odaklı çalışsak daha iyi bir model oluştururduk diye düşünüyorum.

U1: Tekrardan başlayacak olsam kimyayı kapsamlı bir şekilde halleder öyle formül bulmaya çalışırdım. Bir şeyleri biliyoruz ama neyi bildiğimizi bilmiyoruz bunu fark ettim etkinlik sonunda.

Etkinliğin basitleştirme ve yapılandırma yeterliğinde kısmen yeterli performans sergileyerek matematikselleştirme basamağına geçiş yapan P grubunun değişkenleri belirlemede zorlandıkları için model oluştururken de sorunlar yaşadığı yansıtıcı günlüklerinde ifade edilmektedir. Örneğin grup üyeleri P1 ve P3 şu şekilde bir ifadede bulunmuşlardır;

P3: Değişkenleri belirlerken biraz zorlandık. Çünkü burada değişken sayımız 2 mi yoksa 1 tane mi oluyor konusunda. Bunlar HCL ve HCO₃. Daha sonra çözüm için nasıl bir yol izleyeceğimiz konusunda iyice kafamız karıştı. Bunun nedeni hem konuları çok iyi hatırlamamız hem de problem durumunun biraz sözel olmasından dolayı.

P1: Genel formülü test ettiğimizde mantık olarak kabul edilebilir duruyordu. Ama bilimsel olarak çokta doğru değildi. Farklı bir yol ama daha sağlıklı olan Çözünürlük Dengesi üzerinden çözülmesi daha doğru olurdu. Bunun için K_c denge sabitinden işlemler yapılması gerekiyordu.

Etkinlikte matematikselleştirme basamağına kadar ilerleyen T grubunun yansıtıcı günlükleri incelendiğinde ise grubun üst düzey matematiksel beceriler sergileyemedikleri için model oluşturmakta zorluklar yaşadıkları görülmektedir. Örneğin grup üyelerinden T3 logaritmik işlemler için tecrübesinin olmadığını ifade

ederken, T2 ise matematiksel işlemlerde oldukça zorlandığı yönünde ifadeler kullanmışlardır.

T3: Yine bu modeli tasarlarken logaritmik işlemler yapmak durumunda kaldık. Bu tür işlemler için herhangi bir tecrübem yoktu. Bu durum bizi çok zorladı

T2: Modelde temel oluşturacak nötralleşme için kritik değerleri belirledik. Burada edindiğimiz bilgilerden yola çıkarak su içerisine eklenen kabartma tozunun karbonatın molar değerini hesapladık. Benzer şekilde 20ml mide asidinin molaritesini kullanarak kaç gram gerekli olduğunu belirledik. Bu İşlemleri yaparken çok zorlandık, her ne kadar araştırma yapsak da yine de zorlandık. Bu tür modeller için matematiksel işlemler de oldukça önemli olduğunu fark ettim.

4.2.3. Yüzen Evler Projesi Bulgular

Çalışmanın bu kısmında üçüncü etkinlik olan Yüzen Evler etkinliğine ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.3.1. Yüzen Evler etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Yüzen Evler etkinliğinin problemi anlama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.19’da sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar su üzerinde inşa edilen evin taşıma kapasitesini ele almak istemektedirler.

Tablo 4.19. Yüzen Evler etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumuna İlişkin İfadeler
T	Ev inşa edildikten sonra ne kadar daha yük taşıyabilir?
P	Yüzen evin alabileceği kişi sayısı ne kadar olmalı?
U	Bu evde en fazla kaç kişi yaşayabilir?

T grubu ‘*Ev inşa edildikten sonra ne kadar daha yük taşıyabilir?*’, P grubu ‘*Yüzen evin alabileceği kişi sayısı ne kadar olmalı?*’, U grubu ise ‘*Bu evde en fazla kaç kişi yaşayabilir?*’ soruları ile verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde ifade ettikleri ve geçmiş deneyimleri ile bağlantı kurduklarını göstermişlerdir. Tüm gruplar problem durumlarını

ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş ve geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmışlardır. Grupların Yüzen Evler etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirmesi Tablo 4.20’ de sunulmuştur.

Tablo 4.20. Yüzen Evler etkinliği anlama yeterliliği değerlendirme sonuçları

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U

Üç grup da problem durumlarını ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş, geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış yapmış oldukları etkinlik formlarına aktardıklarından ve video kayıtlarından gözlenmektedir. Tablo 4.20 incelendiğinde tüm grupların Yüzen Evler etkinliğinde matematiksel modellemenin anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde oldukları ve bir sonraki basamağa geçiş yaptığı tespit edilmektedir.

4.2.3.2. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.21’ de sunulmuştur. Tablo 4.21 incelendiğine bütün grupların çeşitli varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri görülmektedir.

Matematiksel modelleme sürecinin basitleştirme ve yapılandırma süreci incelendiğinde üç grubun da problemin konusunu kapsayan kütle, hacim, ağırlık ve kaldırma kuvveti gibi kavramları belirttikleri görülmektedir. Grupların durumu etkileyen değişkenleri belirleyerek isimlendirdikleri gözlenmektedir. Örneğin, T grubu değişkenlerini insan sayısı (a) , binanın tabanın yüzey alanı- (b) , Binaının tabanın batma miktarı (c) olarak belirleyerek isimlendirmişlerdir. P ve U grupları ise kişi sayısını (x) şeklinde sembolize etmişlerdir. Üç grupta problem durumlarını sadeleştirmeyi sağlayacak varsayımlarda bulundukları görülmektedir. Örneğin, U grubu evin ağırlığını 500ton, P grubu evin taban alanını $120m^2$ ve T grubu ise insanların ortalama ağırlıklarını 70kg olarak kabul ederek sabitlemişlerdir.

Tablo 4.21. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İ.E.D	K.İ.K
T	Suyun dalgalı olmaması gerekir.	1.İnsan sayısı – a	Yağan yağmurla binanın ağırlığının artması ihmal edilmiştir.	1.Ağırlık
	Suyun yoğunluğunun sabit olduğu varsayılmıştır.	2.Binanın tabanın yüzey alanı- b		2.Kaldırma kuvveti
	Evin yüzey alanı 100 m2 varsayılmıştır.	3.Binanın tabanın batma miktarı - c		3.Hacim
	Evin tabanın 10 cm battığı varsayılmıştır.			4.Yoğunluk
	Evin tabanın maksimum 20 cm daha battığı varsayılmıştır.			
P	İnsanların ortalama ağırlığı 70 kg olduğu varsayılmıştır.			
	1 Kişinin ortalama ağırlığı 600N olduğu varsayılmıştır.	Evin yapıldığı maddenin cinsi		Hacim
	Eşyalı bir evin ortalama ağırlığı 1000000N olduğu varsayılmıştır.	Evin ağırlığı		Kütle
	Suyun yoğunluğu 1 olarak kabul edilmiştir.	Evin suyun altında kalan kısmın hacmi		Kaldırma kuvveti
	Eşyalı ev 5m battığı varsayılmıştır.	Kişi Sayısı		Denge
	Boş betonun yüksekliği 10m olduğu varsayılmıştır.	m1: 1 kişinin kütlesi		Ağırlık merkezi
	Evimiz 120m2 olduğu varsayılmıştır.	X: Kişi sayısı		
	Evin 60m2 eşyalara ayrılmış olup gerisi misafir olacak şekilde ayrılmıştır.	g: yer çekimi		
	1 kişi ortalama 0,5m2 yer kapladığı varsayılmıştır.	Vb: Batan kısmın hacmi		
		ds: Sıvının yoğunluğu		
U	Ev 500 ton ağırlıktadır.	t:Taban alanı		
	Eşyaların toplamı 25 ton.	k: 1 kişinin batırdığı metre		
	Evin yoğunluğu suyun yoğunluğundan fazla ise ev yüzer.	l: sıvının altında kalan yükseklik		
		h: yükseklik		
U		İnsan sayısı.	Eşyaların ağırlığı	Yoğunluk
		Suyun yoğunluğu.		Kaldırma kuvveti
		Evin taban alanı.		Cismin batan kısmı
		Cismin (evin) batan kısmı.		
		Cismin ağırlığı.		

Video kayıtlarından gözlemlendiği kadarıyla U grubu sürecin ilerleyen aşamasında grup kişi sayısını 10 kişi olarak sabitlemiştir. Bu durumda problem sorusuna yönelik bir çıkmaz oluşmaktadır. U grubunun problemin çözümüne katkısı olabilecek varsayımları

ve değişkenleri belirledikleri fakat değişkenler arasında ilişki kurmada yetersiz oldukları ortaya çıkmaktadır. Tablo 4.21’ de de görüldüğü üzere T ve P gruplarının basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinde yeterli performans sergiledikleri tespit edilmiştir. U grubunun ise bu yeterlikte kısmen yeterli performans sergiledikleri belirlenmiştir.

Yüzen Evler etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında ele alınan varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme, durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve onları isimlendirme ve değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma, mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma alt yeterlikleri göz önünde bulundurularak belirlenen performanslar Tablo 4.22’ de sunulmuştur.

Tablo 4.22. Yüzen Evler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma		U	T, P

4.2.3.3.Yüzen Evler etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Yüzen Evler etkinliğinin matematikselleştirme aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.23’ te sunulmuştur. Tablo 4.23 incelendiğine grupların problem durumuna yönelik çözüm planları sunduğu ve modeli oluşturmaya yönelik çalışmalarda bulundukları görülmektedir.

Yüzen Evler etkinliğinde matematikselleştirme yeterliğine yönelik grupların verileri incelendiğinde grupların gerçek bir model oluşturmak için kaldırma kuvveti ağırlık ilişkisinden yola çıktıkları görülmektedir. Bu doğrultuda yüzen eve etki eden kaldırma kuvvetinin yüzen evin ağırlığına eşit olduğu denklemi üzerinden model oluşturmuşlardır. T grubunun oluşturduğu model incelendiğinde eşitliğin bir tarafında evin, eşyaların ve insanların ağırlığı ile kişi sayısı değişkenleri diğer tarafta ise sıvının yoğunluğu, evin batan hacmi ve yer çekimi ivmesi vardır.

Tablo 4.23. Yüzen Evler etkinliğinin matematikselleştirme aşamasına ilişkin ifadeler

Çözüm Planı		Modelin Oluşumu
T	Evdeki eşyaların ve evin boş ağırlığı hesaplanır. Daha sonra ortalama insan ağırlığı ile insan sayısı çarpılarak toplam ağırlık bulunur. Bu değer suyun yoğunluğu ile batan kısmın çarpımına eşitlenir.	Evin boş ağırlığı + evdeki eşyaların ağırlığı + insan sayısı $\times 700 =$ sıvının yoğunluğu $\times$ batan hacim $\times$ yer çekim ivmesi İnsan sayısı = a
		$G = F_k$ $mev. g + (m1 \cdot g) \cdot X = Vb \cdot ds \cdot g$ $t = mev/l \quad k = m1/t$ $mev \cdot 10 = Vb \cdot 1 \cdot 10$ $mev = Vb$ $Vb = 100.000 \text{ m}^3$ $t = mev/l$ $t = 100.000/5 = 20.000 \text{ m}^2$ $k = m1/t$ $k = 60/20.000$ $k = 0.003 \text{ m}$ $1/x \times 0,003/5 = 1,666$
P	Bir insan yokken evin kütlesi evin batan hacmine eşittir. Vb 100bin m³ bulundu. Daha sonra bu bulunan hacim 5m yükseklik batırdığı için 5 e bölünerek taban alanı 20bin m² bulundu. 1 kişinin evi kaç metre batırdığını bulmak için ise bir kişinin kütlesi taban alanına bölündü. 1 kişi 0.003m batırdığı bulundu. 1 Kişi 0.003 batırıyorsa betonun yüksekliği 10m olduğu kabul edildiğinden geri kalan 5 metre daha batması için oran orantı yapılarak evin batmaması için max 1,666 kişi misafir edilebilmektedir.	m: kütle m1: 1 kişinin kütlesi X: Kişi sayısı g: yer çekimi Vb: Batan kısmın hacmi ds: Sıvının yoğunluğu t: Taban alanı k: 1 kişinin batırdığı metre l: sıvının altında kalan yükseklik h: yükseklik
U	Evin ağırlığı kaldırma kuvvetinden küçük ya da eşit olursa ev batmaz. Suyun kaldırma kuvveti bulunacak. Cismin ne kadar battığı bulunacak. Cismin battığı yüksekliğe bağlı olarak kişi kapasitesi bulunacak. Her kişi bindiğinde cisim ne kadar batacak.	Evin ağırlığı $\leq$ kaldırma kuvveti $F_b = p \cdot g \cdot v = m \cdot g$ P sıvı yoğunluğu G yer çekimi ivmesi V sıvının hacmi $Vb \cdot ds \cdot g = m \cdot g$ $Vb \cdot 1 \cdot 10 = m \cdot 10$ $Vb = m$ Batan hacim= batan kısmın yüksekliği.taban alanı
		A= kişi sayısı $a \cdot 50 \text{ kg} = 500 \text{ kg}$ $a = 10$ $F_b = p \cdot g \cdot v = m \cdot g$ $Vb \cdot ds \cdot g = m \cdot g$ $Vb \cdot 1 \cdot 10 = m \cdot 10$ $Vb = m$ cismin ağırlığı= batan kısmın yüksekliği.taban alanı

Grubun mevcut varsayımları göze alındığında modelin sadece kişi sayısını hesaplamaya yönelik bir formüle bağlandığı söylenebilir. Varsayımlarında ve model üzerinde belirtilmese de video kayıtlarının incelenmesinde yer çekiminin de formüle dâhil

edildiği ve birimi olmaksızın 10 değeri kabul edildiği gözlemlenmektedir. Diğer taraftan grubun sadece kişi sayısını (a) olarak sembolize ettiği diğer değişkenleri matematiksel semboller ile göstermedikleri görülmektedir. T grubunun uygun matematiksel gösterimleri seçmemesi ve durumları grafiksel olarak temsil etmemesine rağmen ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirmede kısmen yeterli oldukları söylenebilir.

P grubunun problem durumunu matematikselleştirme süreci incelendiğinde ise T grubuna benzer şekilde kaldırma kuvveti ve batan cismin ağırlığı ilişkisi üzerinden bir model kurulmak istendiği görülmektedir. İlk aşamada (mev. $g + (m_1 \cdot g)$, $X = Vb \cdot ds \cdot g$) şeklinde T grubunun oluşturduğu geçerli modelden kurmuşlardır. Daha sonra modeli revize ederek bir kişinin evin ne kadar kısmını batırdığı üzerine yeni bir model ($\frac{1}{x} \times \frac{0,003}{5}$) geliştirmişlerdir.

Revize ettikleri model ilk aşamadaki kurdukları model aracılığıyla boş bir evin batırdığı miktarı bir kişinin batırdığı miktara oranlanması şeklindedir. Elde edilen bu model ölçü birimlerinin dönüştürülmesinde yapılan hatalar nedeniyle yanlış bir model ortaya çıkarmışlardır. Suyun yoğunluğunu 1gr/cm^3 almaları gerektiği halde birimlerini yazmadıkları için matematiksel işlemlerde yanlışlıklar yapılmış ve bu da oluşturulan modelin doğru bir şekilde işlemesine engel olmuştur.

U grubu incelendiğinde P grubu ile benzer bir yol izleyip bir kişinin evin batmasını ne kadar etkilediği üzerinden bir model oluşturmak istedikleri görülmektedir. Fakat grubun bu düşüncelerini matematikselleştiremediği gözlenmektedir. Grup olarak kişi sayısı değişkenini sabitleyerek doğrudan problemi çözme yoluna gitmektedirler. Problem durumunda önemli bir yer tutan kişi sayısını değişken olarak modele entegre edememişlerdir.

Yüzen Evler etkinliğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme, gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme, uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme alt yeterlikleri doğrultusunda grupların performansları Tablo 4.24' te sunulmuştur.

Tablo 4.24. Yüzen Evler etkinliği matematikselleştirme yeterliği değerlendirilmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematikselleştirme	U	T, P	

Tablo 4.24 incelendiğinde U grubunun matematikselleştirme yeterliğinde yetersiz oldukları görülmektedir. Dolayısıyla yaptığı grubun yaptığı çözümler de yanlıştır ve modellemenin sonraki basamakları takip edilmemiştir. T ve P grubu ise bu yeterlikte kısmen yeterli olarak değerlendirilmiştir. İki grup da bir üst basamağa ilerleme başarısı göstermişlerdir.

4.2.3.4. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma yeterlikleri

Grupların Yüzen Evler etkinliğinin matematiksel çalışma sürecine ilişkin çalışmaları Tablo 4.25’ te sunulmuştur.

Tablo 4.25. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler

G	Matematiksel İşlemler
T	Evin boş ağırlığı= 1000000N Evdeki eşyaların ağırlığı = 500000N
	Eve gelen kişi sayısı = a sıvının yoğunluğu= 1 batan hacim min. değer = 10 m ³
	batan hacim max değer = 20 m ³ = 20000000 cm ³
	Evin boş ağırlığı + evdeki eşyaların ağırlığı + insan sayısı x 700N= sıvının yoğunluğu x batan hacim x yer çekim ivmesi
P	A= 142 kişi
	$m_{ev} \cdot 10 = Vb \cdot 1 \cdot 10$
	$m_{ev} = Vb$
	$Vb = 100.000 \text{ m}^3$
U	$t = m_{ev} / l$
	$t = 100.000 / 5$
	$t = 20.000 \text{ m}^2$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = 2 \text{ metre} \cdot 250 \text{ m}^2$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = 500 \text{ m}^3$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = \text{hdg} =$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = 500 \cdot 1 \cdot 10$
	$k = m1/t$
	$k = 60 / 20.000$
	$k = 0.003 \text{ m}$
	$\frac{1}{x} \times \frac{0,003}{5} = 1,666$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = 5000 \text{ N}$
	$a \cdot 50 \text{ kg} = 500 \text{ kg}$
	$a = 10$

Grupların matematiksel çalışma performansları incelendiğinde T ve P grupları oluşturdukları modelde birimleri ve dönüşümleri dikkate almadıkları tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı matematiksel işlemler sürecinde birçok hata yaptıkları görülmektedir. Örneğin P grubu suyun yoğunluğunu santimetre cinsinden 1g/cm^3 olarak alınmak istenmesine rağmen ‘1’ olarak almışlardır. Diğer taraftan yoğunluğu g/cm^3 üzerinden yaparken hacim ve alan hesaplamalarını ise metre cinsinden yapmışlardır. İki grupta gerek birimleri belirtmedikleri için gerek ise kütle ve uzunluk ölçülerini varsayımları doğrultusunda birbirlerine dönüştürmedikleri için matematiksel işlemlerde hatalar yapmışlardır. Özellikle T grubunda görüldüğü üzere dönüşümlerde problem yaşadıkları ve değişkenlerini sembolize etmedikleri için matematiksel işlemler sürecini birçok kez tekrarlamışlardır. U grubu ise matematiksel bir model oluşturamadıklarından bu aşamada değerlendirilmemiştir.

Yüzen evler etkinliğinde problemin çözümü için buluşsal stratejiler kullanma ve matematiksel bilgiyi kullanma alt yeterlikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilen grupların performansları Tablo 4.26’ da sunulmuştur. Tablo 4.26’ da görüldüğü üzere tüm gruplar matematiksel çalışma yeterliklerinde yeterli görülmemişlerdir. Dolayısıyla grupların sonraki yeterlikleri ve basamakları takip edilmemiştir.

Tablo 4.26. Yüzen Evler etkinliği matematiksel çalışma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematiksel Çalışma	T, P, U		

4.2.3.5. Yüzen Evler etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular

Elde edilen verilerden hareketle Yüzen Evler etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.27’ de gösterilmiştir. Tablo 4.27 incelendiğinde grupların önceki etkinliklere göre yeterliklerinde gelişme kaydettikleri görülmektedir. T ve P grupları matematiksel çalışma yeterliklerini ilk kez test ederken U grubu ise matematikselleştirme yeterliklerini ilk kez test etmişlerdir.

Tablo 4.27. Melisa Projesinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma		U	T, P
Matematikselleştirme	U	T, P	
Matematiksel Çalışma	T, P, U		
Doğrulama	T, P, U		
Yorumlama	T, P, U		

Elde edilen verilerden hareketle yüzen evler etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.28’ de gösterilmiştir. U grubunun 2. Aşama olan gerçek model aşamasında kalırken T ve P gruplarının ise 3. aşama olan matematikselleştirme aşamasına kadar ilerleyebildikleri görülmektedir. U grubu modelleme durumu ile ilgili varsayımlarda bulunmuş, durumu basitleştirerek yapılandırmış, değişkenleri belirlemiş ve bu değişkenlere ilişkin tahminlerde bulunmuş fakat matematikselleştirme yapamamıştır. T ve P grupları ise matematiksel modeli kurmuş ve bir matematiksel problem oluşturmuş fakat matematiksel problemi çözememiştir.

Tablo 4.28. Yüzen Evler etkinliği matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Yüzen Evler	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	T, P, U
	Matematiksel Model	3.Aşama	T, P
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	-
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	-
	Doğrulama	6.Aşama	-

4.2.3.6. Yüzen Evler etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların etkinliğe dair yansıtıcı günlükleri incelendiğinde grupların neden matematikselleştirme ve matematiksel çalışma yeterliklerinde yetersiz kaldıklarına ilişkin ipuçları karşımıza çıkmaktadır. Matematikselleştirme aşamasına kadar ilerleyen fakat matematiksel bir model oluşturamayan U grubunun kavramlar arası ve değişkenler arasındaki ilişkiyi kuramadıklarından kaynaklı olarak model oluşturamadığına dair görüşler ortaya çıkmaktadır. Örneğin Grup üyesi U2 şöyle bir ifade de bulunmuştur;

U2: Aslında gerekli bütün bilgileri bulduk basıncın bağlı olduğu yüzey alanı ya da ağırlık kavramlarını ama bilgi eksikliğinden bir formülde toplayamadık. Bu etkinlikte formül oluşturma kısmında zayıf kaldık.

Matematiksel sonuçlar aşamasına kadar ilerleyen fakat bu aşamada yetersiz kalan T grubundan T3 birim dönüşümlerinde zorlandıklarına vurgu yaparak hatalı işlemler yapmalarının nedenini buna bağlamaktadır. T3' ün ifadesi aşağıdaki gibidir;

T3: Hesaplama yaparken Ağırlık=Kaldırma kuvveti formülü geliştirmeye çalıştık. Kaldırma kuvvetini hesaplarken kullandığımız batan hacim de birim dönüşümlerinde çok zorlandık ve çok kez de hatalı işlem yaptık. Tüm modelleme örnekleri için excel gibi araçlar kullanmak faydalı olabilir.

Matematiksel çalışma aşamasına kadar ilerleyen diğer bir grup olan P'nin üyeleri de benzer şekilde birimleri belirleme ve birimleri dönüştürmede yaşadıkları problemlere dikkat çekmektedirler. Örneğin grup üyelerinden P2 ve P3 şöyle ifadelerde bulunmaktadır;

P3: Zorlandığımız kısım ise varsayımları yaparken veri dönüşümlerini yapmamamış olmuştum.

P2: Zorlandığım kısımlardan biri de işlem sırasında formülde kullanılacak birimlerin çevrilmesi gerektiği yerleri unutmak oldu..

Grupların matematikselleştirme aşamasında yetersiz kalmalarının bir sonraki aşamalar olan doğrulama ve yorumlama aşamalarına geçiş yapamamalarına neden olduğu yansıtıcı günlüklerinde de ortaya çıkmaktadır. T grubundan T1 bu duruma ilişkin olarak aşağıdaki şekilde değerlendirme yapmaktadır;

T1: İşlem yapmada zorlandığımız için model için geliştirdiğimiz formüllerdeki değişkenleri pek fazla değiştiremedik.

Genel olarak değerlendirme yaptığımızda yüzen evler etkinliğinde grupların önceki etkinliklere göre daha ileride oldukları, problemi durumunu sadeleştirebildiklerini ve gerçek bir model oluşturabildikleri görülmektedir. Bu etkinlikte gruplar matematiksel işlemler aşamasında yetersiz kaldıkları ve sonraki aşamalara da bu nedenle geçiş yapamadıkları söylenebilir.

T2: Daha sonra probleme etki edebilecek bazı değişkenleri ihmal etmem gerektiğini anladım. Aynı zamanda bazı değişkenleri sabit tutarak problem durumunu daha kolay çözebileceğimi fark ettim. Problemi çözmek için bazı değişkenler belirleyip bunları sembollerle göstermeye karar verdim. Çünkü semboller formüllerde kullanmak daha pratik bir çözüm olacaktır

P1: Etkinlik esnasında zorlayan nokta virgüllü hesaplamalar oldu bunlar ile işlemlerde zorlandım hesap makinesi kullansakta tıkanıdığım noktalar oldu.

U1: Bu etkinlikte problem durumun oluşturulmasında çok zorlanmadık. Bu örnekte problem durumu olarak su üzerinde binanın yüzmesi için gerekli batma miktarının hesaplanması olarak belirledik. Bunun içinde bina içerisine aynı anda kaç tane insanın bulunabileceğini hesaplamaya çalıştık.

4.2.4. Plastik Bakterileri etkinliği bulgular

Çalışmanın bu kısmında dördüncü etkinlik olan ‘Plastik Bakterileri’ etkinliğine ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.4.1. Plastik Bakterileri etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Plastik Bakterileri etkinliğinin problemi anlama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.29 ’da sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar, zaman bazında bakterilerin dönüştürdüğü plastik miktarını hesaplamaya yönelik çalışma yapmak istemektedirler.

Grupların fark ettim, merak ettim ve problem durumunu ifade etme süreçlerinde görüldüğü üzere verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde algıladıkları ve önceki bilgileri ile bağlantı kurduklarını göstermişlerdir.

Tablo 4.29. Plastik Bakterileri etkinliği problem durumuna ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumuna İlişkin İfadeler
T	Doğal ortamda bazı bakteriler 1 yılda plastiklerin ne kadarı dönüştürülebilir?
P	Bir plastik yiyen bakteri arıtma tesisini içerisindeki plastiklerin 1 yıl içerisindeki ayrışım miktarı ne kadar?
U	Bakteriler arıtım tesisi içindeki plastikleri 1 yılda ne kadar ayrıştırabilir?

Tüm gruplar problem durumlarını ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş ve geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış fakat durumun temsili çizmemişlerdir. T grubu plastik yiyen bakterilerin doğal ortamda bir yılda ne kadar plastik ayrıştırabileceği üzerinden MM sürecini başlatırken P ve U grubu ise arıtma tesisi içerisinde 1 yıl içerisinde ne kadar plastiğin bakteriler tarafından ayrıştırılabileceği üzerinden süreci başlatmışlardır. Grupların Plastik Bakterileri etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirmesi Tablo 4.30’da sunulmuştur

Tablo 4.30. Plastik Bakterileri etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U

Tablo 4.30 incelendiğinde grupların Plastik Bakteriler etkinliğinde anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde oldukları ve bir sonraki basamağa geçiş yaptığı belirlenmiştir.

4.2.4.2. Plastik Bakteriler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Plastik Bakterileri etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.31’ de sunulmuştur. Tablo 4.31 incelendiğine grupların çeşitli varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri görülmektedir. Tablo 4.31 üzerinden inceleme yapıldığında tüm grupların konuya ilişkin kavramlara hakim oldukları söylenebilir.

Tablo 4.31. Plastik Bakterileri etkinliği basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İ.E.D.	K.İ.K.
T	Bir bakteri grubu yılda 90 gram plastiği parçalar	Mevsimler sıcaklık ortalaması	.Plastik türü	Emzimler
	Her gün ortalama mevsim sıcaklığına sahiptir.		Oksijen miktarı	Çevre kirliliği
	Yaz ayı optimum parçalama zamanı olarak kabul edilmiştir.		pH değeri	Plastiklerin çözünmesi
	Çevresel sıcaklık baz alınarak modelleme yapılmıştır.			Bakteri popülasyonu
P				Madde döngüleri
				İnsan sağlığı
	Plastiğin ağırlığı sbt (10gr) kabul edilmiştir.	n = Bakterinin üreme gün sayısı	Sıcaklık	Enzim
	Başlangıçta 1 pet şişenin parçalanması için 100 bakteri gereklidir.	a = plastik miktarı 2365 1 yıldaki plastik miktarı	Basınç	Substrat
	Başlangıçta bakterilerin ihtiyacını karşılamak için yeterli plastik vardır.	b= 6 haftadaki bakteri sayısı	Plastik Türü	Reaksiyon
	Başlangıçta 10 gr plastiğin yok olması için 6 hafta gereklidir.	c= 1 Şişenin plastik şişenin gramı		Hidroliz
U	Bir bakteri 1 gün sonunda 2 katına çıkmaktadır.	d= Dönüştürülen plastik miktarı		Sıcaklık
		m= başlangıçtaki bakteri sayısı		Plastik
				Bakteri
				Çevre kirliliği
U	Aritim tesisinde 1000 adet pet şişe var.	Enzim miktarı. (bakteri sayısı)	Ortam sıcaklığı sabit tutulur. (enzim çalışması için gerekli faktör)	Basınç
	Tesise verilen ısı sıcaklık 25 derecedir.	Substrat miktarı.(pet şişe)		Doğal döngü
	0,5 litrelik bir pet şişe 10,5 gramdır.		Su miktarı sabit tutulur.	Petaz enzimi

T grubunun bakterilerin plastikleri parçalamak için ürettikleri enzimlerin sıcaklık ile ilişkisinden yola çıkarak varsayımlarda bulundukları ve değişken belirledikleri görülmektedir. Ancak, ‘Bir bakteri grubu yılda 90 gram plastiği parçalar’ varsayımı problem durumları ile uyuşmamaktadır. Grubun daha sonraki aşamalarda da sıcaklık değişimine bağlı olarak çözülen plastik miktarını belirleme amacına yönelik hareket etmekte oldukları gözlemlenmektedir. Fakat grup geriye yönelik işlem yapmayıp problem durumunu revize etmemiştir. Bu yönüyle incelendiğinde ise kullandıkları değişkenler ve varsayımların yine gerçek modele ulaşmada kısmen de olsa katkı

sağladığı söylenebilir. P grubu üyeleri ise gerçek modele ulaşılmasına katkı sağlayacak ilgili varsayımları ve değişkenleri tespit etmektedirler. Örneğin, ‘*Bir bakteri 1 gün sonunda 2 katına çıkmaktadır*’ varsayımı ve ‘*Bakterinin üreme gün sayısı*’ ile 1 yılsonunda ortamdaki bakteri sayısını bulmayı düşünmektedirler. Böylelikle 2. ve 3. varsayımları yardımıyla sonuca gitmek istenmektedir. Ayrıca, grup ilgili değişkenleri isimlendirebilmektedir. U grubu ise bakteri sayısı ve pet şişe miktarı değişkenleri üzerinden gerçek modele ulaşmak istemektedir. Grup değişkenleri isimlendirme yoluna gitmemesine rağmen gerekli varsayım ve değişkenleri belirlemişlerdir. Bakteri sayısı ile enzim miktarı ve pet şişe ile substrat miktarı arasındaki ilişkiyi ifade etmişlerdir. Plastik Bakterileri etkinliğinde *basitleştirme ve yapılandırma yeterliği* kapsamında ele alınan yeterliklerine ilişkin grupların performansları Tablo 4.32’de sunulmuştur.

Tablo 4.32. Plastik Bakteriler etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma		T, U	P

Tablo 4.32’ de görüldüğü üzere P grubunun basitleştirme ve yapılandırma alt yeterliklerinin tamamında yeterli performans sergiledikleri tespit edilmiştir. T ve U gruplarının ise yeterlikleri kısmen yeterli olarak değerlendirilmiştir. P, T ve U grubunun bir sonraki basamağa geçiş yaptığı sonucuna varılabilir.

4.2.4.3. Plastik Bakteriler etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların, Plastik Bakterileri etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.33’ te sunulmuştur. Tablo 4.33 incelendiğine T, P ve U gruplarının problem durumuna yönelik çözüm planları sunduğu ve modeli oluşturma yönelik çalışmalarda bulundukları görülmektedir. Plastik Yiyen Bakteriler etkinliğinde matematikselleştirme aşamasına geçen grupların ifadeleri incelendiğinde grupların basit oran orantı denklemi kullanarak bir günde bakterilerin parçaladığı plastik miktarından bir yılda parçalanan toplam plastik miktarına ulaşmak istedikleri görülmektedir.

Gruplar mikroorganizmaların ikiye bölünmek suretiyle geometrik artış şeklinde bir üreme tarzı gösterdiklerini ve bu geometrik artış üremenin matematiksel ifadesinin de (1×2^n) olduğu çıkarımına ulaşmışlardır. U grubu bakteri popülasyonunda meydana gelen her bölünme (jenerasyon) ve iki jenerasyon arasında geçen zamanın (jenerasyon süresi) gerekliliğinin farkında olamamışlardır. Jenerasyon süresi bakterilerde çok değişiklik göstermektedir. Bazı bakterilerde 20dk sürebilirken bazı bakterilerde 16 saat sürebilmektedir.

P grubu ise ' $X = 2^n \cdot m$ ' denklemiyle ilk jenerasyonun nüfusunu (Jenerasyon süresini 1 gün olarak almışlardır) hesaplayabilmektedir. Fakat, toplam jenerasyon sayısının ve süresinin belirlenmesi için ' $X = 2^n \cdot m$ ' denkleminin logaritmasının alınarak gerçek modele yerleştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte grubun b (6 haftadaki bakteri sayısı) değişkeninin problemin matematikselleştirilmesinde anlam taşımadığı tespit edilmiştir. Ayrıca her iki grup da bakteri popülasyonunda ölümlerin olacağını ifade etmelerine rağmen ortamdan kaybolacak bakteri sayısını hesaplama adına fikir üretmediklerinden dolayı yapılan modellemede ortamda bulunan bakterilerin ölümü hesaba katılmadığını ifade etmişlerdir.

T grubu ise sıcaklık değişkeni üzerinden model oluşturmak istemişlerdir. Fakat grup gerek bakteri popülasyonu gerekse enzimlerin çalışma sıcaklığı gibi önemli değişkenleri ele almadıkları için oluşturdukları model gerçek hayatta bir problem durumunu açıklamak için elverişli değildir. Grubun çok fazla sadeleştirmeye gitmesi MM sürecini olumsuz etkilemiştir.

Plastik Bakterileri etkinliğinde matematikselleştirme yeterliklerinin değerlendirilmesi Tablo 4.34' te sunulmuştur. Görüldüğü üzere tüm gruplar matematikselleştirme yeterliklerinde yeterli görülmemişlerdir. Dolayısıyla grupların modellemenin diğer yeterlikleri ve basamakları takip edilmemiştir.

Tablo 4.33. Plastik Bakterileri etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler

G		Çözüm Planı				Modelin Oluşumu			
T	Belirli bir bakteri grubu 6 haftada bir plastik şişeyi (10g) parçalamıştır. Bu veriden yola çıkılarak yıllık ne kadar plastiğin parçalanacağı hesaplanmıştır. Ayrıca mevsim sıcaklığını da değişken olarak düşünüp bakterilerin yıllık ortalama ne kadar plastik parçalayacağı hesaplanacaktır.	Sıcaklık ortalaması	kış	ilg	yaz	son	(Sıcaklık ortalaması+273).21,66/303		
		0	20	30	20				
		Kelvin cinsinden sıcaklık	273	293	303	293			
		plastik şişe kaç haftada tüketiliyor	6,65	6,2	6	6,2			
		10							
		9,22	9,677419	10	9,022556				
		ievsim 2	19,52145	20,9516	21,666667	20,9516			
P	Öncelikle ortamda bulunan bakteriler ile 1 yıl sonunda ortamda bulunan bakteri sayısı hesaplanmıştır. 6 hafta da 10gr plastik tüketiliyor ise 1 yılda ortamda bulunan bakterilerin tüketmiş oldukları bulunacaktır. Oran orantı yapılarak 1 yılda ve 1 haftada tüketilen plastik miktarı bulunarak daha sonra bulunan sonuçlar karşılaştırma yapılacaktır.	X= 2 ⁿ . m				a = 2 ³⁶⁵ 1 yıldaki plastik miktarı			
		n = Bakterinin üreme gün sayısı				b= 6 haftadaki bakteri sayısı(2 ⁴²)			
		X= 2 ³⁶⁵ .100 = 1 yıl sonraki bakteri sayısı				c= 1 plastik şişenin gramı			
		m= başlangıçtaki bakteri sayısı				d= Dönüştürülen plastik miktarı			
							a . c = b . d		
							d = 2 ⁿ . m . c / (b)		
U	Uygun koşullar sağlandığında 1 günde 6 milyar bakteri 2 pet şişeyi parçalarken, koşullar değiştiğinde (besin, su ve sıcaklık normalin altında) 1 günde 3 milyar bakteri üretilecek ve 1 pet şişe parçalanacak.	6 milyar bakteri 2 pet şişeyi bir günde				3 milyar bakteri	1 tane pet şişe	1 gün	
		3 milyar bakteri 1 pet şişeyi 1 günde				21 milyar bakteri	7 tane pet şişe	7 gün	
		364/ 2 =182 (zamanı 2 ye böldük)				1095 milyar bakteri	365 pet şişe	365gün	
		182x 2 (pet şişe sayısı)=364				1095 milyar bakteri	365 pet şişe		
		182x1 (pet şişe)= 182 364+182= 546 pet şişe (1 yılda)				Gün 1	Gün 2	Gün 4	
		N = zaman(182) 2N ve N (2N+N)				Bakteri üreme oranı 2 ⁿ			
		((2x182)+182)=546 pet şişe sayısı				2 ⁴² = (6 hafta)= 1 şişe= 10,5 gram			
		1000-546= 454 pet şişe 1 yılın sonunda ayrışmadan kaldı.				2 ³⁶⁵ = 8,6 şişe= 90,9 gram			
		Bakteri için;				Bakteri sayısını sabit tuttuk.			
		364/2=182 182x6= 1092 182x3=546				(3 milyar bakteri)x (1 şişe)=3 gün			
							(3 milyar bakteri)x(2 şişe)= 6 gün		
							A bakterisi 42 günde 10,5 gram		
							A bakterisi kaç günde(t) 20 gramı(B)		
							42xB=10,5xt		

Tablo 4.34. Plastik Bakterileri etkinliğinde matematikselleştirme yeterliklerinin değerlendirilmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematikselleştirme	T, P, U		

4.2.4.4. Plastik Bakterileri etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular

Elde edilen verilerden hareketle Melisa Projesi etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.35’ te gösterilmiştir. Tablo 4.35 incelendiğinde tüm grupların matematiksel modelleme sürecinin matematikselleştirme yeterliklerini sergileyemedikleri görülmektedir. Bir önceki etkinlik olan yüzen evler etkinliğindeki yeterliklerinde düşüş gözlemlenirken, konu açısından bakıldığında diğer biyoloji konusu ile ilgili etkinlik olan Melisa Projesi’ne göre yeterliklerinde artış olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 4.35. Plastik Bakterileri etkinliğinde matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma		T, U	P
Matematikselleştirme	T, P, U		
Matematiksel Çalışma	T, P, U		
Doğrulama	T, P, U		
Yorumlama	T, P, U		

Elde edilen verilerden hareketle Plastik Bakteriler etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.36’ da gösterilmiştir. Plastik Yiyen Bakteriler etkinliğinin matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik bulguları incelendiğinde tüm grupların 2. Aşama gerçek model aşamasına kadar gelebildikleri görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında grupların durumun zihinsel

temsiline kadar ilerleyebildiği ve modelleme durumunu anladığı, fakat matematiksel modele geçiş yapamadıkları görülmektedir. Problemlerle ilgili verileri kullanırken problemde çözüme götürecek bir çözüm yolu kullanmadıkları görülmüştür. Dolayısıyla gruplar geçerli bir matematiksel model oluşturamamışlar ve diğer basamakları da doğru bir şekilde tamamlayamamışlardır. Yani modellemenin ilk basamaklarındaki yetersizlikler diğer basamakları da olumsuz etkilemiştir.

Tablo 4.36. Plastik Bakteriler etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Plastik Bakterileri	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	T, P, U
	Matematiksel Model	3.Aşama	-
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	-
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	-
	Doğrulama	6.Aşama	-

4.2.4.5. Plastik Bakterileri etkinliğinde yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların yansıtıcı günlükleri incelendiğinde bu etkinlikte modelleme sürecinde gerçek modele ve çözümlere neden ulaşamadıklarına dair ipuçları ortaya çıkmaktadır. T grubu örneğinde görüldüğü üzere çok fazla sadeleştirmeye gidildiği için gerçek bir model ortaya koyulamamıştır. Bu duruma ilişkin T3'ün görüşü şu şekildedir;

T3: Değişken olarak temelde mevsimlerin otamala sıcaklık değerleri olacak şekilde bir model hazırladık. Bununla birlikte ortamın ph değeri, oksijen miktarı, bakteri türü gibi birçok değişkeni ihmal ettik. Bu ihmalleri yaparken hiç rahat değildim. İçten içe bu değişkenlerin oldukça önemli olduğunu ve ihmal edilmemesi gerektiğini düşündüm. Ancak modelin test edilmesi için ihmal edilen değişkenlere ait veriler elimizde hiç yoktu. Bu nedenle bu değişkenlerin etkili olup olmadığına karar vermek çok zordu. İstemesek de ihmal edilen değişkenlerin sayısını artırdık.

U grubunun ise belirledikleri değişkenleri organize etmekte ve sadeleştirmekte sorunlar yaşadığı görülmektedir.

U2: bir formül oluşturduk ama yine eksik şeyler vardı çünkü kendi belirlediğimiz rakamlar üzerinden formülümüz çalışıyordu ama herhangi bir değişiklik olduğu zaman formül nasıl işler o konuda test etmedik formülü ve bu konuda yine yetersiz kaldık. Aslında her şey bildiğimiz konular ya da yapabileceğimiz şeyler ama formül konusuna gelince neyi nasıl kullanacağımızı bilmediğimiz için formül oluşturma kısmında sıkıntılar yaşadık.

U3: Problemi çözerken kendi varsayımlarımız bizi zora soktu. Gereksiz varsayımlar yaptık, problemden sapıp başka bir problem oluşturduk fark etmeden. Hatamızı fark edince tekrar yeni bir araştırma yaptık. Elimizde bu sefer daha fazla veri oldu.... Bu haftaki etkinlikle en büyük eksikliğimiz elimizdeki verileri nasıl kullanmamız gerektiğini bilmiyor olmamızıdır.

4.2.5. Ozon etkinliği bulgular

Çalışmanın bu kısmında beşinci etkinlik olan ‘Ozon Etkinliği’ ne ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.5.1. Ozon etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Ozon etkinliğinin problemi anlama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.37’ de sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar Ozon Etkinliği problem durumlarını yaşadıkları bölgede atmosfere ne kadar kloroflorokarbon (CFC) gazlarının salındığı üzerinden ifade etmişlerdir. Daha sonrasında ise CFC salınımından kaynaklı tepkime sonucunda ne kadar Ozon (O₃)’ un etkilendiği üzerine çalışma yapmak istedikleri görülmektedir. T ve U grupları yaşadığı bölgeyi Erzincan ili ile sınırlandırırken P grubu ise Türkiye’nin tamamı üzerinden çalışma yapmak istemektedirler. Video analizlerinde, grupların CFC ile Ozon gazları ile reaksiyona girerek atmosferdeki ozon miktarının azalttığı ve bu durumun küresel ısınma, çevre kirliliği vb. sorunlara neden olduğunun bilincinde oldukları gözlemlenmektedir.

Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar Ozon Etkinliği problem durumlarını yaşadıkları bölgede atmosfere ne kadar kloroflorokarbon (CFC) gazlarının salındığı üzerinden ifade etmişlerdir. Daha sonrasında ise CFC salınımından kaynaklı tepkime sonucunda ne kadar Ozon (O₃)’ un etkilendiği üzerine çalışma yapmak istedikleri görülmektedir.

Tablo 4.37. Ozon etkinliğinde problemi anlama sürecine ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumuna İlişkin İfadeler
T	140 bin nüfuslu Erzincan ilinde yılda ne kadar cfc gazı üretilir?
P	Yaşadığımız bölgede CFC ozon tabakasını ne kadar etkilemektedir?
U	Bizden kaynaklı yaşadığımız bölgede üretilen CFC ozona ne kadar etki eder?

T ve U grupları yaşadığı bölgeyi Erzincan ili ile sınırlandırırken P grubu ise Türkiye'nin tamamı üzerinden çalışma yapmak istemektedirler. Video analizlerinde grupların CFC ile Ozon gazları reaksiyona girerek atmosferdeki ozon miktarının azaldığı ve bu durumun küresel ısınma, çevre kirliliği vb. sorunlara neden olduğunun bilincinde oldukları gözlemlenmektedir. Grupların Ozon Etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirilmesi Tablo 4.38'de sunulmuştur.

Tablo 4.38. Ozon etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama	T, P, U		

Grupların problem anlama süreçlerinde görüldüğü üzere verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde algıladıkları ve önceki bilgileri ile bağlantı kurdukları görülmektedir. Gruplar problem durumlarını ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş ve geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış fakat durumun temsilini çizmemişlerdir. Tablo 4.38 incelendiğinde tüm grupların Ozon Etkinliği etkinliğinde matematiksel modellemenin anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde oldukları ve bir sonraki basamağa geçiş yaptığı belirlenmiştir.

4.2.5.2. Ozon etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Ozon etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.39'da sunulmuştur. Tablo 4.39 incelendiğinde bütün grupların varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri görülmektedir. Tüm grupların konuya ilişkin molekül, kimyasal tepkimeler ve mol sayısı gibi

kavramların farkında oldukları söylenebilir. Gruplar modelleme süreçlerini kimyasal tepkimeler üzerinden yürütmeyi amaçlamaktadırlar.

Tablo 4.39. Ozon etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İ.E.D.	K.İ.K
T	1.Bir araç 500 g CFC gazı alır (5 yılda) 2.Buzdolabı 60 g cfc gazı alır (10 yılda) 3.Köpükler yılda 60 g gaz salınımı gerçekleştirir. (50 yılda) 4.Denklem NŞA da gerçekleşmiştir.	1.Klimalı araç sayısı = a 2.Hane sayısı = b 3.Nüfus 4.Bina sayısı = c	1.Yangın söndürücü, mikro cip temizleme spreyinden çıkan gazlar ihmal edilmiştir. 2.Bölgedeki araç sayısındaki değişim ihmal edilmiştir.	1.CFC 2.Ozon 3.Güneş 4.Çevre kirliliği 5.Küresel ısınma 6.Kimyasal tepkimeler
P	Yaşadığımız bölge Türkiye olarak varsayılmıştır. 1 DU= 0.01 mm kabul edilmiştir. Dünya da 1 yılda 800 milyon ton CFC yayılıyor. Ozon tabakasının ağırlığı 3,29x 10⁹ ton	A= Bulunan bölgenin karasal yüzölçümü X= İncelen Ozon Miktarı B= Kalan Ozon Miktarı C= km2 ye düşen nüfus yoğunluğu	Nüfus yoğunluğu Sıcaklık Basınç	Ozon tabakası CFC Atmosfer Kimyasalreaks UV Işınlr Küresel Isınma Morötesi Işınlr Elementler Sera Etkisi
U	Erzincan şehrinde yaşanıldığı varsayılır. CFC üreten cihaz sayısı bellidir. Erzincan da 1000 ev var. Her bina 4 katlı ve 8 dairelidir. Bu evlerin hepsinde 1 buzdolabı vardır. Her ev yalıtımlıdır. 1 buzdolabı bir günde 10 gr CFC ürettiyor. 1 ev yalıtımında kullanılan CFC 100 gr dır.	Erzincan da üretilen CFC miktarı. Buzdolabının ürettiği CFC miktarı. Yalıtım malzemesinin CFC miktarı.	Buzdolabının markası ve büyüklüğü.	Ozon tabakası CFC üretimi

T ve U grupları Erzincan ilindeki buzdolabı, araç ve yalıtım malzemesi gibi CFC salınımına neden olan etkenleri değişkenler olarak tanımlamışlardır. Böylelikle bir yılda şehirde atmosfere ortalama ne kadar CFC salındığı üzerinden model oluşturmak istemektedirler. T grubunun değişkenleri isimlendirdiği görülmektedir. Grubun varsayımlarının gerçek model oluşumunda değişkenleri sadeleştirmeye yönelik olduğu anlaşılmaktadır. U grubunun varsayımları ise belirledikleri değişkenleri sabitlemeye neden olduğu için bir çıkmaz oluşturmaktadır. Örneğin, bir buzdolabının ürettiği CFC miktarı değişkenini 10gram alıp Erzincan’da 1000 buzdolabının mevcut olduğunu varsayarak probleme yönelik gerçek bir model oluşturmaktan ziyade doğrudan problemi çözmeye çalışmaktadır. P grubu ise dünyada bir yılda atmosfere salınan toplam CFC miktarını ülkelerin yüzölçümleri ve nüfus yoğunlukları doğrultusunda paylaştırarak model kurmayı hedeflemektedirler. Bu amaçları doğrultusunda kilometre kareye düşen nüfus yoğunluğu ve karasal yüzölçümü gibi değişkenleri kullanmaktadırlar. Elektronik kaynaklarından faydalanan bir yılda dünyada atmosfere salınan toplam CFC miktarını 800 milyon ton olarak kabul etmektedirler. Yüzölçümü ve nüfus yoğunluğu ile salınan CFC arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımı üzerinden bir model kurma arayışına girmektedirler. Grup modelde kullanacakları değişkenleri isimlendirmektedir.

Ozon etkinliğinde *basitleştirme ve yapılandırma yeterliği* kapsamında ele alınan yeterliklerine ilişkin grupların performansları Tablo 4.40’ ta sunulmuştur.

Tablo 4.40. Ozon etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma		U	T, P

Tablo 4.40’ ta görüldüğü üzere T ve P grubunun basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinde yeterli performans sergiledikleri tespit edilmiştir. U grubunun ise bu aşamada yeterlikleri kısmen yeterli olarak değerlendirilmiştir. T, P ve U grubunun bir sonraki basamağa geçiş yaptığı sonucuna varılabilir.

4.2.5.3. Ozon etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Ozon etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.41’ de sunulmuştur. T grubu Erzincan ilinde CFC gazlarının salınımına neden olan değişkenlerden faydalanarak şehirde bir yıl içerisinde toplam ne kadar Ozon gazının etkileneceğine yönelik bir model oluşturmak istemektedirler. Bu doğrultuda daha önce belirledikleri değişkenleri ve varsayımları kullanarak $a.500.0,2 + b.60.0,1 + c.60.0,02 = \text{yıllık üretilen CFC miktarı}$ şeklinde bir model oluşturmuşlardır. Model incelendiğinde daha önceki etkinliklerde yapmadıkları birim çevirmelerine dikkat ettikleri ve ele aldıkları değişkenleri modelde kullandıkları görülmektedir. $Cl + O_3 \Rightarrow O_2 + ClO_2$ tepkimesi üzerinden de 1 mol klor atomu 1 mol ozon molekülünü parçalar bilgisini modele entegre etmemişlerdir. Daha sonraki aşamada modeli Erzincan ili nüfus yoğunluğu ile değerlendirmek istemelerine rağmen bu durum için modeli revize etmemişlerdir. Bu bağlamda grup yeleri doğru fakat eksik bir model elde etmişlerdir. P grubu ise beşeri faaliyetler sonucu doğaya salınan toplam CFC miktarının ülkelerin yüz ölçümleri oranında paylaştırılabileceği düşüncesinden yola çıkarak ‘ $O - (100/ A * 6,432 \times 10^{14} / x) = B$ ’ şeklinde bir model oluşturmuşlardır. Daha sonra grup modeli yüz ölçümü yerine nüfus yoğunluğu değişkeni üzerinden revize etmişlerdir. Model grubun tüm değişkenlerini ve varsayımlarını içermektedir. Araştırmaları sonucu mevcut ozon tabakasının ağırlığını 800milyon ton olarak almışlardır. Bu durumda ağırlık ve ktle arasındaki ilişkiye yönelik bir kavram yanılığı ierisindebilirler. Grup $Cl + O_3 \Rightarrow O_2 + ClO_2$ tepkimesi üzerinden de 1 mol klor atomu 1 mol ozon molekülünü parçalar bilgisini modele entegre etmişlerdir. Grubun nceki etkinliklerde birim dönüşümlerini dikkate almamaları hatalarını bu etkinlikte yapmadıkları da görülmektedir. Genel olarak grubun eksiksiz bir model sunduğu sylenebilir. U grubu ise model oluşturmak yerine doğrudan problemi çözmeye yönelik faaliyetlerde bulunmuşlardır. Grup Erzincan ilinde doğaya CFC salımına neden olan bazı değişkenleri (buzdolabı ve yalıtım malzemesi) dikkate alarak model oluşturmak istemelerine rağmen gerçek bir model oluşturma konusunda başarılı olamamışlardır. Grup ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme sürecinde yetersiz kalmıştır. CFC gazları ile Ozon arasındaki kimyasal tepkimeyi göz ardı ettikleri için elde ettikleri veriler arasındaki ilişki kurulamamaktadır.

Tablo 4.41. Ozon etkinliği matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler

G	Çözüm Planı	Modelin Oluşumu
T	Erzincan'da cfc kaynakları bulunmuştur. Buna bağlı olarak her bir etkenin yıllık ürettiği cfc miktarları varsayılmıştır. Sonuç olarak Erzincan ilinde üretilen yıllık cfc miktarı hesaplanacaktır. CFC kaynakları yıllık ne kadar gaz salınımı gerçekleştirdiği varsayılmıştır. Bu değerler ile değişkenler çarpılarak Erzincan ili yıllık cfc üretim miktarı bulunmuştur. 800milyon ton CFC dünyanın toplam karasal alanından yayılımı ise Türkiye'nin karasal alanı Dünyanın %0,5'idir. Bunu oranlayacak olursak Türkiye'nin yapmış olduğu CFC salınımı bulunur. Her CFC molekülünde 1 Cl kopmakta olup, O₃ Molekülünden 1 Molekül mol atom O kopardığı için koparması sebebiyle salınan CFC molekülü miktarı kadar O atomu azalır. Yani salınan CFC miktarı eşittir azalan O₃ miktarıdır.	Cl + O₃ => O₂ + ClO₂ CCl₂F₂ = 121g = 1 mol 1 mol CCl₂F₂ de Cl miktarı 71 g (%58'i Cl) 1 mol Cl atomu 1 mol ozon molekülünü parçalar. a.500.0,2 + b.60.0,1 + c.60.0,02 = yıllık üretilen cfc miktarı n = m / Ma Cl + O₃ = ClO + O₂ 0,134 x 10¹⁴ mol C = 12 gr/mol F= 19 g/mol Cl= 35 gr/ mol CFC = 120 gr/mol CFC (1 C, 2F, 2Cl) 800mton 8x 10¹⁴ gr CFC Cl 4,7x 10¹⁴ gr n= M /mA n= 4,7 x 10¹⁴ / 35,453 n=0,134 x 10¹⁴ Mol Mt=milyon ton X=Türkiyenin yapmış olduğu CFC salınım miktarı $\frac{100}{0.5} \times \frac{8 \times 10^{14} \text{ gr CFC}}{x} = 4 \text{ mton}$ A= Bulunan bölgenin karasal yüzölçümü X= İncelen Ozon Miktarı O= Ozon tabakasının ağırlığı(3,29x 10⁹) B= Kalan Ozon Miktarı C= km² ye düşen nüfus yoğunluğu O – X = B O – (100/ A X 6,432 x 10¹⁴ / x) = B O – (100/ C X 6,432 x 10¹⁴ / x) = B (Revize edilen model)
U	Cl+ O₃= O₂ + ClO	A= buzdolabının ürettiği CFC miktarı(gr) Erzincan da 1000 ev var. Her ev 8 dairesi ve her dairede 1 buzdolabı var. Buzdolabı CFC üretim miktarı bir günde 10 gr'dır. Bir yılda üretilen CFC miktarı; (1000x8= 8000 buzdolabı)x 365= 2920000 gr CFC B= yalıtım malzemesinin ürettiği CFC miktarı (gr) 1000 ev var. Her ev yalıtım malzemesi ile kaplanmış. Yalıtım malzemesi 100 gr'dır. 1000x 100=100000 gr yalıtım malzemesinden çıkan toplam CFC miktarı Yalıtım malzemesi yılda %45 ozonu inceltir 100000(45/100)=45000 A+B 100.000+ 2.920.000= 3.020.000 gr CFC Dünyada (7 milyarda) 800.000 bin ton CFC üretiliyorsa 140.000 kişiye 4x10⁷ ton CFC üretilir. CFCL₂ nin 3020000 gr/ molünde 70.906 cl₂ var. Bu da % 22'lik bir kısımdır. 3020000x(22/100)= 664.400 gr Cl₂ vardır.

Ozon etkinliğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme, gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme, uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme alt yeterlikleri gösterge olarak ele alınarak değerlendirilmesine ilişkin grupların performansları Tablo 4. 42’ de sunulmuştur.

Tablo 4.42. Ozon etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematiksel	U	T	P

Tablo 4.42 incelendiğinde P grubu yeterli performans gösterirken T grubu ise kısmen yeterli performans gösterdikleri görülmektedir. İki grubun ele aldıkları varsayımları ve değişkenleri kullanarak bir matematiksel ilişki kurmuş ve doğru bir matematiksel model oluşturmuşlardır. U grubu model oluşturmak yerine problemi doğrudan çözmeye yöneldikleri ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla grubun yaptığı çözümler de yanlıştır ve modellemenin diğer yeterlikleri ve basamakları takip edilmemiştir.

4.2.5.4. Ozon etkinliği matematiksel çalışma yeterliklerine ilişkin bulgular

Ozon etkinliğinin matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler Tablo 4.43’te sunulmuştur. Tablo 4.43 incelendiğine T ve P gruplarının elde ettikleri modellere yönelik çalışmalarda bulundukları görülmektedir. U grubu ise bir önceki basamakta yetersiz kaldıkları için bu aşamada herhangi bir ilerleme kaydetmemiş ve sürece devam etmemişlerdir.

T grubu elde ettikleri modeldeki a (klimalı araç sayısı), b (hane sayısı) ve c (bina sayısı) değişkenlerini sayısal veriler kullanarak test etmişlerdir. Sonuçta problem durumundaki ifadelerine yönelik olarak Erzincan ilindeki faaliyetlerin bir yılda ne kadar Ozon molekülünü yok ettiğini hesaplamışlardır.

P grubu ise ülkelerin yüz ölçümlerini ve nüfus yoğunluklarını göz önünde bulundurarak elde ettikleri model üzerinden Türkiye’ de ozon tabakasının ne kadar incelendiği doğrultusunda hesaplamalar yapmışlardır.

Tablo 4.43. Ozon etkinliğinde matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler

G	Matematiksel İşlemler
	$a.500.0,2 + b.60.0,1 + c.60.0,02 = \text{üretilen CFC miktarı}$ $30000.500.0,2 + 35000.60.0,1 + 6000.60.0,02 =$ $3000000g + 210000g + 7200g = 3217200g$ $1\ 887\ 778\ g\ Cl\ \text{vardır.}$ $26.588\ mol\ Cl\ \text{vardır.}$ $1\ mol\ Cl\ \text{atomu}\ 1\ mol\ ozon\ molekülünü\ parçalar.}$ $\text{Erzincan şehri yıllık olarak } 26.588\ mol\ ozon\ molekülünü\ parçalar.$
T	$Mt = \text{milyon ton}$ $X = \text{Türkiyenin yapmış olduğu CFC salınım miktarı}$ $\frac{100}{0.5} \times \frac{8 \times 1014\ gr\ CFC}{x}$
P	$O - X = B$ $TR\ DE\ 1\ CFC\ DE\ Kİ\ Cl\ \text{nin ton değeri; } 1,172405\ ton$ $329 \times 107 - 1,172405 = 3289999999$

Grupların matematiksel işlemler aşamasındaki performansları değerlendirildiğinde T ve P gruplarının yeterli performans sergiledikleri sonucuna varılmaktadır. Gruplar değişkenleri nicel verilerle destekleyip modellerini test etmişlerdir. İki grup da bir sonraki basamağa geçiş yaparken U grubu ise önceki basamakta yetersiz görüldüklerinden dolayı bu basamakta değerlendirmeye alınmamışlardır. Grupların performansları Tablo 4.44’ te sunulmuştur.

Tablo 4.44. Ozon etkinliği matematiksel işlemler yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematiksel İşlemler	U		T, P

4.2.5.6 Ozon etkinliği yorumlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Çalışmanın bu kısmında T ve P gruplarının matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama, özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme, uygun matematiksel dili kullanarak problemin çözümünü inceleme ve/veya çözümler

hakkında iletişim kurma alt yeterlikleri doğrultusunda yorumlama yeterlikleri incelenmiştir. Yorumlama aşamasına ilişkin ifadeler Tablo 4.45’ te sunulmuştur.

Tablo 4.45. Ozon etkinliğinin yorumlama aşamasına ilişkin ifadeler

G	Yorumlama
T	Erzincan ilinde en önemli CFC kaynakları araba, buzdolabı ve bina yalıtım köpükleri kabul edildiğinden modelde bu üç değişken hesaba katılmıştır. Bu bağli olarak Erzincan ili yıllık CFC üretimi tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu miktarın yıllık ne kadar ozonu parçaladığı tespit edilmiştir. Ozon tabakasının delinmesi güneşten gelen zararlı ışınların yeryüzüne gelmesine neden olur. Bu da yeryüzünde bulunan canlılara zarar verir. Erzincan şehri yıllık olarak 26.588 mol ozon molekülünü parçalar.
P	Salınan CFC miktarı ozon tabakasının incelme miktarına eşittir. CFC (CF_2Cl_2) içerisinde 34 gr Cl atomu vardır. Hesaplamalar yapıldığında yaşanan bölgedeki yüzölçümleri ele alınarak yüz ölçümüne düşen Cl atomu ton olarak hesaplanmıştır. Toplam ozon tabakasının ağırlığından çıkarılan Cl atom ağırlığı incelme miktarı sonucunda o bölgenin kalan ozon tabakası ağırlığı bulunmuştur. Bu sebeple matematiksel modellemenin doğruluğu kabul edilmiştir. Çünkü yüz ölçümü arttıkça Cl ağırlığı arttığı dolayısıyla ozon tabakasının incelme miktarının arttığı ve kalan ağırlığın daha hafif olduğu test edilmiştir. Nüfus yoğunluğu ele alındığında nüfus yoğunluğu arttıkça ozon tabakasında ki incelme artar ve ağırlık azalmaktadır. Yani yüz ölçümü ve nüfus ters orantılıdır.

Grupların ifadeleri incelendiğinde iki grubunda matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumladıkları görülmektedir. Örneğin, T grubu aşağıda aktarılan ifadelerinde görüldüğü üzere elde ettikleri matematiksel sonuçlarını çevre kirliliği üzerinden değerlendirmeyi .‘*Ozon tabakasının delinmesi güneşten gelen zararlı ışınların yeryüzüne gelmesine neden olur. Bu da yeryüzünde bulunan canlılara zarar verir*’ şeklinde ele almışlardır.

P grubu ise modellerinde ele aldıkları yüz ölçümü değişkeni üzerinden ozon tabakasının incelme miktarını yorumlamışlardır. Bu doğrultuda iki grubun da elde ettikleri çözümleri genelledikleri ve inceledikleri görülmektedir. Grupların Ozon etkinliği yorumlama basamağındaki performansları Tablo 4.46’ da gösterilmektedir.

T ve P gruplarının yeterli performans sergiledikleri sonucuna varılmaktadır. Gruplar İki grup da bir sonraki basamağa geçiş yaparken U grubu ise önceki basamaklarda yetersiz görüldüklerinden dolayı bu basamakta da yetersiz kabul edilmiştir.

Tablo 4.46. Ozon etkinliğinin yorumlama yeterliği değerlendirilmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Yorumlama	U		T, P

4.2.5.7. Ozon Etkinliği doğrulama yeterliklerine ilişkin bulgular

T ve P gruplarının, yansımalar ve eleştirel kontroller yapma, çözümler durum ile tutarlı değil ise modelin bazı kısımlarını gözden geçirme veya matematiksel modelleme süreci üzerinden tekrar geçme, problemi çözmenin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirip geliştirilemeyeceğini düşünme, genel olarak modeli sorgulama alt yeterlikleri doğrultusunda Ozon etkinliğindeki doğrulama yeterlikleri incelenmiştir. Grupların Ozon etkinliğinin doğrulama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.47’ de sunulmuştur.

Tablo 4.47. Ozon etkinliğinde doğrulama sürecine ilişkin ifadeler

G	Doğrulama
	Erzincan şehri yıllık olarak 26.588 mol ozon molekülünü parçalar. 800.000 metrik ton 800 milyon ton CFC miktarı 7 milyar X 140 bin
T	X = 16000 bin ton CFC üretir. Erzincan ili geneli çevre kirleticileri sanayi bölgesindeki illere göre oldukça düşüktür. Elde ettiğimiz veriler genel olarak bu görüşü desteklemektedir. Ayrıca Erzincan ili nüfusunun düşük olması bu etmenlerden biridir. Modelimizde yüz ölçümü bakımından ele aldığımızda çıkan sonuç bize ozon tabakasının miktarını vermektedir. Yani ozon tabakasının kalan miktarı ne kadar fazla ise incelme miktarı o kadar azdır. Kanada’nın yüz ölçümü TR’nin yüz ölçümünden fazladır. Modelde hesaplandığımızda Kanada da kalan ozon miktarı tr ye göre daha azdır. Yani incelme miktarı tr den fazladır.Tr nin nüfus yoğunluğu kanada dan fazladır. Nüfus yoğunluğu fazla olan bölgenin ozon tabakasında ki azalma miktarı daha fazladır.
P	Modelimizde her iki modelde(değişkenler) doğrudur ancak nüfus yoğunluğu kullanılması daha doğru olacaktır. Çünkü yüz ölçümüne artma ya da azalma olmayacaktır. Nüfus yoğunluğu her bölgede farklılık göstereceğinden dolayı Nüfus yoğunluğu modeli kullanılması doğru olacaktır. Nüfus yoğunluğu arttıkça ozon tabakasının incelme miktarı artacaktır. Nüfus yoğunluğu azaldıkça ozon tabakasının incelme miktarı azalacaktır.

Tablo 4.47’ de görüldüğü üzere T grubu dünyada toplam salınan CFC miktarını ile nüfusa oranı arasında ilişki olduğunu düşünerek farklı bir açıdan kendi modellerindeki sonuçları kontrol etmek istemektedirler. Elde ettikleri sonuçların farklı bir bakış açısından incelediklerinde benzerlik gösterdiğini ortaya çıkarmaktadırlar. Erzincan ilinde bir yılda ortama salınan CFC miktarını hesaplayan modellerini farklı bakış açısıyla incelemiş ve sorgulamışlardır.

P grubu ise elde ettikleri modelde yüz ölçümü değişkenini kullanma durumlarını sorgulamışlardır. Sonuçlarının her ne kadar doğru olduğunu düşünseler de modeli nüfus yoğunluğu değişkeni açısından kurgulamanın daha belirleyici olduğu kanısına varmışlardır. Bu amaçla modelleme sürecinde döngüsel hareket ederek modellerini nüfus yoğunluğu değişkenini barındıracak şekilde revize etmişlerdir.

İki grubun da elde ettikleri modelleri sorguladıkları ve farklı bakış açıları ile değerlendirdikleri görülmektedir. Grupların Ozon etkinliği doğrulama yeterliklerindeki performansları Tablo 4.48’ de gösterilmektedir. T ve P gruplarının bu aşamada da yeterli performans sergiledikleri sonucuna varılmaktadır.

Tablo 4.48. Ozon etkinliği doğrulama yeterliklerinin değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Doğrulama	U		T, P

4.2.5.8. Ozon etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular

Elde edilen verilerden hareketle Ozon etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.49’ da gösterilmiştir. Tablo 4.49 incelendiğinde öğretmen grupların ilk defa matematiksel modelleme yeterliklerinin tamamında başarılı performans gösterdikleri ve süreci tamamladıkları görülmektedir. U grubu ise matematikselleştirme yeterliklerinde yeterli performans sergileyemedikleri için sonraki süreçte de yetersiz olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerden hareketle Ozon etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.50’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.49. Ozon etkinliği matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma			T, P, U
Matematikselleştirme	U	T	P
Matematiksel Çalışma	U		T, P
Doğrulama	U		T, P
Yorumlama	U		T, P

Ozon etkinliğinin matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik bulguları incelendiğinde U grubunun 2. Aşama olan basitleştirme ve yapılandırma aşamasına kadar gelebildikleri görülmektedir. U grubunun durumun zihinsel temsiline kadar ilerleyebildiği ve modelleme durumunu anladığı, fakat matematiksel modele geçiş yapamadığı görülmektedir. T ve P grubu ise bu etkinlikte tüm aşamaları başarılı bir şekilde tamamladığı görülmektedir. Matematiksel modele geçiş yapabilen grupların matematiksel sonuçlara geçiş yapabildiği, matematiksel sonuçlara geçiş yapan grupların ise gerçek sonuçlara kadar ilerleyebildiği gözlemlenmektedir.

Tablo 4.50. Ozon etkinliği matematiksel modelleme döngülerinde ilerlemeler

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Ozon	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	T, P, U
	Matematiksel Model	3.Aşama	T, P
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	T, P
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	T, P
	Doğrulama	6.Aşama	T, P

4.2.5.9. Ozon etkinliği yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların Ozon etkinliğine ilişkin yansıtıcı günlükleri incelendiğinde U grubunun neden gerçek modele erişemediğine dair üç temel ipucu karşımıza çıkmaktadır. Birincisi

grup olarak konu ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmamaları ve bu yüzden zamanlarını araştırma yapmaya ve veri toplamaya yönelik harcadıkları görülmektedir. İkinci olarak ilgili nicelikleri ve nicelikler arasındaki ilişkileri matematikselleştirmede sıkıntı yaşadıkları görülmektedir. Grup problemi matematikselleştiremediğinden dolayı doğrudan çözüm yoluna gitmiştir. Üçüncü olarak ise duyuşsal açıdan yaşadıkları problemlerin modelleme sürecinde kendilerini olumsuz etkilediği gözlenmiştir. U grubunun konuya ilişkin yeterli bilgilerinin olmamasına yönelik görüşleri şu şekildedir.

U1: Bu hafta “ Ozon Tabakası” konulu bir modelleme üzerinde çalıştık. Modelleme öncesi izletilen animasyona bakınca, animasyon oluşundan kaynaklı sanırım, basit bir etkinlik olacak, hemen hallederiz diye düşündüm. Ancak daha problem durumunda tökezlemeye başladım. Daha önce CFC gazını kimya dersinde duymuştum. Buzdolaplarından çıkan bir gaz diye kodlanmıştım aklımda. Zararı ya da yararı hakkında bir bilğim yoktu. Probleme başlayınca bolca karşılaştık CFC gazı ile. Yeterince veri bulmaya çalıştım ama aramalarım çok net veriler sunmadı bana...

U2: Problemi çözmeye ve modellemeye çalışırken CFC gazı hakkında birçok bilgi de elde ettim. Ancak bu bilgiler problemim için bir veri niteliğinde olmuyorlardı. Daha çok ihmal edilecek değişkenlere yazdık bu bilgileri. Problemi formüle etmek de en az problem için veri toplamak kadar yordu beni.”

U3: Bu hafta ki etkinliğimizde Ozon Tabakası ve Kloroflorokarbon etkileri ile ilgili bir video izledik. Farkettim ki ozon tabakasının oluşu dünyamızı mor ötesi ışınlardan ciddi derecede koruyormuş ama cfc salınımı bu etkiyi azaltıyormuş. Problem durumumuz bulunduğumuz yerdeki oluşan cfc salınımı ozonu ne kadar etkiler onu bulmaktı. Aslında ilk bakışta kolay gibi duruyordu çünkü cfc salınımı hesaplayıp ozon tabakasına etkisini oranlarsak yapılan etkiyi bulabiliriz diye düşündüm. CFC ile ilgili pek bir bilgiye sahip olmadığımız için meteorolojinin sayfasından ve çeşitli sitelerden araştırma yaptık. Hangi durumlarda cfc salınımı oluyor, salınının engellenmesi için neler yapılabilir ya da CFC yerine kullanılabilecek bir şey var mıdır diye verileri topladık

Grubun ilgili nicelikleri ve nicelikler arasındaki ilişkileri matematikselleştirmede yaşadıkları sıkıntılara yönelik görüşleri ise şu şekildedir;

U1: Aslında ilk başta bir formül oluşturduk ama onu test etme aşamasında yetersiz kalması durumunda iptal ettik ve formül bulamamış olduk. Bu etkinliğimizde de uzun süre yorum yaptık araştırma yaptık ama bir türlü o bilgileri birleştiremediğimiz için pes ettik ve formül oluşturamadan etkinliğimizi bitirmek zorunda kaldık.

U2: Formül kısmımız olmadı açıkçası. Buzdolabı ve yalıtım malzemesinin ürettiği CFC miktarını bulduk. Toplamda 1 yılda üretilen CFC miktarı ile ilgili veri de bulduk. Buradan yola çıkarak varsaydığımız Erzincan nüfusuna belli miktar düşen CFC üretimini de bulduk. Ancak bundan sonra bu CFC'nin ozona ne kadar etki edeceği verisini bulamadık.

Grubun gerçek modele ulaşamamasına neden olan duyuşsal açıdan yaşadıkları problemlere yönelik görüşlerden bazıları ise şu şekildedir;

U1: Yeterince veri bulmaya çalıştım ama aramalarım çok net veriler sunmadı bana.” Problemi çözemeyeceğiz” hissine kapıldım. Çok yetersiz hissettim ki yetersizdim de zaten.

U2: Bizim hatamız veri arayışında çok aceleci davranmak bulamayınca da hemen pes etmektir. Bir kere “Olmayacak, yapamayacağız” hissine kapılınca durduk ve kendimizi buna inanırdık. Bu yüzden de bir sonuç elde edemediğimizi düşünüyorum.

Ozon etkinliğinde gerçek modele ve sonuçlara ulaşan T ve P gruplarının sürece yönelik görüşleri incelendiğinde ise katılımcıların sorun yaşadığı durumun genel olarak kimya konularında öğrendiklerinin anlamlı ve kalıcı bir öğrenme sürecinden geçmemesinden kaynaklı olduğu görülmektedir. Ayrıca önceki etkinliklerde de gözlemlenen birim çevirmelerini doğru yapmamaları MM sürecinde problemler oluşturmakta olduğu görülmektedir.

P1: Bu etkinlik en zoruydu en uzun süren ortak bir noktada bulaşamadığımız fazlada düşündüğümüz hatta beynimizi yakan cinstendi. Sebebi analitik kimya bilmemektir bence eksiktim evet bir fikrimiz vardı gidiş yolunu biliyorduk yapmamız gerekenleri de biliyorduk ama modele geldiğimizde tıandık. Çokça araştırma yaptık sonunda bir modelleme yaptık kesin bir çözüm müydü? Hayır. Düşününce çok kapsamlı bir konuydu elimizde bir kimyasal denklem vardı napacaktık şimdi? İyice kafam karışmıştı.

P2: Etkinlikte kullandığımız formüllerde birimlerin aynı olması gerektiğini bazen gözden kaçırdığımız için işlemlerde hatalar meydana geldi. Buda yine etkinlik sürecimizin uzamasına neden oldu.

T3: Bu etkinlikte en çok zorlandığım nokta kimya dersinde kullandığımız formülleri işleme dökmekte oldu. Kullanılacak formülü biliyor olmamız o işlemi çözmek için yeterli olmadı. Mol kavramı ile çözüme gidileceğini başta düşünmüştük ancak işlemleri sırasıyla kayıt altına almadığımızdan da kaynaklı olarak işlem süresinde oldukça zorlandık

T1: Kimyasal tepkimelerdeki katlı oranlar yasası ve mol kavramlarını hesaplamada kullanılacak formüllerde bazı verileri yanlış yerlerde kullandığımızı fark ettik. Bunun da formülleri kullanımlarını unuttuğumuzdan kaynaklandığını düşünüyorum. Örneğin $n = m / m_a$ formülünde Cl un m_a sı için atom ağırlığını ele almamız gerekirken farklı bir değer aldık.

4.2.6. Kaydırak etkinliği bulguları

Çalışmanın bu kısmında altıncı etkinlik olan ‘Kaydırak’ etkinliğine ilişkin bulgular incelenmektedir.

4.2.6.1. Kaydırak etkinliği anlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Kaydırak etkinliğinin problemi anlama sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.51’de sunulmuştur. Problem durumuna ilişkin ifadelerden anlaşıldığı üzere gruplar problem durumlarını videoda izletilen dört kişiden hangisinin su kaydırığının bitişine önce varacağı üzerinden belirlemişlerdir. T ve P grupları doğrudan videodaki pozisyonla alakalı ilk kimin bitişe varacağı olarak ele alırken U grubu ise problem durumunu daha kapsayıcı bir şekilde ne kadar sürede varışa ulaşılacağı üzerinden ele almaktadır.

Tablo 4.51. Kaydırak etkinliği problemi anlama sürecine ilişkin ifadeler

Grup	Problem Durumuna İlişkin İfadeler
T	Hangisi finish noktasına ilk olarak varır?
P	Kaydırdan kayan kişilerden bitiş noktasına ilk hangisi ulaşır
U	Bir kişinin su kaydırığının sonuna varış süresi nedir?

Grupların video kayıtları ve etkinlik formları incelendiğinde katılımcıların sunulan durumu detaylı bir şekilde gözlemlediği görülmektedir. Üç grubun da etkinlik videosundaki dört kişinin ilk hızlarının farklı olduğunu belirtmişlerdir. Kayan kişilerin kullandıkları paletlerin aynı olduğu, kütlelerinin farklı olduğunu ve atladıkları noktaların da farklı olduğu durumlarını vurgulanmaktadır. Grupların Kaydırak etkinliği matematiksel modelleme anlama yeterliliği değerlendirmesi Tablo 4.52’de sunulmuştur.

Tablo 4.52. Kaydırak etkinliği anlama yeterliliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U

Grupların problem anlama süreçlerinde görüldüğü üzere verilenleri-istenenleri yeterli düzeyde algıladıkları ve önceki bilgileri ile bağlantı kurdukları görülmektedir. Gruplar problem durumlarını ortaya koymuş, kelimelerle ifade etmiş ve geçmiş deneyimleri ile bağdaştırmış fakat durumun temsilini çizmemişlerdir. Tablo 4.52 incelendiğinde, tüm grupların Kaydırak etkinliğinde matematiksel modellemenin anlama yeterliklerinin yeterli düzeyde olduğu ve bir sonraki basamağa geçiş yaptığı belirlenmiştir.

4.6.2.2. Kaydırak etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Kaydırak etkinliğinin basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeleri Tablo 4.53’ te sunulmuştur. Tüm grupların varsayımlarda bulunduğu, değişkenler ve ihmal edilebilir değişkenler belirledikleri görülmektedir. Tablo 4.53’ te özetlenen etkinlik raporları ve video kayıtlarının incelemelerinde, tüm grupların konuya ilişkin eğik düzlem, kinetik enerji, potansiyel enerji, ivme, hız, sürtünme kuvveti gibi kavramların farkında oldukları söylenebilir. Gruplar modelleme süreçlerini enerji korunumu ve dönüşümü konusu üzerinden başlatmayı amaçlamaktadırlar.

Grupların tamamının değişkenleri isimlendirdiği ve varsayımlarının model oluşumunda değişkenleri sadeleştirmeyi hedeflediği anlaşılmaktadır. Tüm grupların belirlediği ilk hız, eğim, sürtünme katsayısı ve yükseklik değişkenleri matematiksel modele geçiş yapmayı sağlayacak niteliktedirler. Sonraki aşamalarda elde ettikleri modeli test ederken geriye dönük döngüsel hareketlerle bazı değişkenleri sabitlemişler ya da varsayımlarına nicel ifadeler eklemişlerdir. Örneğin, T grubu kaydırığın eğimini problemi çözerken 37° olarak sabitlemişken, U grubu sürtünme katsayısını farklı durumlar için varsayımlarında güncellemişlerdir. Grupların tamamı yerçekimi ivmesini ‘10’ olarak alırken birimini göstermeyi ihmal etmişlerdir. T grubunun ‘*Kaydırığa temas eden yüzey alanları eşittir*’ varsayımıyla temas eden yüzey alanının sürtünme kuvvetini

etkilediğini düşündükleri görülmektedir. Bu açıdan grubun kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.53. Kaydırak etkinliğinde basitleştirme ve yapılandırma sürecine ilişkin ifadeler

G	Varsayımlar	Değişkenler	İ.E.D.	K.İ.K.
T	Hava direncinin tüm bireyler için eşit olduğu kabul edilmiştir. Altlarında kullanılan matlar özdeşdir.	İlk hızları= V_0 Kütle	Hava direnci	Serbest düşme İvme
	Kaydırığa temas eden yüzey alanları eşittir.	Yükseklik: h Sürtünme katsayısı: μ		İlk hız Sürtünme kuvveti
	Yer çekimi ivmesi 10 olarak kabul edilmiştir.	Kaydırığın eğimi: 37 derece		Kinetik enerji potansiyel enerji
	Kaydırığın eğimi sabittir. Kaydırakların ilk ve son noktaları aynı yüksekliğe sahiptir.			Enerjini korunumu
P	Sürtünme kuvveti 0 kabul edilmiştir.	İvme Eğim	Cinsiyet Kütle	Kütle ,Eğim Sürtünme kuvveti
	Suyun akış yönü ile cismin ilerleyiş yönü aynıdır.	İlk hız		Yükseklik ,Hız
	Suyun debisi(birim zamanda geçen su miktarı) her kaydırak için aynıdır.	Yükseklik Sürtünme kuvveti		İvme, Potansiyel enerji Kinetik enerji
	Bireylerin ilk hızları(10m/s) eşittir. Paletlerin ağırlıkları eşittir. Yer çekim ivmesi 10 olarak kabul edilmiştir. Sürtünme katsayısı 1 olarak alınmıştır.			Mekanik enerji Tepki kuvveti Sürtünme kuvveti katsayısı
U	Yerçekim ivmesi (g)=10	İlk hızları.	Yer çekimi ivmesi	İvme
	Sıvının cinsi	Son hızları. Eğim		Zaman
	Kaydırığın yapı malzemesi	Yükseklik	Eğim açısı	Yol
	Hava durumu(rüzgârlı olmadığı varsayıldı)	Parkur uzunluğu Zaman		Kinetik enerji Potansiyel enerji
	Kayan kişi ile minder arası sürtünme ihmal edildi.	Yer çekimi Sürtünme katsayısı İvme		Sürtünme Eğik düzlemde hareket

Video çözümlemelerinde grupların ağırlık ve kütle kavramlarında da kavram yanılgıları olduğu görülmektedir. Öte yandan gruplar problem durumlarına istinaden ihmal etmeleri ya da değişken olarak kullanmaları gereken bazı nicelikleri ele almamışlardır. Örneğin, kişilerin varış süresine etki edecek faktörlerden olan suyun debisi T ve U grupları ele almamış iken P grubu ise her kişi için sabit olduğunu varsaymışlardır. Diğer bir faktör olan hava direncini T ve U grupları ihmal ederken P grubu bu değişken ile ilgili bir söylemde bulunmamıştır. Konunun çok kapsamlı olduğu göze alındığında bazı değişkenlerin ve varsayımların belirtilmemesi olağan kabul edilebilir. Bu durumda tüm grupların bu aşamada yeterli performans sergiledikleri söylenebilir. Kaydırak etkinliğinde *basitleştirme ve yapılandırma yeterliği* kapsamında ele alınan yeterliklerine ilişkin grupların performansları Tablo 4.54’ te sunulmuştur.

Tablo 4.54. Kaydırak etkinliği basitleştirme ve yapılandırma yeterliği değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Basitleştirme ve Yapılandırma			T, P, U

Tablo 4.54’te görüldüğü üzere T, P ve U gruplarının basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinde yeterli performans sergiledikleri tespit edilmiştir. Grupların bir sonraki basamağa geçiş yaptığı sonucuna varılabilir.

4.2.6.3. Kaydırak etkinliği matematikselleştirme yeterliklerine ilişkin bulgular

Grupların Kaydırak etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin çalışmaları Tablo 4.55’ te sunulmuştur. Grupların çalışmaları incelendiğinde tüm grupların enerji korunumundan yola çıkarak model oluşturmaya çalıştıkları görülmektedir. Daha sonra ise mevcut durumu eğik düzlemde hareket ile bağdaştırarak etki eden kuvvetleri ortaya çıkarma çalışmasında bulunulmuştur. T ve P grupları eğik düzlemdeki kuvvetlerin etkisini şekil üzerinde gösterirken U grubu ise sözel olarak ifade etmiştir.

T ve U grupları, eğik düzlemdeki net kuvvetleri belirledikten sonra $F=m.a$ eşitliğini kullanarak ivmeyi; yer çekimi (g), eğik düzlem açısı (α) ve sürtünme katsayısı (μ veya k) değişkenleri üzerinden ($a = g \cdot \sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha$) ortaya çıkarırken P grubu sürtünme kuvvetini ihmal ederek ivmeyi ($a = g \cdot \sin\alpha$) ortaya çıkarmıştır. Daha sonra ise

başlangıçtaki potansiyel ve kinetik enerjinin birbirlerine dönüşümünü sürtünmeye harcanan enerji ile birlikte düşünerek denklemde göstermişlerdir. Son olarak ise farklı değişkenler açısından ortaya çıkardıkları ivmeyi enerji dönüşüm denklemine ilişkilendirerek modeli ortaya çıkarmışlardır.

Tüm grupların benzer bir yol izledikleri ve benzer modeller elde ettikleri görülmektedir. Ortaya çıkarılan modellere bakıldığında ise T grubu ' $10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + 1/2 g (\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)t^2)^2$ ', P grubu ' $gh + \frac{1}{2} v_0^2 = \frac{1}{2} (v_0 + g \cdot \sin\alpha \cdot t)^2$ ', ve U grubu ' $gh + (1/2)v_0^2 = 1/2[(g\sin\alpha - k g \cos\alpha) \cdot t]^2 + k g \cos\alpha((g\sin\alpha - k g \cos\alpha) / 2)$ ' şeklinde modeller oluşturdıkları Tablo 4.54'de gösterilmiştir.

Modelleri incelediğimizde P grubu sürtünme kuvvetini ihmal ettiğinden dolayı diğer gruplara göre daha sade bir model ortaya çıkarmıştır. P ve U gruplarının modeli, ele aldıkları değişkenler ve varsayımlar üzerinden değerlendirildiğinde kusursuzdur. T grubu ise zamansız hız formülünü $V_s = V_0 + 1/2 a t^2$ şeklinde yanlış aldığından dolayı eksikleri olan bir model oluşturmuştur. Konu uzmanının detaylı incelemesi sonucunda modelin eksikleri olmasına rağmen çalışıyor olduğu kanaatine varılmıştır. Üç grubun da oldukça kompleks ve zaman (t), ilk hız (V_0), yükseklik (h), yer çekimi (g), eğik düzlem açısı (α), sürtünme katsayısı (μ veya k) gibi birçok değişkeni içeren kapsamlı modeller elde ettikleri görülmektedir.

Tablo 4.55. Kaydırak etkinliğinin matematikselleştirme sürecine ilişkin ifadeler

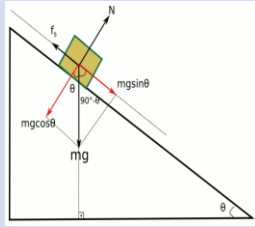
G Çözüm Planı

İlk durumdaki enerji= son durumdaki enerji

	Başlangıç		Son durum	
	İlk hız	Potansiyel enerji	Kinetik enerji	Sürtünme enerjisi
1.Kişi	0	m.g.h	$\frac{1}{2} mV^2$	Fs. mg
2.Kişi	+	m.g.h	$\frac{1}{2} mV^2$	Fs. mg
3.Kişi	+	m.g.h	$\frac{1}{2} mV^2$	Fs. mg
4.kişi	0	m.g.h	$\frac{1}{2} mV^2$	Fs. mg

T

$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ h: Cismin yerden yüksekliği
 $h = V_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} g \cdot t^2$ V_0 : Cismin ilk hızı
 $V^2 = V_0^2 \pm 2g \cdot h$ g: Yerçekim ivmesi
 $V = V_0 \pm g \cdot t$ t: zaman



$h = V_0 + \frac{1}{2} a t^2$
 $m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot a$
 $F_{net} = m \cdot g \cdot \sin \alpha - m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos \alpha = m \cdot a$
 $a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$
 $a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$
 Kinetik enerji= $\frac{1}{2} m V^2$
 potansiyel enerji= mgh
 $mgh = \frac{1}{2} m V_s^2 - m \cdot g \cdot \mu \cdot s$
 $mgh + \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} m V_s^2 - m \cdot g \cdot \mu \cdot s$
 formüller düzenlenirse;
 $mgh = \frac{1}{2} m V_s^2 - m \cdot g \cdot \mu \cdot s$
 $gh = \frac{1}{2} V_s^2 - g \cdot \mu \cdot s$
 sürtünme kuvveti sabit kabul edildiğinden;
 $gh = \frac{1}{2} V_s^2$
 yer çekimi ivmesi $g=10$ alındı
 $10h = \frac{1}{2} V_s^2$

Modelin Oluşumu

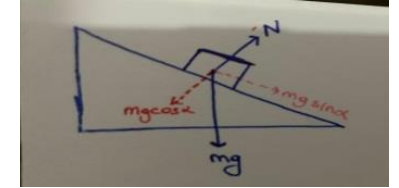
Aynı işlemler ilk hızı sahip olan 2. ve 3. kişileri de uygulanırsa
 $10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} V_s^2$
 $a = g (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$
 $V_s = V_0 + \frac{1}{2} a t^2$
 $10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} V_s^2$ şimdi V_s denklemde yerine yazılır.
 $10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + \frac{1}{2} a t^2)^2$ şimdi denklemde a yerine yazılır
 $10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + \frac{1}{2} g (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) t^2)^2$

$$10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + \frac{1}{2} g (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) t^2)^2$$

Mekanik enerji kinetik enerjiye dönüşmüştür. Mekanik enerji potansiyel enerji ve kinetik enerjinin toplamına eşittir. Kaydıraktan kayan bir kişi varışa vardığı zaman potansiyel enerji sıfırlanmış. Kinetik enerjinin artacağı görülmektedir.

$F = m \cdot a$ $F_{net} = G \cdot x$
 $F_{net} = G \cdot x \cdot \sin \alpha$
 $m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
 $a = g \cdot \sin \alpha$ $G = m \cdot g$
 $x = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$
 $x = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$
 $x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ $V = V_0 + a \cdot t$

$m \cdot g \cdot h + m \cdot v_0^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} m v_s^2$
 $gh + \frac{1}{2} v_0^2 = \frac{1}{2} (v_0 + a \cdot t)^2$
 $gh + \frac{1}{2} v_0^2 = \frac{1}{2} (v_0 + g \cdot \sin \alpha \cdot t)^2$
 $g = \text{yer çekimi ivmesi}(10)$
 $h = \text{yükseklik}$
 $v_0 = \text{ilk hız}$
 $t = \text{süre}$ $a = \text{eğim açısı}$



P

Eğik düzlemde kişiye etki eden kuvvetleri bulmamız gerekiyor. Kişiye etki eden potansiyel enerji ve kinetik enerjinin eşitlenmesi gerekiyor. Kişi kaydıraktan kayarken etkileyen sürtünme kuvveti katsayısının bulunması gerekiyor. Zamansız hız formülünü kullandık. Yol ve yüksekliği varsaydık.

Potansiyel enerji=mgh
 Kinetik enerji= $\frac{1}{2} m v^2$
 $f_{net} = m \cdot a$
 $m g \sin \alpha - k m g \cos \alpha = m \cdot a$ eğik düzlemde
 kişiye etki eden net kuvvet
 $m g \sin \alpha = F$ yatayda etki eden kuvvet
 $k m g \cos \alpha = F$ sürtünme
 $g \sin \alpha - k g \cos \alpha = a$
 Zamansız hız formülü= $V_s^2 = V_0^2 + 2 a x$
 $f_{net} = m \cdot a$

$m g \sin \alpha - k m g \cos \alpha = m \cdot a$ $g \sin \alpha - k g \cos \alpha = a \Rightarrow mgh + \frac{1}{2} m v$
 $gh = \frac{1}{2} (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) t^2 + k g \cos \alpha (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) t^2$
 $mgh + \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} m V_s^2 + m \cdot a \cdot x$
 $mgh + \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} m V_s^2 + m g \sin \alpha - k m g \cos \alpha \cdot x$
 $gh + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} V_s^2 + g \sin \alpha - k g \cos \alpha \cdot x$
 $V_s^2 = V_0^2 + 2 a x$
 $gh + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0^2 + 2 (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) x) + g \sin \alpha - k g \cos \alpha \cdot x$
 $gh + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0^2 + 2 (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) V_0 \cdot t + \frac{1}{2} (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) t^2) + g \sin \alpha - k g \cos \alpha \cdot V_0 \cdot t + \frac{1}{2} (g \sin \alpha - k g \cos \alpha) t^2$

U

Kaydırak etkinliğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme, gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme, uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme alt yeterlikleri gösterge olarak ele alınarak değerlendirilmesine ilişkin grupların performansları Tablo 4.56’ da sunulmuştur.

Tablo 4.56. Kaydırak etkinliği matematikselleştirme yeterlikleri değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematikselleştirme		T, U	P

U grubu C2 (*Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme*), ve C3 (*Uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme*) alt yeterliklerinde kısmen yeterli, C1 (*İlgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme*) alt yeterliğinde ise tamamen yeterli görülmüştür.

T grubu da C2 ve C3 alt yeterliklerinde yeterli olarak görülürken C1 alt yeterliğinde kısmen yeterli olarak görülmüştür. P grubu ise matematikselleştirme alt yeterliklerinin üçünde de tamamen yeterli olarak değerlendirilmiştir. Böylelikle P grubu matematikselleştirme yeterliliğinde yeterli olarak değerlendirilip sonraki basamağa geçiş yaparlarken T ve U grupları ise bu yeterlikte kısmen yeterli olarak değerlendirilip sonraki basamağa geçiş yapmıştır.

4.2.6.4. Kaydırak etkinliği matematiksel çalışma yeterliklerine ilişkin bulgular

Kaydırak etkinliğinin matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler Tablo 4.57’ de sunulmuştur. Tablo 4.57 incelendiğine gruplarının elde ettikleri modellere yönelik matematiksel çalışmalarda bulundukları görülmektedir. Örneğin, T grubu kaydırığın yüksekliği (100 m) , Kaydırığın eğimi (37°), ilk hız (0), sürtünme katsayısı (0,5) değişkenlerini nicel veriler kullanarak modelde yerine koymuş ve çözmüştür. Diğer gruplarda değişkenlerine nicel değerler vererek modellerini çözmüşlerdir. Gruplar bilgisayar ve cep telefonları vasıtasıyla matematiksel hesaplamalar yapmışlardır. Önceki çalışmalara nazaran birimlere ve dönüşümlere dikkat etmişlerdir.

Tablo 4.57. Kaydırak etkinliğinin matematiksel çalışma sürecine ilişkin ifadeler

G	Matematiksel Çalışma
	Kaydırakın yüksekliği=100 m Kaydırakın eğimi=37° ilk hız=0 sürtünme katsayısı= 0,5
	$10h + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + \frac{1}{2} g (\sin\alpha - \mu \cos\alpha) t^2)^2$
T	$10.100 + 0 = \frac{1}{2} (0 + \frac{1}{2} \cdot 10 (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot t^2)^2$ $1000 = \frac{1}{2} (5 \cdot (0,2) \cdot t^2)^2 \Rightarrow 2000 = t^4 \Rightarrow t = 6,687 \text{ s}$ Bu değer ilk hız olmadan varış süresidir
	$g=10 \quad h=20 \quad V_0=10 \quad \text{Eğim}= 30 \quad \sin\alpha = 0,5 \quad \text{Sürtünmesiz}$
	$gh + \frac{1}{2} v_0^2 = \frac{1}{2} (v_0 + g \cdot \sin\alpha \cdot t)^2$
P	$10 \cdot 20 + \frac{1}{2} 100 = \frac{1}{2} (10 + 10 \cdot 0,5 \cdot t)^2$ $500 = (10 + 5t)^2 \Rightarrow 22,36 = 10 + 5t \Rightarrow 5t = 12,36 \Rightarrow t = 2,472 \text{ s}$
	$g=10, \quad h=7, \quad V_0=0, \quad \text{Eğim}= 37^\circ, \quad k=0,5$
	$gh + \frac{1}{2} V_0^2 = \frac{1}{2} (V_0 + 2 (g \sin\alpha - k g \cos\alpha) V_0 \cdot t + \frac{1}{2} (g \sin\alpha - k g \cos\alpha) t^2) + g \sin\alpha - k g \cos\alpha \cdot V_0 \cdot t + \frac{1}{2} (g \sin\alpha - k g \cos\alpha) t^2$
U	$10 \cdot 7 + \frac{1}{2} 1 = \frac{1}{2} (1 + 2 (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot t^2) + (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot 0 + \frac{1}{2} (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot t^2$ $70,5 = \frac{1}{2} \cdot (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot t^2 + \frac{1}{2} (10 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot t^2$ $70,5 = 5t^2 \quad 14,1 = t^2 \quad t = 3,75 \text{ s}$

Grupların matematiksel işlemler sürecindeki performansları değerlendirildiğinde yeterli performans sergiledikleri sonucuna varılmaktadır. Gruplar değişkenleri nicel verilerle destekleyip modellerini bilgisayar ve cep telefonlarının hesap makinası özelliklerini kullanarak çözmüşlerdir. Yapılan matematiksel işlemler ve hesaplar incelendiğinde herhangi bir yanlışlık görülmemiştir. Tüm gruplar matematiksel işlemler yeterliğinde yeterli görülerek bir sonraki basamağa geçiş yapmışlardır. Grupların performanslarının değerlendirilmesi Tablo 4.58’ de sunulmuştur.

Tablo 4.58. Kaydırak etkinliği matematiksel işlemler yeterlikleri değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Matematiksel İşlemler			T, P, U

4.2.6.5. Kaydırak etkinliği yorumlama yeterliklerine ilişkin bulgular

Çalışmanın bu kısmında T, P ve U gruplarının matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama, özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme, uygun

matematiksel dili kullanarak problemin çözümünü inceleme ve/veya çözümler hakkında iletişim kurma alt yeterlikleri doğrultusunda Kaydırak etkinliğindeki yorumlama yeterlikleri incelenmiştir. Grupların Kaydırak etkinliğinin yorumlama aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.59’da sunulmuştur.

Tablo 4.59. Kaydırak etkinliği yorumlama sürecine ilişkin ifadeler

G	Yorumlama
T	Varış süresi kaydırığın yüksekliğine ve eğim açısına bağlı olarak değişmektedir. Eğim arttığında varış süre azalmaktadır.
P	Kaydırağındaki sürtünme katsayısı da varış süresini doğrudan etkilemektedir. Videodaki 4 yarışmacının farklı sürelerde varmalarının temel nedeni ilk hızlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. İlk düşündüğümüzden farklı olarak yüzeyin sürtünme katsayısının önemli olduğunu fark ettik.
U	Modelimiz sonucunda bulmuş olduğumuz formülde yükseklik değişkenine bağlı olarak mekanik enerjinin kinetik enerji dönüşümüne eşit olduğu bulunmuştur. Modelimizdeki formülden kişilerin varış noktasına ulaşma süreleri hesaplanmıştır. Elde ettiğimiz formülde yükseklik değişkenini değerini artırdığımızda bireylerin varış noktasına ulaşma sürelerinin de arttığını gördük.

Grupların yorumlama basamağındaki ifadeleri incelendiğinde matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumladıkları görülmektedir. Gruplar, elde ettikleri matematiksel sonuçlarını videodaki gerçek durumla karşılaştırarak değerlendirmeye almışlardır. Grupların genelledikleri ve çalışmalarını inceledikleri görülmektedir. Kaydırak etkinliği yorumlama basamağındaki performanslar Tablo 4.60’ ta gösterilmektedir. T, P ve U gruplarının yeterli performans sergiledikleri sonucuna varılmaktadır. Üç grup da bir sonraki basamağa geçiş yapmıştır.

Tablo 4.60. Kaydırak etkinliği yorumlama yeterlikleri değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Yorumlama			T, P, U

4.2.6.6. Kaydırak etkinliği doğrulama yeterliklerine ilişkin bulgular

T ve P gruplarının, bulunanlar üzerinde yansımalar ve eleştirel kontroller yapma, çözümler durum ile tutarlı değil ise modelin bazı kısımlarını gözden geçirme veya matematiksel modelleme süreci üzerinden tekrar geçme, problemi çözmenin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirip geliştirilemeyeceğini düşünme, genel olarak modeli sorgulama alt yeterlikleri doğrultusunda Kaydırak etkinliğindeki doğrulama yeterlikleri incelenmiştir. Grupların Kaydırak Etkinliği etkinliğinin doğrulama aşamasına ilişkin ifadeleri Tablo 4.61’de sunulmuştur.

Tablo 4.61. Kaydırak etkinliğinin doğrulama aşamasına ilişkin ifadeler

G	Doğrulama
T ilk hızlı 2m/s olarak kabul edildiğinde $10.100 + 2 = 1/2 (2 + 1/2.10 (0,6 - 0,5. 0,8). t^2)^2$ $2004 = (2 + 5. 0,2 . t^2).2$ $2004 = (2 + t^2)2 \quad 44,766 = 2 + t^2$ $42,766 = t^2 \quad t = 6,5$	Model doğru bir şekilde çalışmaktadır. İlk hız 2 m/s olarak kabul edildiğinde varış süresi 0,186 saniye kısalmaktadır. Bu da videoda görülen zaman ile benzer olduğunu bizlere düşündürdü.
P $h=30$ için $10.30 + 1/2.100 = 1/2 (10 + 10 .0,5.t)^2$ $700 = (10 + 5t)^2$ $26,45 = 10 + 5t$ $16,45 = 5t \quad t = 3,29$ $V_0 = 0$ için $10.20 + 0 = 1/2(0 + (10. 0,5)t)^2$ $400 = 25t^2 \quad 16 = t^2 \quad t = 4$	Modelimizdeki formülde kişilerden varış noktasına ulaşma süreleri hesaplanmıştır. Elde ettiğimiz formülde yükseklik değişkenini değerini artırdığımızda bireylerin varış noktasına ulaşma sürelerinin de arttığını gördük. İlk hızımız değişkenini göz önüne aldığımızda ilk hız azaldığında varış noktasına ulaşma süremizin artmış olduğunu gözlemledik. Yapmış olduğumuz değişkenler sonucunda modelinin doğruluğunu test etmiş olduk. Modelimizin bu sonuçlara göre doğru olduğu tespit edilmiştir.
U $V_0 = 2s$ ise $10.7 + (1/2)4 = (1/2)(4 + 2(10.0,8 - 0,5.10.0,6).2t + (1/2).(10.0,8 - 0,5.10.0,6).t^2) + (10.0,8 - 0,5.10.0,6.0)2t + (1/2)(10.0,8 - 0,5.10.0,6.).t^2$ $72 = 10t + 2 + 2,5t^2 + 10t + 2,5t^2$ $72 = 5t^2 + 20t + 2$ $5t^2 + 20t - 70 = 0$ $b^2 - 4ac = 400 - (4.5.(-70)) = 400 - (-1400) = 1800$ $42,4$ $(-20 + 42,4)/10 = 2,2$	Formülümüzü test ederken ilk hız vermediğimizdeki zaman, ilk hız verdiğimizdeki zamandan daha büyük çıktı. Buradan da anladık ki kaydırığa ne kadar hızlı giriş yaparsak o kadar hızlı ve o kadar kısa sürede kayarız. Yüksekliği değiştirip modeli tekrar test ettiğimizde yükseklik arttıkça parkuru daha uzun sürede tamamladık. Sürtünme katsayısını azaltırsak parkuru daha kısa sürede bitiririz. Kişinin kütlesi ne olursa olsun sonuç değişmez. Modelimize göre varış süresi kütleye bağlı değil.

Tablo 4.61 incelendiğinde üç grubunda modelleme sürecinde döngüsel hareket ederek elde ettikleri modelleri sorguladıkları ve farklı bakış açıları ile değerlendirdikleri görülmektedir.

T grubu ilk hız değişkenine yönelik modeli test ederek videodaki gerçek durumla benzer sonuçlar elde ettiklerini ifade etmektedir. Grup, ilk hıza sahip olmanın varış süresini kısalttığını ve modellerinin doğru çalıştığını açıklamaktadır. P ve U grupları ise modeli çözerken ele aldıkları yükseklik (P grubu $h_0=20\text{m}$, U grubu $h_0=7\text{m}$) değişkenini (P grubu $h_s=30\text{m}$, U grubu $h_s=14\text{m}$) olarak değiştirip durumu gözden geçirmektir. Gruplar daha sonra ilk hız olmadan harekete başlandığındaki durumu modellerine $V_0=2\text{m/s}$ olarak başlangıç hızına göre yeniden ele alınmaktadır.

Sonuç olarak, iki grupta benzer şekilde yükseklik arttıkça varış süresi artacağı ve ilk hız arttıkça varış süresi kısalacağı sonucunu ortaya çıkarmışlardır. Böylece iki grupta gerçek modeli birçok yönden test etmiş ve modellerini doğrulamıştır. Ayrıca, U grubu farklı bir bakış açısıyla varış süresinin kütleye bağlı olmadığı yönünde önemli bir noktaya vurgu yapmıştır.

Grupların Kaydırak etkinliği doğrulama basamağındaki performansları Tablo 4.62’ de gösterilmektedir. Tüm grupların bu aşamada da yeterli performans sergiledikleri değerlendirilmesinde bulunulmuştur.

Tablo 4.62. Kaydırak etkinliği doğrulama yeterliklerinin değerlendirmesi

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Doğrulama			T, P, U

4.2.6.7. Kaydırak etkinliğinin genel değerlendirmesine ilişkin bulgular

Elde edilen verilerden hareketle Kaydırak etkinliğinde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinin genel değerlendirilmesi Tablo 4.63’ te gösterilmiştir. Tablo 4.63 incelendiğinde grupların bütün matematiksel modelleme süreci aşamalarında yeterli performans sergiledikleri anlaşılmaktadır.

Tablo 4.63. Kaydırak etkinliği matematiksel modelleme sürecindeki yeterlikler

MMY	Yetersiz	Kısmen Yeterli	Yeterli
Anlama			T, P, U
Basitleştirme ve Yapılandırma			T, P, U
Matematikselleştirme		T, U	P
Matematiksel Çalışma			T, P, U
Doğrulama			T, P, U
Yorumlama			T, P, U

Elde edilen verilerden hareketle Kaydırak etkinliğinde grupların matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeleri Tablo 4.64’ te gösterilmiştir. Tüm grupların modelleme durumunu anladıkları ve matematiksel modele geçiş yaptıkları görülmektedir. Matematiksel modele geçiş yapabilen grupların matematiksel sonuçlara geçiş yapabildiği, matematiksel sonuçlara geçiş yapan grupların ise gerçek sonuçlara kadar ilerleyebildiği ortaya çıkmaktadır. Grupların bu etkinlikte tüm aşamaları başarılı bir şekilde tamamladığı görülmektedir.

Tablo 4.64. Kaydırak etkinliğinde matematiksel modelleme döngülerindeki ilerlemeler

	Modelleme Aşaması	Kod	Grup
Kaydırak	Durumun Zihinsel Temsili	1.Aşama	T, P, U
	Gerçek Model	2.Aşama	T, P, U
	Matematiksel Model	3.Aşama	T, P, U
	Matematiksel Sonuç	4.Aşama	T, P, U
	Gerçek Sonuç	5.Aşama	T, P, U
	Doğrulama	6.Aşama	T, P, U

4.2.6.8. Kaydırak etkinliği yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular

Katılımcıların yansıtıcı günlüklerinden aktarılan Kaydırak etkinliğine yönelik görüşleri, tüm gruplar bu son etkinlikte gerçek sonuçlara kadar varabildiği için detaylı olarak ele alınacaktır. Çünkü modelleme sürecinde geldikleri noktayı anlamak adına bu etkinlikteki ilerlemelerini detaylandırmak önem arz etmektedir. Gerçek durum, durumun zihinsel temsili, gerçek model, matematiksel model, matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar kapsamında doğrudan alıntılarla bu etkinlikte başarılı olmalarının nedenleri açığa çıkarılmaya çalışılacaktır.

Öncelikli olarak gerçek durum ve durumun zihinsel temsili bağlamında katılımcıların kendi süreçlerini ele aldığı görüşler şu şekildedir;

T1: Bu etkinlikte bizlere aynı yüksekliğe sahip yan yana konumlanmış 4 kaydırdan kayan farklı kilo, farklı ilk hız ve farklı sürtünmeye sahip 4 bireyin aynı anda kayma görüntüsü verildi. Ortaöğretim ve lisans eğitimim süresinde bir eğik düzlemde hareket eden cisme yönelik problemle karşılaşmıştım ancak burada bitiş noktasına en erken ulaşacak kişinin belirlenmesi adına çok sayıda ve tanımlanmamış değişkenler vardı. Öncelikle bu problemi çözemeyeceğimi düşündüm

T2: Bu günkü etkinliğimiz kaydırdan kayan insanların hangisinin ilk önce bitiş noktasına ulaşacağını bulmaktı. Daha önce fizik derslerinde buna benzer problem durumuyla karşılaşmıştım. Fakat video üzerinden izleyince günlük hayattan örneklerin olabileceğini daha önce fark etmemiştim. Videoyu izlerken konuyla ilgili birçok noktayı merak ettim. İnsanların sahip oldukları kinetik enerjileri, ilk hızlarının etkisi, insanların ağırlıklarının hızı etkisi gibi konuları merak ettim. Ayrıca kaydırığın eğimlerinin özdeş olup olmaması, hava direncinin hızı etkisi ne olabilir gibi konuları anlamaya çalıştım. Ayrıca kaydırdan kayılan bölmelerin sürtünme katsayıları eşit olup olmaması da hızı etki edeceğini fark ettim. Problem durumunu hesaplamak için fizik konularına internetten araştırdım ve gerekli formülleri not ettim. Özellikle kinetik enerji, potansiyel enerji, serbest düşme, sürtünme kuvveti ve enerji korunumu konularını araştırdım.

T3: Model ile ilgili ilk olarak video izleyince kayan insan arasındaki iniş mesafeleri dikkatimi çekti. İlk olarak burada nelerin etkili olabileceğini düşündüm. Model için videoyu dikkatlice birkaç kez daha izledik ve grupla tartıştık. Sürtünme kuvveti ve enerji dönüşümünün önemli olduğunu fikrinde birleştik. Kayan insanlardan biri diğerlerine kıyasla daha fazla ağırlığa sahipti ve geride kalıyordu. Bu durum bize sürtünme kuvvetinin ağırlık ile ilişkisine odaklanmamız gerektiğini düşündürdü. Bir diğer ise diğerlerinden farklı olarak ilk hızla kaydırdan kaymaya başlıyordu ve en kısa sürede iniş yapıyordu, bu durum bize ilk hızla hareketin önemli olabileceğini düşündürdü. Grup ile fark ettiğimiz noktaları not aldık. Son olarak sporcular her ne kadar farklı

yüzey alanlarına sahip olsalar da bir mat üzerinde kaymakta idiler, bu durum 3 sporcu içinde temas eden yüzeyin özdeş olduğunu sonucuna götürdü.

Deneyimli öğretmen grubunun kaydırak etkinliğine ilişkin görüşleri incelendiğinde başlangıçta problemin çok zor ve çözülemeyeceğini düşündükleri fakat grup çalışması, fikir alışverişleri, detaylı gözlemler, video analizleri, konuya ilişkin mevcut bilgileri ve deneyimleri sayesinde problem durumunu zihinsel temsili yakaladıkları görülmektedir. Grup üyeleri daha önce fizik derslerinde benzer problem durumları ile karşılaştıklarını fakat günlük hayata ilişkilendirme örneği ve birden fazla değişkeni ele alma açısından bu etkinlikte ilk kez karşılaştıklarını ifade etmektedirler. Modelleme görevinin video şeklinde sunulmasının problem durumunu algılamakta kolaylık sağladığı söylenebilir. Ayrıca internet ve benzeri teknolojileri kullanarak problem durumuna ilişkin araştırmalar yapmaları sayesinde probleme ilişkin konulara hâkim olunabildiği yargısına varılabilir.

Gerçek durum ve durumun zihinsel temsili görüşleri

Yeni mezun öğretmen grubunun gerçek durum ve durumun zihinsel temsili bağlamında görüşleri ise şu şekildedir;

P1: Bugünkü dersimizde “kim bitişe önce varır” diye yeni bir modelleme durumu verildi. Aslında günlük hayatımızda sürekli gördüğümüz bir durum aquaparkta kayan kişiler ama hiç aman kim önce varır niye neden diye sorgulamadım. Kayıyor ve eğleniyorduk. Kısa bir video ve tek bir sayısal veri yok. Ama benim için cevap basitti eğim. Aklıma direkt eğik düzlemden gidilmesi gelmişti. Tamam dedim bu bizde kolayca hallederiz. Tabi ki öyle olmadı. Sıyın akış hızı, ağırlık, kütle, payetler,... vb. birçok detay vardı. Arkadaşlarım ise enerjiden ve atışlar noktasında gidilmesi gerektiğini düşünüyorlardı. Ortak bir paydayı bulduk ama kafamda soru işareti kaldı yanılttı benim için başta ikna olmadım ve eğik düzlemi tercih ettik ve doğru gibiydi ama çok eksikliği vardı. Bu sefer tekrar düşününce ve fikir birliği ile atılar ve enerjiden gittik. Formülleri unutmuştuk ama kolayca hallettik bu problemi.

P3: Problem ilk gördüğümde Eğim ile ilgili bir çözüm kafamda canlandı. İşin içinde ağırlık ve yol(mesafe) gibi veriler gerekli olduğunu düşündük. Problemimizi belirledik. Kaydırdan kayan kişilerin bitiş noktasına ilk kim ulaşır? Daha sonra paletler aynımı, kaydırak eğimi ne kadar, ilk hız var mı? daha sonra problem için varsayımları, değişkenleri, ihtiyaç duyulan verileri belirledik. Konu ile ilgili kavram ve bu kavramlar arasındaki ilişkileri aramızda fikir alışverişi yaparak yazdık

U grubunun kaydırak etkinliğine yönelik görüşleri incelendiğinde grup çalışması ve fikir alışverişi ile problem durumunu belirledikleri, birçok değişkeni gözden geçirdikleri görülmektedir. Öğretmen adayı grubunun gerçek durum ve durumun zihinsel temsili bağlamında görüşleri ise şu şekildedir;

U1: Kaydırak olduğu için hemen eğik düzlem videoları izlemeye başladım. Notlar aldım. Konumuz fizik üzerineydi bu yüzden çözebileceğimizden pek emin değildim. Çünkü diğer arkadaşlarım da ben de fizik yapamıyorduk. Fen üzerinden eğitime devam etmek istemiyorum bu yüzden fene dair konuları derslerden sonra tekrar bile etmedim ve kalıcı olmadı derste gördüklerim. Bu yüzden etkinlik beni zorlayacak diye düşündüm. Eğik düzlemdeki cismi etkileyen bugün kuvvetleri araştırdım ve etkinliğe hazır bir şekilde başladım.

U2: Bu hafta ki etkinliğimizde Su Kaydıracağı ile ilgili bir video izledik. İzlediğimiz videoda 4 kişi kaydırığın başından çeşitli durumlarda aşağı doğru kendilerini bırakıyorlardı video bitiş noktasına gelmeden kapatıldı ve problem durumumuzda 4 kişiden hangisi bitişe ilk önce varırdı. Yine fizik konusuydu biraz tereddütle yaklaştım yine sonuca ulaşamayacağımızı düşünüyordum ama denememiz lazımdı. Kaydırak olduğu için eğik düzlem ile alakalı araştırmalar yaptık ve bulduğumuz formülleri not ettik.

U3: Problem durumumuz bir kişinin su kaydırığının sonuna varış süresi nedir ?" diye bir soruydu. Aslında konu alanı fizikti ve çok zorlanmayacağımız belliydi. Fizikte formül türetmek her zaman daha kolaydır.

... bir sebebi de fizik konusunda hepimizin yetersiz olmasıydı.

U grubunun kaydırak etkinliğine yönelik görüşleri incelendiğinde U2'nin başlangıçta P grubunun üyelerinin düşüncelerine benzer şekilde fizik konusu olduğu için problemi daha kolay algıladığı görülürken aslında tüm grup üyelerinin fizik konusunda kendilerini yetersiz hissettiklerinden dolayı zorlanabileceklerini ifade ettikleri görülmektedir. U1' in aktardığı etkinliğin konusuna yönelik araştırma yapmaları ve konuya hakim olmaları durumun zihinsel temsili bağlamında etkili olduğu söylenebilir.

Gerçek model ve matematiksel model görüşleri

Gerçek model ve matematiksel model bağlamında katılımcıların görüşleri ele alındığında ise T grubu üyelerinin görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

T1: Bireylerin kütlelerine odaklandım. Kaydırdan aşağı doğru gerçekleşen hareketi serbest düşme hareketi gibi düşünüp kütlenin etkisi olmadığı sonucuna ulaştım. Kaydırığın eğimi,

sürtünme katsayısı ve kayan kişilerin ilk hızları bu noktada dikkatimi çekti ve bu değişkenleri etkileyebileceğini düşündüğüm faktörlere odaklandım.

T2: Problemi çözebilmek için bazı değişkenleri sabit tutmam gerektiğini fark ettim. Bunlar kaydıracağın eğimi, yer çekim ivmesi ve kaydıracağın ilk ve son yüksekliklerinin eşit olmasıydı. Problem çözümünün çıkış noktası enerji korunumuydu. İlk durumdaki enerjiyi hesaplayıp son durumdaki enerjiye eşitlenerek son hızları bulunabilir. Not ettiğim formülleri yerine yazınca kütlenin bir etkisinin olmadığını anladım. Formülü ilk önce ilk hızsız olarak denedim ve sonucu 6,687 s olarak buldum.

T3: Merak ettiğimiz birkaç nokta oldu; bunlardan biri iniş süresinde kütlenin etkili olup olmayacağı idi. Kütle enerji dönüşümünde önemli değildi ancak model sadece enerji dönüşümünden oluşmayacaktı, bu durum için beyin fırtınası yaptık. İnsanlar hacimce küçük canlılar onlara uğrayan hava direncini kestirmeye çalıştık, bu durumun ihmal edilip edilmediği tartıştık. Ana hatlarıyla hava direncini hesaplamaya ve gerçek hayattaki bazı örnekler ile kıyaslamaya çalıştık. Tartışmalar sonucunda hava direnci ve kaydıraklardaki eğimler arasındaki farkların ihmal edilebileceğine karar verdik. Model oluştururken değişkenleri sıraladık, bu konuda sürtünme kuvvetini etkileyecek sürtünme katsayısı ile enerji dönüşümü sırasında kullanacağımız ilk hız, yükseklik ve eğim değerlerini değişken olarak belirledik. Değişkenleri belirlerken ilk başta kütleyi de hesaplamaya dahil ettik. İlk başlarda her ne kadar enerji dönüşümünde kütlenin etkisiz olduğunu bilmemize rağmen, sürtünme kuvveti için kütlenin önemli olacağını düşündük. Bu nedenle kütleyi de değişken olarak ekledik. Ancak modelin düzenlenmesi aşasında etkisinin olmadığını fark ettik. Bu durum bizi şaşırtmış olmasına rağmen tartışmasız bir şekilde etkisizdi. Modelin tasarlanmasında ve test edilmesi için bize bazı değerler gerekli idi. Videodan izlediğimiz kadarıyla kişisel tecrübelerimize de dayalı olarak eğim, ilk hız, kaydıracağın yüksekliği ve sürtünme katsayı değerlerini bilmemiz gerektiği düşündük. Modelin oluşturulması için konu ile ilgili araştırma yaptık. Ortaokul müfredatında enerji dönüşümleri modelleme yapmadan verilmektedir. Bu nedenle bu model için gerekli bilgiler lisans eğitimi sırasında aldığım ve zamanla unuttuğum bilgiler gerektirmekte idi. Bu konuda araştırma yapıp gerekli hız denklemlerini not aldık. Bu denklemler de ilk hızlı olanı tercih ettik.

Deneyimli öğretmenlerin gerçek modele geçiş sürecinde problem durumunu etkileyen faktörleri belirleyerek ilgili değişkenler, varsayımlar ve ihmal edebilecekleri değişkenlere yoğunlaştığı görülmektedir. Matematiksel modele geçişte buluşsal stratejiler kullandıkları kendi ifadelerinde mevcuttur. Grup üyelerinin matematiksel modelleme sürecine ve doğasına adapte olmasının etkisi ortaya çıkmaktadır. Basitleştirme ve yapılandırma aşamasında sistematik çalıştıkları ve böylelikle matematiksel modeli oluşturdıkları söylenebilir.

P grubunun sürecin bu kısmında ele aldıkları hususlara ilişkin görüşlerinden bazıları ise şu şekildedir;

P1: Sıyın akış hızı, ağırlık, kütle, payetler,... vb. birçok detay vardı. Arkadaşlarım ise enerjiden ve atışlar noktasında gidilmesi gerektiğini düşünüyorlardı. Ortak bir paydayı bulduk ama kafamda soru işareti kaldı yanıştı benim için başta ikna olmadım ve eğik düzlemi tercih ettik ve doğru gibiydi ama çok eksikliği vardı. Bu sefer tekrar düşününce ve fikir birliği ile atılar ve enerjiden gittik. Formülleri unutmuştuk ama kolayca hallettik bu problemi

P2: Problem durumunu ele alırken fizikteki hangi konu üzerine gideceğimiz konusunda kararsız kaldık. Bu problem durumu için eğik düzlemi mi yoksa atışlardaki hız formüllerini mi kullanarak ilerlememiz gerektiğini grup arkadaşlarımızla tartıştık. Daha sonra kaydırdan önce incek kişiyi bulmamız için bize formülde zaman kavramının olması gerektiğini fark edince matematiksel modelleme için gerekli formülü bulmak daha kolaylaştı. Enerji dönüşümlerinden yola çıkarak formülümüzü oluşturduk. Baştaki potansiyel enerji ile kayarken oluşan kinetik enerjinin toplamı kaydırak sonundaki kinetik enerjiye eşittir. Ancak bu kısımda problem durumumuzdaki en önce incek kişiyi hesaplamak mümkün olmadı. Çünkü formülde zaman kavramı yer almıyordu. Bunun üzerine kişinin kaydırığın sonuna geldiğinde ivmeli bir hıza sahip olduğunu fark ettik. $V_0 = V_0 + at$ formülünü de matematiksel modelleme için oluşturacağımız genel formüle ekledik. Burada hem eğik düzlemi hem de atışlardaki hız formüllerini kullanmış olduk.

P3: Çözüm yolu konusunda aklımızda 2 husus vardı. Bunlardan birisi eğik düzlem, diğeri ise kinetik ve potansiyel enerji üzerinden çözüm yapmamızdı. Bu iki yoldan biz birincisini seçtik. Bize gerekli olan verileri $F = m.a$ formülünü açarak gördük. Buradan gerekli olan verileri bulduktan sonra ihtiyaç duyulan veriler ve değişkenleri tekrardan düzenledik. Genel formülü $F = m.a$ dan üzerinden oluşturmaya çalıştık fakat kafamız çok karıştı çünkü bize nelerin lazım olduğunu tam oturtamadık. Daha sonra rehber hocamızın biraz yönlendirmesi ile genel formülde değişikliğe gittik. Bu genel formülü aslında ikinci çözüm yolundan yola çıkarak belirledik. Bunun için adım adım bize nelerin lazım olduğunu belirledik. Belirlediğimiz etkenleri genel formüle yazdık. Genel formülü oluşturduktan sonra bize sürenin gerekli olduğunu belirledik ve bunu da hız formüllerinden formül içindeki hızdan bulabileceğimizi tespit ettik. Gerekli formül dönüşümleri ve sadeleştirmeleri yaptıktan sonra gene formülümüzü oluşturduk

Yeni mezun öğretmen grubunun gerçek modele geçiş sürecine yönelik görüşlerinden anlaşılacağı üzere başlangıçta grup içinde fikir ayrılıkları yaşadıkları fakat daha sonra ortak bir paydada buluşup probleme yönelik yapılandırma çabası sarf etmişlerdir. Mevcut bilgilerini kullanıp matematiksel modele ulaşma başarısı gösterirken konu uzmanı rehberin yönlendirmesinin önemli katkı sağladığı ortaya çıkmaktadır. Video

analizlerinde bu yönlendirmenin rehberin doğrudan bilgi vererek destek olarak değil, grubun belirlediği değişkenlerine, varsayımlarına ve modelin işlevselliğine yönelik açık uçlu sorulardan oluştuğu görülmektedir. Rehber, *‘Peki $f=ma$ ’dan çektiğiniz ivmeyi enerji dönüşümünde nasıl kullanmayı düşünüyorsunuz?’*, *‘Zaman değişkeninize yönelik çalışmanız hangi doğrultuda olacak?’* tarzında sorular sorarak gerek değişkenlerini gerek ise kavramlar arasındaki ilişkiyi sorgulamalarına sevk etmektedir.

Öğretmen adaylarının gerçek modele ve matematiksel modele geçiş sürecine ilişkin görüşlerinden bazıları ise şu şekildedir;

U1: Problem durumumuz su kaldığından kayan kişilerin hangisi daha kısa sürede parkuru bitirirdi. Hemen kütle ile alakalı olduğunu düşündük ve bunun üzerine formül geliştirmeye çalıştık. Yaptığımız formülü test ettik ama formülde kütle yerine ne koyarsak koyalım sonucun değişmediğini gördük. Yani kaydırdıktan kayan bir insanın hızı kütlesine bağlı değildi bunu fark ettik. Etkinliğimizi bir gün sonraya erteleyip daha kapsamlı araştırma yapma kararı aldık. Birçok video izledim tekrardan yeniden kendimce formül yaptım ama hiçbir şekilde güzel bir sonuç alamadım. Erkinlik başlayınca ben de arkadaşlarım da umutsuzduk. Ama biraz destek alarak formül oluşturabildik. Kaç haftadır etkinlik yapıyoruz ama ilk defa bu kadar güzel bir formül bulduk. .

U2: İlk başta kütleye bağlı olduğunu düşündük ve kütle üzerine formüller oluşturmaya başladık. Yaptığımız formül doğruydu ama kütle yerine başka değerler verdiğimiz zaman hep aynı sonuca ulaşıyorduk ve anladık ki bizim yapmamız gereken şey kütle ile alakalı değildi. Sonra yine birçok formül denedik ama yine istediğimiz sonuçlara ulaşamıyorduk ve yorulmuştuk da o yüzden biz de etkinliğimizi bir sonra ki gün yapmaya karar verdik. Diğer gün daha kapsamlı araştırmalar yapmıştık elimizde daha fazla bilgi vardı konuyla ilgili. Yine umutsuz başladık çünkü hem fizik ile alakalıydı hem de ne kadar uğraşsak da bir türlü sonuca ulaşamıyorduk.

U3: Hemen atış ve eğik düzlem üzerinde formüller kullanarak başladık. Bu formülleri kullanarak ve değişiklikler yaparak ilerlemeyi düşündük. Tabi bu yönde ilerlemeyi hocalarımızın sorduklarını düşünerek karar verdik, bazı şeylere değer verdik, bu varsayımlarımızın aslında gerekli olmadığını biraz geç fark ettik. Farkettiğimizde elimizde olan formülün komple yanlış olduğunun kanaatine vardık. Tüm her şeyi sil baştan tasarlamak zorunda kaldık. Baştan bir eğik düzlem ve formülleri ile başladık. Bu defa bilmediğimiz her şeye formül üzerinden yeni formül bularak ilerledik. Şimdi her şey oturmaya başladı ve dedik ve hatamızı fark ettik. Çok uzun ve zor bir formül bulduk.

Grup üyelerinin gerçek modele ve matematiksel modele geçiş sürecine yönelik görüşleri incelendiğinde başlangıçta ilgili değişkenleri ve varsayımları doğru belirleyemedikleri için elde ettikleri modelin çalışmadığı anlaşılmaktadır. Kütle değişkenine odaklanarak doğrudan problemi çözmeye çalıştıklarından dolayı gerçek modele ulaşamamışlardır. Konu ile ilgili bilgilerini artırarak, rehberin sorularına yoğunlaşarak ve ekstra zaman harcayarak yeniden model oluşturma sürecine girilerek bu kez gerçek bir model oluşturabilmişlerdir. İlgili değişkenleri belirlediklerinde ve değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkardıklarında matematiksel modelleme sürecinde başarılı oldukları söylenebilir.

Matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar

Matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar bağlamında katılımcıların görüşleri ele alındığında ise T grubu üyelerinin görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

T1: Problemi çözerken kütlenin bu harekete etkisi olmadığını öğrendim. Kaydırağın eğiminin ivmesi üzerine etkisi olduğunu öğrendim. Kaydırağın sürtünme katsayısının da hızı ve dolayısıyla hareketin süresini direk olarak etkilediği sonucuna vardım. İlk hızı olan kişinin ilk hızsız kişiye göre daha hızlı olduğunu yani hedefe daha kısa sürede ulaşacağını gördüm. Uyguladığım yöntem problemin çözümüne yönelik işe yaradı çünkü enerjinin korunumundan kaydırak üzerindeki potansiyel enerjinin finish noktasındaki hız ile ilişkisinden yola çıktım. Son hızı kinetik enerjisine eksi yönde etki eden sürtünmeden de yararlanarak buldum. Kaydırağın eğiminin de hıza etkisi olduğu için hesaba katarak ilk hızsız ve ilk hızlı denemeler yaparak modelimi test ettim. İlk hızsız kişinin bitiş noktasına geç ulaştığı, ilk hızı olan kişinin bitiş noktasına daha erken ulaştığını sayısal olarak formülden yararlanarak ispatladım.

T2: Problemi çözebilmek için bazı değişkenleri sabit tutmam gerektiğini fark ettim. Bunlar kaydırağın eğimi, yer çekim ivmesi ve kaydırağın ilk ve son yüksekliklerinin eşit olmasıydı. Problem çözümünün çıkış noktası enerji korunumuydu. İlk durumdaki enerjiyi hesaplayıp son durumdaki enerjiye eşitlenerek son hızları bulunabilir. Not ettiğim formülleri yerine yazınca kütlenin bir etkisinin olmadığını anladım. Formülü ilk önce ilk hızsız olarak denedim ve sonucu 6,687 s olarak buldum. Daha sonra ilk hızı 2 m/s olacak şekilde tekrar denedim. Sonucu $t = 6,5s$ olarak buldum. Bu da formülümün çalıştığını göstermektedir. Yaptığım modellemede kaydırağın eğimi ve sürtünme katsayısı süreyi etkileyecek şekilde yaptım. Farklı yüzeylerde veya farklı eğimlerde bu deney yapılırsa varış süresi değişecektir.

T3: Modelin oluşmasında birden fazla denklemin kendi içinde düzenlenmesi gerekmekteydi. Denklemleri yazarken yer çekimi ivmesinin de önemli olduğunu fark ettik ve değişkenlere ekledik. Denkler üzerinde düzenleme yaparken ortaya çıkan eşitlikte kütlenin sadeleştiğini fark ettik. İlginç geldi bize ama kütle etkisizdi. Değişkenler arasından çıkardık. Model ayrıca ilk hızla hareket eden sprocular için de eklenerek tekrar revize edildi. En sonunda başlangıçta hiç aklımaza gelmeyecek bir model ortaya çıktı. Model hem trigonometrik eşitlikler hem de 4 üssü gibi logaritmik bir çarpan içermekteydi. Model kaydırağın yüksekliği, eğimi ve sürtünme katsayısı için varsayılan değerler yazılarak test edildi. Ortaya çıkan değer videoda izlediğimiz hareketin sonlanması sırasında meydana gelen süreye yakındı (6,6 saniye) Daha sonra aynı model ilk hız 2m/s olan sporcu içinde hesaplandı ve benzer bir sonuç ortaya çıktı (6,5saniye) elde edilen verilen videoda izlediğimiz olay için uygun görünüyordu. Sonuçlar modelin uygun olduğunu ve kullanılabileceğini düşündürdü. Modelde yer alan değişkenler üzerinde yapılan işlemler içim bilgisayardan destek aldık. Modelde zaman değerinin 4. Üssü geliyordu, bu durum için nasıl bir hesaplama yapmamız gerektiğini bilemediğimiz için 2 kez karekök alarak işlem yaptık. Model üzerinde tartıştığımız da eğim, ve kaydırağın yüksekliğinin önemli değişkenler olduğunu fark ettik. İlk durumda tüm sporcular aynı matı kullanarak kaydıkları için sürtünme katsayılarının önemli olmadığını düşünmüştük; ancak sürtünme katsayısının da önemli bir değişken olduğunu anladık. Bu durum bizler için şaşırtıcı oldu.

Deneyimli öğretmenlerin matematiksel ve gerçek sonuçlara ilişkin görüşleri incelendiğinde modellerini farklı değişkenler açısından ele alabildikleri ve test ettikleri görülmektedir. Bu aşamada başarılı olmalarının bir nedeni olarak basitleştirme ve yapılandırma aşamasında değişkenler arasındaki ilişkiyi doğru açıkladıkları gözetilebilir. Etkinliklerin video tabanlı olarak sunulması sayesinde kendi sonuçlarını sunulan durumla karşılaştırılmasına olanak sağladığı görülmektedir. Matematiksel sonuçlarda bilgisayar desteğinin alındığı ifade edilmektedir. Grubun matematiksel işlem becerilerindeki yetersizliklerini teknoloji yardımıyla giderebildikleri sonucu ortaya çıkmaktadır.

Matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar bağlamında P grubu üyelerinin görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

P1: Modelimizi oluşturduk doğruluğunu test ettik her şey mükemmel. Ama sevgili hocamızın hep bir sorusu vardı 😊 sorular doğrultusunda hemen hesaplamaları yapıp yine bizim için en doğru olan modellemeyi yaptık ve test ettik doğrudu. Kesin mi bence net kesin bir çözümdü.

P2: Formülün doğruluğundan emin olmak için değişkenlerimiz olan yükseklik, hız, sürtünmeli

ortam ve hızı sıfır olan bireyler içinde test ettik. Örneğin sürtünmeli olan ortamda $t=3.58$ s sürtünme olmayan ortamda $t=2.47$ s olarak bulduk. Sürtünme uygulanan kuvvete ters yönde etki ettiği için kişinin bitiş noktasına ulaşma süresini uzatacaktır. Formüldeki hesaplamada sürtünmeli ortamdaki t süresi daha büyük çıkmıştır. Bu durumda bize formülün doğru olduğunu göstermiştir. Oluşturduğumuz matematiksel modelleme problem durumumuzu çözmeye yaradı. Kaydırakların yükseklik miktarını artırdığımız zaman eğimde artmış olacak ve bitiş noktasına varma süresi daha da uzayacaktır. Mantıken kişi yüksekliği az olan kaydırağın daha önce inecektir. Hesaplamalarımız sonucunda da yükseklik değişkenini artırıp azalttığımızda formülümüzü destekler nitelikte sonuçlar vermiştir

P3: Modelimiz de herhangi bir sorun gözüküyordu. Daha sonra yüksekliğimizi değiştirerek modelimizi test ettik. Oluşturduğumuz modeli test ettiğimizde modelimizin doğru olduğunu gördük. Modelimize ek olarak daha sonradan sürtünme kuvvetini de ekledik. Sürtünme kuvvetini ekleyerek yaptığımız hesaplama sonucunda da oluşturduğumuz modelin doğru olduğunu gördük. Modelimizde yükseklik arttıkça kaydırakın sonuna ulaşma süreleri de artmaktadır. Sürtünme kuvvetini formüle eklediğimizde sürtünme kuvveti arttıkça kaydırak sonuna ulaşma sürelerinin de artmış olduğunu gördük.

Grup üyelerinin ifadelerinden de anlaşıldığı üzere modeli test ettiklerinde modelin çalıştığını ve gerçek hayat ilişkisi içerisinde açıklayıcı sonuçlar elde ettiği söylenmektedir. Gerçek model ve matematiksel model başarılı bir şekilde oluşturulduğunda gerçek sonuçlar ve matematiksel sonuçların da başarılı bir şekilde elde edildiği görülmektedir.

Matematiksel sonuçlar ve gerçek sonuçlar bağlamında öğretmen adaylarının görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

U1: Formülü test ettik ve işe yaradığını gördük. Her değişkeni değiştirdik gerçekten de formülümüz çalıştı. Zor oldu ama çok güzel oldu.

U2: Bu sefer daha iyi bir formül oluşturduk hem de formülümüzde hangi değişkeni değiştirirsek ona bağlı sonuç çıkıyordu ve sonuç üzerinden konu hakkında yorum yapabiliyorduk. Formülü test ettiğimiz zaman ise hiçbir sorun oluşmuyordu. Sonunda fizik ile alakalı olsa bile gerçekten işe yarar bir formül bulmuştuk ve son etkinliğimizi de mutlu bir şekilde bitirdik.

Öğretmen adaylarının görüşlerinden görüldüğü üzere doğru değişkenleri belirlediklerinde yani gerçek modele ulaşabildiklerinde gerçek sonuçlara da ulaşabildikleri sonucu ortaya çıkmaktadır.

Katılımcıların kaydırak etkinliğinde sürecin geneline yönelik görüşlerinden bazıları ise şu şekildedir;

T1: Başlangıçta çözüme ulaşamayacağımı düşündüğüm bu problemde durumu etkileyen doğru değişkenlerin üzerine odaklanarak ve teorik bilgileri doğru kullanarak çözüme ulaşabildiğimi gördüm. Bu etkinlik sonucunda aslında çok zor ve çok sayıda değişkene bağlı olan bir problemin bile etraflıca ve detaylı düşünme sonucunda matematiksel modelleme ile rahatlıkla çözüme kavuşturulabileceğine inanıyorum.

T2: Genel olarak fizik ağırlıklı modellemelerin daha kolay olacağına dair inancım vardı. Belki de bu nedenle bu modellemede kendi rahat hissettim. Denklemlerin kurulması sırasında sorun yaşamamak da çok fazla matematiksel işlem yapmak zorunda kaldık. Belki en başta bazı değişkenleri ihmal edebilirdik (sürtünme katsayısı gibi) ancak bu durumda da yarışın sonucun da meydana gelen değişimi açıklayacak bir model oluşmazdı. Modelleme de trigonometri ve üstlü sayılar konusunda işlem kabiliyetimiz olması gerektiğini düşündüm.

T3: Modelleme de işlemlerin belirli bir süreç içerisinde yapılması, oldukça işimizi kolaylaştırdı. İşlemlerin aşamaları ayrılmaması durumunda varsayımların artacağı ve daha hatalı ve genel modellemeler oluşturulacağı aşıkardır. Modelleme yavaş ve kontrol edilerek ilerlenmesi gerekmektedir. Modeli oluşturmak ilgimi çekti, bu tür modelleri daha sık yapmak ve öğrencilerime yaptırmak isterim.

P1: Bence en kolay bu etkinlikti sayısal verinin olmaması beni germiştir ama en kolay bu modeli oluşturmuştuk. Sebebini son etkinlik olması ve artık daha rahat yapılması gerekenleri biliyor olmamız olduğunu düşünüyorum. İlk etkinlikte sudan çıkmış balık gibiydik ee ne olacak şimdi diye burdayız diye düşünürken şimdi öyle değildi ama her basamağa çok iyi hakimlik etkinliklerimiz uzun sürüyordu ama aşamaları öğrenmiştik.

P2: Problem durumunu ilk duyduğumda konusu fizik alanı üzerine olduğu için diğerlerine göre daha kolay olabileceğini düşündüm. Çünkü matematiksel modelleme yaparken biyoloji ve kimya alanındaki konularda değişken sayısı fazla olunca formülü oluşturmak daha zor oluyor. Değişken sayısı varsayımlar kısmında önemli rol almaktadır. Konuyu daha basit düşünebilmek için her değişken için ayrı bir varsayım ele almamız gerekmektedir.

U3: Çok eğlenerek yaptığımız bir çalışma oldu. Tabi zamanımızı almasının bir nedeni de de fizik konusunda hepimizin yetersiz olmasıydı. Ama bir daha böyle bir problem durumu ile karşılaşırsam nasıl bir yol izleyeceğimi artık biliyorum.

Katılımcıların çalışmanın son uygulaması olan kaydırak etkinliğindeki süreçle ilişkin genel düşünceleri incelendiğinde matematiksel modelleme etkinlikleri ile sıkça karşılaşmaları ve süreçle hakim olmaları başarılı olmalarının önemli bir nedeni olarak görülmektedir. Konunun Fizik ile alakalı olduğu için başlangıçta etkinliği kolay olarak algılanmaktadır. Bunun sebebi ise Biyoloji ve Kimya konularına nispeten Fizik konularının daha az değişkenin varlığı olarak düşünülmektedir. Katılımcıların bazıları ise matematik alan bilgilerinin yetersizliğine vurgu yapmaktadırlar. Ayrıca problemde durumu etkileyen doğru değişkenlerin üzerine odaklanarak varsayımlarda bulunulması yani problem durumunun doğru bir şekilde basitleştirilmesi ve yapılandırılması bu süreçte başarılı olmalarının bir başka nedeni olduğu söylenebilir. Son olarak bu üst düzey etkinliklerde zaman kısıtlamasının bulunmaması gerektiği katılımcılar tarafından ima edilmektedir.

4.3. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının ve Öğretmenlerinin Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşlerine İlişkin Bulgular

Araştırmanın bu kısmında '*fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modellemeye yönelik görüşleri nelerdir?*' araştırma sorusuna ilişkin bulgular sunulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan matematiksel modelleme etkinliklerin tamamına iştirak eden katılımcılara matematiksel modellemeye yönelik görüşlerini elde edebilmek için süreç sonunda yarı yapılandırılmış görüşme formu sunulmuştur. Görüşme formunun içeriğinde öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme kavramına yönelik sorular sorulmuştur. Yapılandırılmış mülakat formu Ek-5'te sunulmuştur. Öncelikli olarak, üç uzman birbirlerinden bağımsız çalışıp kodlar ortaya çıkarmışlardır. Kodlardan yola çıkarak kategoriler oluşturmuşlardır. Oluşturulan kategorilerden ise temaları ortaya çıkarmışlardır. Daha sonra uzmanlar birlikte çalışarak kod, kategori ve temaların son şeklini vermişlerdir. Böylelikle 'Matematiksel modelleme algısı', 'Matematiksel modellemenin fen eğitimine katkıları' ve 'Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımı' temaları oluşturulmuştur. Kategoriler ise matematiksel modelleme algısı altında tanım ve yeterlikler, fen öğretimine katkı teması altında fen okuryazarlığı ve kullanım teması altında koşullar, deneyimleme ve konular başlıklar olarak ortaya çıkarılmıştır. Katılımcıların görüşlerinden yola çıkarak fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının

matematiksel modellemeye görüşlerine ilişkin elde edilen temalar, kategoriler ve kodlar Tablo 4.65’ te gösterilmektedir.

Tablo 4.65. Matematiksel modellemeye ilişkin elde edilen temalar, kategoriler ve kodlar

Temalar	Kategoriler	Kodlar
Matematiksel Modelleme Algısı	Tanım	Matematiksel ifade etme
		Matematik ile günlük hayat arasında ilişki
		Basitleştirme ve Sadeleştirme
	Yeterlik	Matematiksel modelleme bilgisi
		Matematiksel işlem becerisi
		Düşünme becerileri
Fen Eğitime Katkıları	Fen Okuryazarlığı	Fen Alan bilgisi
		Bilimsel süreç becerileri
		Yaşam becerileri
		Fen öğretimi
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Kullanımı	Koşullar	Seviye
		Zaman
	Deneyimleme	Karşılaşmadım
		Kullanmayı düşünüyorum
	Konular	Fizik
		Kimya
		Biyoloji
		Tüm fen konuları

Tablo 4.65’ te görüldüğü üzere katılımcıların matematiksel modellemeye yönelik görüşlerinden yola çıkılarak matematiksel modelleme algısı teması ortaya çıkarılmıştır. Bu tema matematiksel modelleme tanımı ve yeterlikleri kategorilerinden oluşmaktadır.

4.3.1. Matematiksel modelleme algısına yönelik görüşler

Öncelikli olarak katılımcıların matematiksel modelleme kavramına ilişkin uygulama öncesi düşüncelerini öğrenmek amacıyla ‘matematiksel modelleme ile ilgili bir bilginiz

var mıydı? Bildiklerinizi ifade eder misiniz?’ şeklinde sorular sorulmuştur. Çalışmadaki etkinliklerin tamamına iştirak eden dokuz katılımcıdan yedisi MM hakkında bilgisi olmadığını ikisi ise MM’ yi duyduklarını fakat yeterince bilgi sahibi olmadıklarını ifade etmişlerdir. Matematiksel modellemeyi duyduğunu belirten iki katılımcı, MM kavramına dair bildiklerini analogi ve matematiksel denklemler şeklinde ifade etmişlerdir. Dolayısıyla uygulama öncesinde katılımcıların tamamının matematiksel modelleme kavramına ilişkin yeterince bilgilerinin olmadıkları ortaya çıkmıştır. Uygulama öncesi matematiksel modellemeyi duyduğunu fakat yeterince bilgisi olmadığını ifade eden P3 ve T3’ ün görüşleri şu şekildedir;

P3: Uygulama öncesinde pek fazla fikrim yoktu. Fakat daha önceden duymuştum. Biraz araştırma yaptığımda aklıma ilk analogi gibi bir şey olduğunu düşündüm.

T3: Uygulama öncesinde tam olarak bir bilğim yoktu, matematiksel denklemler ya da yapılar olarak düşünüyordum.

Uygulama sonrasında MM kavramına ilişkin görüşlerini almak için “*Matematiksel modelleme sizin için ne ifade etmektedir?*” şeklinde soru yöneltilmiştir. Bu soru doğrultusunda verilen cevaplar kodlanarak matematiksel modelleme tanımı kategorisini oluşturmaktadır. Tanım kategorisinin kod ve frekansları Tablo 4.66’ da sunulmuştur.

Tablo 4.66. Tanım kategorisinin kod ve frekansları

Kategori	Kod	f
Tanım	Matematiksel ifade etme	7
	Matematik ile günlük hayat arasında ilişki	4
	Basitleştirme ve Sadeleştirme	4

Tablo 4.66’ ya bakıldığında, matematiksel modelleme tanımına yönelik *Matematiksel ifade etme*, *Matematik ile günlük hayat arasında ilişki*, *Basitleştirme ve Sadeleştirme* kodları ortaya çıktığı görülmektedir. Katılımcıların çoğunluğunun (%78, f=7, N=9) matematiksel modellemeyi bir durumu matematiksel ifade etme şeklinde tanımladıkları görülmektedir. Bu tanımı kullanan katılımcılar matematiksel modellemeyi formül oluşturma, model ortaya koyma ve matematikselleştirme gibi ifadelerle açıklamışlardır. Başlangıçta matematiksel modelleme hakkında bilgi sahibi olmayan fakat uygulama

süreci sonunda matematiksel modellemeyi matematik ifade etme şeklinde düşünen katılımcıların görüşlerinden bazıları şu şekildedir:

U2: Herhangi bir problem durumu karşısında matematiksel veriler ile bir formül oluşturmak ve onu çeşitli değişkenlerle beraber kullanmak.

P1: Matematiksel modelleme benim için formül oluşturmak gördüklerini tanımak olarak ifade edebilirim.

Katılımcıların %45'i matematiksel modellemeyi matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurma şeklinde tanımladıkları görülmektedir. Matematiksel modellemeyi günlük hayat arasında ilişki kurma şeklinde düşünen katılımcılardan bazıının ifadesi şu şekildedir;

T3: Gerçek hayatımızda pek çok durumun matematiksel bir açıklaması vardır. Matematiksel modelleme bu açıklamaları barındırır. Yer çekimi gibi bazı durumların modelleri sabit ve değişmezdir; bununla birlikte belki de her olayın, hata payı olmakla birlikte, bir modellemesi var. Yani doğa aslında matematiksel modeller üzerinde işler, bu modeller şartlara göre revize olabilir ama her zaman bir model vardır. Bu bağlamda doğadaki matematiksel modelleri fark etmek, oluşturmak, test etmek karşılaşılan birçok problemin çözümünde fayda sağlamaktadır.

U1: Matematiksel modelleme günlük hayatta karşılaştığımız sorunların ve durumların matematiksel formüle dönüştürülmesi ve mantığını anlayarak bu formülle kullanılabilir bir model elde etmektir.

Matematiksel modelleme tanımına ilişkin bir diğer kod ise 'basitleştirme ve sadeleştirme' dir. Bu kod altında katılımcıların %45'i matematiksel modellemeyi çeşitli/belirli değişkenler kullanma, problem çözümüne yaklaşımı pratikleştirme gibi ifadelerle tanımlamaktadırlar. Bu kod dahilinde katılımcıların görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

T2: Herhangi bir konuda bilinen genel bilgilerin belirli değişkenlerle daha pratik bir şekilde ifade edilmesidir.

P2: Bir problemi çözüme kavuşturmak ya da bir konu hakkında inceleme yapabilmek için değişkenleri göz önünde bulundurarak durum hakkında formül geliştirmek.

4.3.2. Matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik görüşler

Matematiksel modelleme yeterliklerine ilişkin görüşlerini almak amacıyla ise ‘‘*Matematiksel modelleme için gereken yeterlikler var mıdır? Varsa nelerdir?* ‘’ sorusu yöneltmiştir. Bu soru doğrultusunda verilen cevaplar kodlanarak yeterlikler kategorisini oluşturulmuştur. Yeterlikler kategorisinin kod ve frekansları Tablo 4.67’de sunulmuştur.

Tablo 4.67. Yeterlikler kategorisinin kod ve frekansları

Kategori	Kod	f
Yeterlikler	Fen alan bilgisi	6
	Matematiksel modelleme bilgisi	2
	Matematiksel işlem becerisi	2
	Düşünme becerileri	2

Yapılan görüşmelerden elde edilen verilerden, katılımcıların matematiksel modelleme yeterlikleri hakkındaki fikirleri alan bilgisi (f=7), matematiksel modelleme bilgisi (f=2), matematiksel işlem becerisi (f=2), ve düşünme becerileri (f=2) şeklinde kodlanmıştır.

Tablo 4.67’ ye bakıldığında katılımcıların çoğunluğunun (%67, f=6) matematiksel modelleme yeterlikleri için konu ile ilgili alan bilgisine sahip olmak gerektiği yönünde görüş bildirmektedirler. Alan bilgisi kodu altında katılımcıların ifadeleri modelleme yapılması planlanan fen konularında (Fizik, Kimya, Biyoloji) yeterince bilgi sahibi olmak, değişkenlere hakim olmak, matematik bilgisi ve ilgili konuya yönelik araştırma yapmak şeklindedir. Matematiksel modelleme yeterlikleri için alan bilgisine sahip olmak gerektiği görüşünde bulunan katılımcıların bazılarının ifadeleri şu şekildedir;

U1: Bence matematiksel modelleme yapabilmek için fizik, kimya, biyoloji ve matematik yapabiliyor olmak gerekir. Aksi halde modelleme yapmak zor gelecektir.

T3: İnsanlar genelde bir problemi ilk olarak karmaşık bir şekilde algırlar, bu karmaşanın içerisinde doğru bağlantıların kurulması ve sınırlandırılması çok önemlidir. Bir model içerisinde birbiri ile ilişkili çok fazla direkt ya da dolaylı değişken olabilir, bu değişkenler hakkında bilgi sahibi olmak, araştırma yapmak ve komplike düşünmek de önemli bir gereksinimdir.

P2: Matematiksel modelleme için gerekli yeterlikler olması gerektiğini düşünüyorum. Çünkü hangi konu içinde ele alınacaksa o konuya hakim olmayan bir kişi modellemeyi oluşturacak basamakların herhangi birinde problem yaşayacaktır.

Yeterlikler ile ilgili diğer kodun matematiksel modelleme bilgisi olduğu görülmektedir. Bu kod özelinde katılımcılar matematiksel modelleme süreci ve kullanımı ile ilgili bilgi sahibi olunması gerektiğini belirtmişlerdir. MM bilgisi üzerine katılımcıların ifadeleri şu şekildedir;

P3: Bana göre konu hakkında yeterli bilgiye sahip olmak. Sürecin nasıl işlediğine hakim olmak.

U3: Eğitimi alındığı sürece daha doğrusu matematiksel modellemenin nasıl oluşturulacağı ve kullanılacağı yönünde bilgiye sahip olduktan sonra yeterlikler olabilir.

Katılımcıların bir kısmının (%22, f=2) matematiksel işlem becerilerinin MMY için gerekli olduğu kanaatinde bulunmuştur. Matematiksel işlem becerileri gerektiğini belirten katılımcılar görüşlerini aşağıdaki gibi aktarmıştır:

T3: Bunlardan biri matematiksel işlem becerisidir. Matematik kendi işlemleri algılamak ve yorumlamak doğru modeller için çok önemlidir. Örneğin bir ağaç birinci yıl 2 adet elma, ikinci yıl ise 4 elma verdiğini düşünelim. Burada modelleme toplama ya da çarpma işlemi kullanıldığında aynı sonuç çıkabilir. Hangisinin doğru olduğu iyi bir matematiksel işlem becerisi ile sağlanabilir.

U3: ...Örneğin matematiğe, formüllere olan yaklaşım önemlidir. Bu becerilere sahip olma modelleme yapabilmek için gereklidir.

Bir diğer yeterlik kategorisini oluşturan kod olan düşünme becerilerine yönelik katılımcılar analiz etme, sentezleme, gözlem yapabilme ve analitik düşünme gibi ifadeler kullanmışlardır. Düşünme becerilerine sahip olmak gerektiği hakkında katılımcılar şu ifadeleri kullanmışlardır;

T3: ... İkinci olarak analitik düşünme becerisinin çok önemlidir. Problem durumunun doğru analizi doğru modelleme için şarttır. Üçüncü olarak sadeleştirme becerisi oldukça önemlidir. İnsanlar genelde bir problemi ilk olarak karmaşık bir şekilde algırlar, bu karmaşanın içerisinde doğru bağlantıların kurulması ve sınırlandırılması çok önemlidir. Bir model içerisinde birbiri ile ilişkili çok fazla direkt ya da dolaylı değişken olabilir, bu değişkenler hakkında bilgi sahibi olmak, araştırma yapmak ve komplike düşünmek de önemli bir gereksinimdir.

P1: Analiz ve sentez yapabilmek durum hakkında doğru gözlemlene ve araştırma yapabilmek gerekir. Genel matematik bilgisine sahip olmak gerekir.

4.3.3. Matematiksel modellemenin fen öğretimine katkılarına yönelik görüşler

Katılımcıların matematiksel modellemenin fen öğretimine katkılarına ilişkin görüşlerini almak amacıyla ‘*Matematiksel modellemenin fen öğretimine katkısı hakkında ne düşünüyorsunuz?*’ sorusu yöneltilmiştir. Bu soru doğrultusunda verilen cevaplar kodlandığında görüşlerin, MEB (2018)’ in açıkladığı toplumun her ferdinin birer fen okuryazarı olarak yetişmesini hedefleyen Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı’nın temel amaçları ile örtüştüğü gözlemlenmiştir. Böylelikle fen okuryazarlığı kapsamında Fen Eğitiminin özel amaçları ve öğretim programında alana özgü becerileri açısından katılımcıların görüşleri bir araya getirilmiştir. Fen okuryazarlığı kategorisi oluşturulmuştur. Fen okuryazarlığı kategorisinin kod ve frekansları Tablo 4.68’ de sunulmuştur.

Tablo 4.68. Fen okuryazarlığı kategorisinin kod ve frekansları

Kategori	Kod	f
Fen okuryazarlığı	Fen Öğretimi	7
	Yaşam becerileri	5
	Bilimsel süreç becerileri	4

Fen okuryazarlığı, fen öğretimi, bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri ve kodlarından ortaya çıkmıştır. Tablo 4.68’ de görüldüğü üzere en çok ifade edilen katkı Fen öğretim programına yönelik olmuştur. MEB (2018)’ in tanımladığı fen öğretimi programının özel amaçları dikkate alınarak katılımcıların görüşleri Fen Öğretimi kodunda birleştirilmiştir. Bu kod içeriğinde katılımcılar; günlük yaşam sorunlarına ilişkin sorumluluk alınmasını ve bu sorunları çözmede fen bilimlerine ilişkin bilgi, bilimsel süreç becerileri ve diğer yaşam becerilerinin kullanılmasını sağlamak, günlük yaşam sorunlarına ilişkin sorumluluk alınmasını ve bu sorunları çözmede fen bilimlerine ilişkin bilgi, bilimsel süreç becerileri ve diğer yaşam becerilerinin kullanılmasını sağlamak gibi fen öğretim programının temel amaçlarını hedef alan ifadeler kullanmışlardır. Görüşmecilerin söylemlerinden bazıları şu şekildedir;

P2: Matematiksel modelleme bize günlük hayatımızda birçok kolaylık sağlıyor. Fen; insan doğasına yardımcı olabilecek tüm bilimsel işlevleri yani günlük hayatı konu edindiği için fen öğretimindeki kavramları matematiksel modelleme ile çok daha kolay öğretmek mümkün olacaktır. Kavramlar arasındaki ilişkiyi çözmek öğrenciler için daha basit bir hal alacaktır.

T2: Matematiksel modellemenin fen öğretiminde her konuda olmasa bile nispeten katkısı olacağını düşünüyorum çünkü fen zaten hayatımızın bir parçası olduğu için günlük hayattan sorunları fen ile bağdaştırıp daha etkili bir öğrenme sağlayacağını düşünüyorum.

Katılımcıların %45 ($f=7$)' nin matematiksel modellemenin bilimsel süreç becerileri üzerinde katkısı olduğunu düşündükleri görülmektedir. Bilimsel süreç becerileri MEB (2018) 'in tanımladığı fen öğretimi programında alana özgü; gözlem yapma, ölçme, sınıflama, verileri kaydetme, hipotez kurma, verileri kullanma ve model oluşturma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, deney yapma gibi bilim insanlarının çalışmaları sırasında kullandıkları becerileri kapsamaktadır. Bilimsel Süreç becerileri koduna yönelik ifadelerden bazıları şu şekildedir;

T3: Yapılandırmacı eğitim felsefesine göre bilgi birey ve toplum tarafından yapılandırılır. Bu durum aslında bilimsel bilginin şartlara göre farklılaşabileceğini göstermektedir. Bir problem temelinde bir matematiksel modelleme üretirken seçilen değişkenler ve ihmal edilen değişkenlerin durumuna göre modelin çıktıları farklılık göstermektedir. Bu durum öğrencilerden bilimsel bilginin “değişmez “ ve “mutlak doğru” olduğu algının düzeltilmesinde kullanılabilir.

U1: Öğrencilere fendeki bir konuyu anlatıp “Peki, şu durum farklı olsaydı ne olurdu? “ diye sorup onları farklı düşünmeye, çevrelerini başka bir bakış açısıyla gözlemlemeye yönlendirebiliriz. Formül elde etmek onlar için de zor olabilir. Basit şekilde formüle dökülebilecek sorunlar ortaya koyup, değişkenleri ekledikçe formülü test etmelerini sağlayabiliriz

Yaşam becerileri MEB (2018) ' in tanımladığı fen öğretimi programında alana özgü; analitik düşünme, karar verme, yaratıcılık, girişimcilik, iletişim ve takım çalışması gibi yeterliklere yönelik ifadeleri kapsamaktadır. Yaşam becerilerine ilişkin katılımcıların görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

T1: Matematiksel modelleme fen öğretimi sürecinde kullanıldığında doğru yönlendirmelerle daha derinlemesine araştırma yapılmasını gerektirdiğinden fen öğretiminde analiz ve sentez becerilerini geliştirebileceğini düşünüyorum.

P3: Probleme bakış açısı, problemi anlama, nasıl çözümlenmesi ve adım adım çözüme gidildiğinde her şeyin sonuca ulaşılacağını düşünüyorum. Bu da öğrencilerin sistematik bir şekilde düşünmesinin geliştirdiğini düşünüyorum.

Fen okuryazarlığı ise problem çözebilme, kendine güvenme, günlük hayat ile feni bağdaştırma, yaşam boyu öğrenen bireyler olma gibi ifadelerden oluşturulmuştur. Fen okuryazarlığına yönelik katılımcıların görüşlerinden bazıları şu şekildedir;

4.3.4. Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımına yönelik görüşler

Katılımcıların matematiksel modellemenin fen derslerinde kullanımına ilişkin düşüncelerini öğrenmek amacıyla aşağıda sıralanan sorular yöneltilmiştir.

- 1) Modelleme süreci, ilköğretim ve orta öğretimdeki okullarda uygulanabilir mi?
- 2) Ders kitaplarında modellemeye ilgili etkinliklerle karşılaştınız mı?
- 3) Matematiksel Modellemeyi Derslerinizde kullanmayı düşünür müsünüz?
- 4) Matematiksel modelleme etkinlikleri hangi fen alanında ve konularında daha etkili kullanılabilir?

Bu sorular doğrultusunda verilen cevaplar kodlanarak koşullar, deneyimleme ve konular kategorileri oluşturulmuştur. MME kullanımı temasına ilişkin kategoriler ve kodlar Tablo 4.69’ da sunulmuştur.

Tablo 4.69. MME kullanımı temasına ilişkin kategoriler ve kodlar

Tema	Kategori	Kodlar
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Kullanımı	Koşullar	Seviye
		Zaman
	Deneyimleme	Karşılaşmadım
		Kullanmayı düşünüyorum
	Konular	Fizik
		Kimya
		Biyoloji
		Tüm fen konuları

Matematiksel modelleme etkinliklerinin fen derslerinde kullanımının uygun olup olmadığına ilişkin görüşleri incelendiğinde katılımcıların tamamı matematiksel modelleme etkinliklerinin fen eğitiminde kullanımının uygun olduğu yönünde ifadelerde bulunmuşlardır. Fakat katılımcılar MM etkinliklerinin kullanımı için bazı şartların yerine getirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu koşullar, MM etkinliklerinin öğrenci seviyesine uygun olması, günlük hayata ilişkin konulardan seçilmesi, grup çalışması ile yapılması, geniş zamanda yapılması ve öğretmenlere hizmet içi eğitim verilmesi gibi faktörleri kapsamaktadır. Koşullar kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar Tablo 4.70’ te sunulmuştur.

Tablo 4.70. Koşullar kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar

Kategori	Kod	f
Koşullar	Öğrenci seviyesi	9
	Günlük hayata ilişkin konular	6
	Grup çalışması	3
	Zaman	2
	Hizmet içi eğitim, MM ortamı, (Diğer 3)	1

Tablo 4.70 incelendiğinde öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının tamamının fen eğitiminde matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılabilmesi için öğrencilerin seviyelerini göz önünde bulundurmak gerektiği yönünde düşüncelerini aktarmışlardır. Katılımcılar ilkokul seviyesinde MM’nin ağır olabileceği, ortaokul seviyesinde uygulanmasının daha doğru olacağını belirtmektedirler. Çünkü ilköğretim düzeyinde öğrencilerin yeterli bilimsel süreç becerilerine sahip olamayabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra öğrenci seviyesini göz önünde bulundurarak hazırlanan MM etkinlikleri ile her seviyede MM’nin kullanılabileceği de ifade edilmektedir. Katılımcıların öğrenci seviyesi kodunda bildirdikleri görüşlerden bazıları şunlardır;

T3: Modelleme fen bilimlerinde 3-8 müfredatında sınırlı düzeyde ve ilerki yıllarda ki eğitime alt yapı oluşturacak bir şekilde verilebilir. 3-8 müfredatı daha çok bilimsel bilgilerin öğrencilere kavratılmaya çalışıldığı bir dönemdir. Bu dönemde öğrencilerin yeteri kadar zihinsel tecrübesi ve bilimsel bilgisi olmaması bu duruma engel olabilir. Ancak sınırlı sayıda konuda (konu önemli değil ancak düzey önemli olmak şartıyla) uygulanabilir.

U1: Uygun olması için birçok etken gereklidir. Öğrencinin öğrenme düzeyi, bulunduğu ortamdan dolayı sağlanabilecek imkanlar, modelleme sonrasında öğrencinin konuyla bağdaştırması vb. gibi

T2: Sürecin daha başında olduğumuzu düşünüyorum. Özellikle ortaokul seviyesinde uygulanabilmesi için birçok açıdan uygulama ve gözlemlerin yapılması gerektiğini düşünüyorum. Çünkü öğrencilerin bilgiye ulaşma becerisinin yeteri düzeyde olmaması, formüllerin öğrenciler tarafından çok fazla sevilmemesi olumsuzluk olarak karşımıza çıkabilir. Ayrıca ortaokul öğrencileri somut işlemler döneminde olması etkinliklerin hazırlanmasında göz önünde bulundurulması gereken bir noktadır.

Katılımcıların %67 (f=6)' lik çoğunluğuna göre de MM'nin fen öğretiminde kullanılabilmesi için gerekli koşullardan birisinin ise MM etkinliklerinin günlük hayat ile ilişkili, somut ve daha basit konular üzerine olması gerekliliğidir. Katılımcıların günlük hayata ilişkin konular kodunda bildirdikleri görüşlerden bazıları şunlardır;

T2: Öğrencilerin sevecekleri konular ve günlük hayatta karşılaştıkları konulardan etkinliklerin seçilmesi, etkinliklerin daha somut olması ve bazı deney malzemelerinde sürece katılması etkili olacaktır.

P1: Elbette uygulanabilir ancak çok daha temel ve basit konular olmalı çocuğun gözünde canlandırıp düşünebileceği yorum yapabileceği konular.

Katılımcıların %33 (f=3)' lük bir kısmı ise MM'nin için MM etkinliklerinin grup çalışması şeklinde olması gerektiği konusunda görüş bildirmişlerdir. Katılımcıların grup çalışması kodunda bildirdikleri görüşlerden bazıları şunlardır;

T1: Modelleme süreci bir konunun derinlemesine irdelenmesi gerektiği durumlarda rahatlıkla uygulanabilir. Grup çalışması yapılabilecek her yaş düzeyine uygun olabileceğini düşünüyorum.

T3: Grup çalışmaları modelleme süresi için birer zorunluluktur. Süreç birçok becerinin ve işlemin bir arada yürütüldüğü bir süreç olduğundan tek başına yürütülmesi mümkün değildir, verimsiz olacaktır. Öğrencilerin farklı yaklaşımlara ve eksikliklerini başkaları tarafından giderilmesine ihtiyaçları vardır.

Katılımcıların bir kısmı (%22, f=2) ise MM çalışmalarının uzun sürebileceğini düşündükleri için zaman kısıtlanmasının olmadığı dönemlerde ya da parça parça halinde yapılması gerektiği yönünde ifadelerde bulunmuşlardır. Katılımcıların zaman kodunda bildirdikleri görüşler şunlardır;

P3: Model tekniğini öğrenme açısından uygun buluyorum fakat ilköğretim ve ortaöğretim kademelerinde süre sıkıntısı olacağından uygulamanın bölümlere ayrılarak yapılmasının daha uygun olması gerektiği aşıkardır.

T1: Matematiksel modelleme çalışmaları uzun süreceği için ders süresinin yeterli olabileceği ve müfredatın sınırlamadığı dönemlerde uygun konular bularak kullanmayı düşünüyorum.

Katılımcılarından bir tanesi ise MM' nin kullanımı için öğretmenlerin matematiksel modelleme konusunda eğitim almaları gerektiğine vurgu yapmıştır.

P3: İlköğretim ve orta öğretim kademelerinde uygulanması gerektiğini düşünüyorum. Fakat bunun zaman alacağını düşünüyorum çünkü uzun süreden gelen bir düz anlatım tekniği öğretim kademelerinde devam ediyor. Öğrencilerin bu modele alışma süreci ve ders sürelerinin yeterli olup olmadığı da tartışılacak bir konu olabilir. Ayrıca matematiksel modelleme üzerine öğretmenlerin eğitim almaları gereklidir.

Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının '*Matematiksel modelleme etkinlikleri hangi fen alanında ve konularında daha etkili kullanılabilir?*' sorusuna verdikleri cevaplar üzerinden matematiksel modellemenin kullanımına uygun konulara yönelik görüşleri incelenmek istenmiştir. Katılımcılardan gelen dönütler doğrultusunda Fizik, Kimya, Biyoloji ve tüm konular kodları ortaya çıkarılmıştır. Bazı katılımcılar birden fazla fen alanı ve konusuna yönelik görüş bildirmişlerdir. Konular kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar Tablo 4.71'de sunulmuştur.

Tablo 4.71. Konular kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar

Kategori	Kod	f
Konular	Fizik	5
	Tüm konular	3
	Biyoloji	2
	Kimya	1

Tablo 4.71 incelendiğinde öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının çoğunluğunun (%56, f=7) fizik konularında matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımının uygun olduğunu ifade etmişlerdir. En az uygunluk bildirilen konular ise biyoloji alanında olduğu görülmektedir. Katılımcıların bir kısmı (%33, f=3) ise tüm konularda

matematiksel modelleme kullanımının uygun olduğunu beyan etmişlerdir. MM etkinliklerinin fizik konularında daha etkili kullanılabileceğini düşünen görüşmecilerden bazılarının ifadeleri şu şekildedir;

U3: Fizik alanında kullanılabilir. Çünkü az önce bahsettiğim gibi matematiğin yatkın olduğu hatta neredeyse çok benzer bulduğum için daha iyi yaklaşımlar ve sonuçlar elde edilir diye düşünüyorum.

P2: Matematiksel modelleme etkinlikleri bence fizik alanında daha etkili kullanılabilir. Çünkü fizikteki konular matematiksel olarak formüleştirmeye daha yatkın. Biyoloji konusunu matematiksel bir formül haline getirmek için konuyu çok geniş ele alıp formül düzeyine getirene kadar sınırlandırmaları çok iyi yapmak gerekiyor.

T3: Kesinlikle fizik, çünkü fizikte değişkenler daha stabil, ve model içerisinde kullanılmaya müsait, sonra kimya en az biyoloji konularında kullanımı uygundur. Bunun nedeni biyoloji konularında çok olmayabilir. Diğer dersler kıyasla fizik konularındaki değişkenleri sınırlandırmak daha kolaydır.

MM etkinliklerinin tüm konularında etkili bir şekilde kullanılabileceğini düşünen görüşmecilerin ifadeleri şu şekildedir;

T1: Matematiksel modelleme ayırım yapmadan fen derslerinin her alanında kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken problem durumunun doğru seçilmesi olacaktır.

P1: Her alanda kesinlikle kullanılabileceğini düşünüyorum sadece alan sözleştikçe mesela biyoloji gibi modelleme oluşturmak daha düşündürücü ve zor olacaktır ancak daha sayısal formüllü bir ders ise fizik gibi daha kolay bir modelleme ve çok çeşitli bir modelleme oluşacaktır.

P3: Alan ya da konu bazlı olarak bakmak yanlış olacağını diye düşünüyorum. Burada önemli olan sınıfta ya da ülkede hangi konuların öğreniminin daha sıkıntılı olduğu ve günlük hayatta karşılaşılabilecek konular olması ön plana alınmalıdır

MM etkinliklerinin biyoloji ve kimya konularında daha etkili bir şekilde kullanılabileceğini düşünen görüşmecilerin ifadeleri is şu şekildedir;

U1: Biyoloji fen konuları arasında en basiti bence. Öğrencilere modelleme bilgisini biyoloji ile verebiliriz.

T2: Biyoloji ve kimya

Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının ‘Ders kitaplarında modellemeyle ilgili etkinliklerle karşılaştınız mı?’ ve ‘Matematiksel Modellemeyi Derslerinizde kullandınız mı, kullanıyor musunuz, kullanmayı düşünüyor musunuz?’ sorularına verdikleri cevaplar üzerinden matematiksel modellemenin etkinliklerini deneyimlemelerine yönelik görüşleri incelenmek istenmiştir. Katılımcılardan gelen dönütler doğrultusunda ders kitaplarında karşılaşmadım, kullanmadım ve kullanmayı düşünüyorum kodları ortaya çıkarılmıştır. Deneyimleme kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar Tablo 4.72’ de sunulmuştur.

Tablo 4.72. Deneyimleme kategorisi ile ilgili kodlar ve frekanslar

Kategori	Kod	f
Deneyimleme	Ders kitaplarında karşılaşmadım	9
	Kullanmayı düşünüyorum	9

Tablo 4.72 incelendiğinde öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının tamamı ders kitaplarında MM etkinlikleriyle karşılaşmadığına, MM etkinliklerini daha önce kullanmadıklarına fakat kullanmayı düşündüklerine yönelik görüşler bildirmişlerdir. Öğretmen adayları ve öğretmenlerin yeterli eğitim aldıktan sonra MM etkinliklerini derslerde kullanmak istedikleri görülmektedir. Müfredatta ise MM etkinliklerinin olmadığına vurgu yapmışlardır. Deneyimleme kategorisi ile ilgili görüşlerden bazıları şu şekildedir;

P3: Matematiksel modellemeyi derslerimde kullanmadım. Fakat kendimi bu konuda iyice geliştirdikten sonra kullanmayı düşünürüm.

U1: Modellemeyi derslerimde kullanmadım. Öğrenciler için faydalı olacağını, onları zorlamayacağını düşündüğüm her konuda modellemeyi kullanabilirim.

T3: Daha önceki derslerimde kullanmamıştım. Ancak uygulamayı düşünüyorum. Şöyle uygulayabileceğimi düşünüyorum; Değişkenlerin daha stabil olduğu bir konu seçerim, örneğin, çözümlerde çözüm süresi gibi, öğrencilere ilgi duyabilecekleri bir problem durumu verilir. Öğrenciler problem durumuna göre modellerini geliştirip test edebilir

T2: Ŗu ana kadar derslerimde uygulamadım. Fakat daha basit düzeyde uygulamayı düşünüyorum. Bunun için yapılan çalışmaları öncelikli olarak takip edeceğim.

P1: Hayır kullanmadım yani tam anlamıyla aşamalarıyla kullanmadım temelde benzer sorular sorarak çocukları yönlendirmek ve düşünmelerini sağlamak için basit örneklerde bulundum. Detaylı bir eğitim sonrasında kullanmayı düşünürüm. Şuan ki bilgimin yeterli olduğunu düşünmüyorum



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmanın bu kısmında araştırmanın amaçları doğrultusunda elde edilen bulgular tartışılarak sonuçlandırılacaktır. Üç kısımdan olan tartışma ve sonuç bölümünde ilk olarak matematik ve fen eğitiminde kullanılabilecek, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun olarak geliştirilen matematiksel modelleme etkinliklerine ilişkin sonuçlar verilmektedir.

5.1. Geliştirilen Matematiksel Modelleme Etkinliklerine Yönelik Tartışma ve Sonuç

Disiplinler arası çalışmalarda kullanılabilecek etkili bir yöntem olan matematiksel modelleme ülkemizde son yıllarda çalışılmaya başlanmış olmasına rağmen henüz yeterince bir kapsam ve çeşitlilik oluşmamıştır. Bu çalışmada da, literatüre fen konuları üzerine MME ekleyerek çeşitlilik kazandırılmak ve sonraki çalışmalara zemin hazırlanmak istenmiştir. Matematik ve fen bilgisi öğretmen eğitiminde kullanılabilecek, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirerek bu konuda ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğinin giderilmesi hedeflenen bu çalışmada 6 MME oluşturulmuştur. Fizik, biyoloji, kimya ve matematiksel modelleme alanlarında uzman kişiler ile birlikte çalışarak geliştirilen bu MME'nin saha çalışması 12 fen bilgisi öğretmen adayı ile yapılmış ve MOP açısından yine uzman kişilerce değerlendirilmiştir.

Çalışmanın veri analizlerinde geliştirilen bu altı etkinliğin tamamının Model Oluşturma Prensibi, Gerçeklik Prensibi, Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi, Öz Değerlendirme Prensibi ve Model Genelleştirme Prensibi açısından uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi açısından ise etkinlikler çalışma grubuyla bir süre sonra tekrar yapılmadığından kalıcılığı test edilmemiştir. Fakat tasarlanan bu etkinliklerin çözümü için birden fazla değişkenin göz önünde bulundurulması gerektiğinden, elde edilen model benzer başka problem durumlarını yorumlamakta kullanılabilir olduğundan Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi açısından kısmen uygun olarak değerlendirilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalarda da etkili örnek prensibi açısından kapsamlı değerlendirmeler yapılmadığı fakat etkinliklerin

detaylandırıcı özellikleri nedeniyle kısmen uygun olarak değerlendirildiği görülmektedir (Deniz ve Akgün, 2016)

Koç (2020) alan yazındaki 2000-2019 yılları arasındaki matematiksel modelleme çalışmalarının meta analizini yaptığı çalışmada kullanılan etkinliklerin sadece %26'sının MOP tamamına uygun ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan 6 etkinliğin hepsinin 5 prensibe tamamen 1 prensibe ise kısmen uygun olması sonraki MOP'a uygun etkinliklerin oranını yükselteceği öngörülmektedir.

Alan yazında MME'nin çoğunlukla Öz Değerlendirme Prensibi ve Model genelleme açısından yeterince uygun olmadıkları görülmesine (Bilgili vd., 2020; Koç, 2020) rağmen bu çalışmada bu iki prensip tamamen karşılanmıştır. Çalışmanın bir ürünü olan Etkinlik Formu'nda etkinliğe dair görüşlerin aktarılması istendiği için katılımcılar sürece ilişkin fikirlerini aktarabilmektedir.

Çalışmanın bir başka boyutu olan video tabanlı modelleme görevleri tasarlama Türkçe alan yazında ilk olma özelliği taşımaktadır. Modelleme durumlarının video formatında sunulmasının interaktif, özgür, derinlemesine çalışma gibi etkileri göz önünde bulundurulmuştur (Stohlmann, 2012; Molina-Toro vd., 2019; Greefrath ve Vos, 2021). Açık uçlu ve video tabanlı etkinliklerin MOP'u karşılamakta başarılı olduğu bu çalışmada görülmüştür. Video ya da animasyon tabanlı modelleme etkililiklerinin yarı interaktif ve ya tam interaktif kullanımı, ileri geri alınabilmesi (playback), problem durumunun ifade edilmesi ve değişkenlerin manipüle edilmesi bağlamlarında fırsatlar sunmaktadır (Greefrath ve Vos, 2021). Bu çalışmada da etkinlik videoları gerek uzmanlar gerek katılımcılar tarafından sıkça playback yapılarak problem durumu ve süreci anlamlandırıldığı görülmüştür. Video temelli modelleme görevlerinin gerçek dünyaya ilişkin kanıtlar içerip içermemesine bakılmaksızın otantik özellikler taşıdığı görüldüğünden problem durumunu keşfetme olanağı sağlamaktadır (Greefrath ve Vos, 2021).

5.2. Matematiksel Modelleme Yeterliklerine Yönelik Tartışma ve Sonuç

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi amacı doğrultusunda matematiksel modelleme yeterlikleri ayrı ayrı tartışılacaktır.

5.2.1. Anlama yeterliği

Çalışmada elde edilen bulgular sonucunda tüm grupların matematiksel modelleme sürecinin anlama yeterliğinde başarılı performans sergiledikleri ortaya çıkmıştır. Literatürde de benzer şekilde MMS dahil olan bireylerin ya da grupların anlama yeterliğini gerçekleştirmede problem yaşamadıkları görülmektedir (Türker vd., 2010; Bukova-Güzel 2011; Çiltaş, 2011; Ji, 2012; Gatabi ve Abdolapour, 2013; Kol, 2014; Çakmak, 2018; Derin ve Aydın, 2020). Bu çalışmada rehber önderliğinde fark ettirerek ettim faaliyetleri ile MME üzerinde başlangıçta tartışma ortamının yapılması da problemi anlama açısından olumlu katkıda bulunduğu söylenebilir. Bununla birlikte problem durumunun temsilini çizme alt yeterliğini gruplar hiçbir etkinlikte sergilememiştir. Bunun sebebi olarak modelleme etkinliklerinin video tabanlı sunulmasının zihinsel temsili göz önüne sunması olabilir. Çünkü video temelli modelleme görevlerinin gerçek dünyaya ilişkin kanıtlar içerip içermemesine bakılmaksızın otantik özellikler taşıdığı görüldüğünden problem durumunu keşfetme olanağı sağlamaktadır (Greefrath ve Vos, 2021).

5.2.2. Basitleştirme ve yapılandırma yeterliği

Etkinlik formlarından, video kayıtlarından ve yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular, grupların problemi basitleştirme ve yapılandırma aşamasında sorunlar yaşadıklarını göstermektedir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının iki etkinlikte (MP ve RE), öğretmen gruplarının ise bir etkinlikte (MP) problem durumunu basitleştirip yapılandıramadığı ortaya çıkmaktadır. Alan yazın incelendiğinde bu çalışmaya benzer şekilde, matematiksel modelleme sürecinde katılımcıların basit sadeleştirmeler yaptığı ve bu nedenle basitleştirme ve yapılandırma yeterliklerinin düşük düzeyde olduğu vurgulanmaktadır (Blum ve Borromeo Ferri, 2009; Başkan, 2011; Şen Zeytun, 2013; Güç, 2015; Deniz ve Yıldırım, 2018).

Grupların tamamı çalışmadaki ilk etkinlik olan MP' de gerçek model aşamasında başarısız olmuşlardır. Sonraki etkinliklerde ise bu aşamayı grupların çoğunlukla yeterli performans sergileyerek geçtikleri görülmektedir. Katılımcıların matematiksel modelleme sürecine aşina olup süreci deneyimledikçe, varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme, durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleyerek isimlendirme, değişkenler arasındaki ilişkileri kurma, mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma konusunda daha başarılı oldukları sonucu ortaya çıkmaktadır. Öğretmen adaylarının rutin olmayan matematiksel modelleme problemlerini çözerken hedefi belirginleştirmede zorlandıkları yapılan çalışmalarda da belirtilmektedir (Kertil, 2008; Başkan, 2011; Derin ve Aydın, 2020). Bunun nedeni olarak öğretmen adaylarının günlük hayata ilişkin matematiksel modelleme problemlerine alışık olmamaları gerekçe olarak gösterilmektedir (Korkmaz, 2010; Başkan, 2011; Derin ve Aydın, 2020).

Yansıtıcı günlüklerin değerlendirilmesi sonucunda, yaşanan sorunların konuya yeterince hakim olamamaktan ve ilgili kavramlar arası ilişki kuramamaktan olduğu görülmektedir. Küçüközer (2010) ve Başkan (2011)' da benzer şekilde kavramların ve bunlar arasındaki ilişkiyi tam olarak kavrayamadıklarından kaynaklı problemlere değinmektedir. Güç (2015)' te bireylerin konu hakkında ayrıntılı bilgiye ve deneyime sahip olmamasının problem durumunu etkileyen değişkenleri belirlemede zorlanmasına sebep olduğu sonucuna varmaktadır.

5.2.3 Matematikselleştirme yeterliği

Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modellemenin tüm aşamalarında sorunlar yaşadıkları fakat en çok gerçek modelden matematiksel modele geçişte sorunlar yaşadıkları görülmektedir. Fen bilgisi öğretmen adayları altı etkinliğin üçünde (YE, PB, OZ) öğretmen grupları ise ikisinde (RE, PB) matematikselleştirme yeterlikleri sergileyemeyerek matematiksel model oluşturmamışlardır. Literatürde gerçek modelden matematiksel modele geçiş aşamasında sorunlar yaşandığı birçok çalışmada ortaya koyulurken (Blum ve Leiß, 2007; Kertil 2008; Blum ve Ferri, 2009; Borromeo Ferri, 2010; Türker vd, 2010; Frejd ve Ärlebäck, 2011; Güç, 2015; Çakmak, 2018) matematiksel modelleme sürecinde en

çok problemin gerçek modelden matematiksel modele geçme aşamasında ve matematikselleştirme yeterliğinde görüldüğünü vurgulayan çalışmalar (Stillman, 2006; Biccard ve Wessels, 2011; Gatabi ve Abdolapour, 2013; Çakmak, 2018) bu çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Matematik öğretmenleri ile işbirliği yapılarak bu aşamada bir konsensüs oluşturularak disiplinlerarası çalışma yapmanın etkili olduğu ortaya konmuştur (Gürbüz ve Doğan, 2019).

Bu çalışmada görüldüğü üzere matematiksel modelleme süreç tecrübeleri artan grupların gerçek modele ulaştıktan sonra matematiksel modele ulaşmakta sorun yaşamadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Problem durumuna yönelik ilgili değişkenleri ve varsayımları belirleyerek bunlar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan katılımcılar problem durumunu matematikselleştirebilmektedirler. Fen bilgisi öğretmen adaylarının son etkinlikte (YE) öğretmen gruplarının ise son iki etkinlikte (OZ, YE) matematikselleştirme yeterliklerini başarılı bir şekilde sergiledikleri görülmektedir. Çakmak (2018) da çalışmasında, bir değişken belirleyerek tahminde bulunan öğretmen adaylarının tamamının matematikselleştirme yeterliğini gerçekleştirdiği sonucuna ulaşmıştır. Başlangıçta matematikselleştirme yeterliğini gerçekleştiremeyen öğretmen adaylarının MMS boyunca bu yeterlikte başarılı oldukları alan yazındaki başka çalışmalarda da görülmektedir (Kertil, 2008; Biccard ve Wessels, 2011; Çiltaş, 2011; Ji, 2012; Güç, 2015; Kaiser ve Brand, 2015). Yapılan gözlemler ve yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular doğrultusunda, grupların matematikselleştirme aşamasında yetersiz olma nedeninin problemi doğrudan çözme eğiliminden kaynaklandığı söylenebilir. Benzer şekilde, Başkan (2011) ve Dede ve Yılmaz (2016) öğrencilerin varsayımlarda bulunmak yerine daha çok bazı sayıları tahmin ettiklerini belirlerken, Çakmak (2018) ise öğretmen adaylarının genellikle durumu etkileyen değişkenlere bir değer verdiklerini tespit etmiştir. Bununla birlikte bir önceki aşamada yaşanan sorunlar bu aşamayı da etkilemektedir. Öğretmen adayları ya da öğretmenler ilgili değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri yeterince ortaya koyamadıkları durumlarda matematikselleştirme aşamasında başarısız olmaktadır (Başkan, 2011; Çakmak, 2018; Deniz ve Yıldırım, 2018; Derin ve Aydın, 2020).

5.2.4. Matematiksel çalışma yeterliği

Bu çalışma özelinde matematiksel çalışma yeterliğine yönelik değerlendirme yapıldığında fen bilgisi öğretmen adaylarının tek etkinlikte (KA), öğretmen gruplarının ise matematikselleştirme aşamasını geçtikleri üç etkinliğin ikisinde (OZ ve KA) matematiksel çalışma yeterliğinde sorun yaşamadıkları görülmektedir. Öğretmen gruplarının bir etkinlikte (YE) matematikselleştirme aşamasını geçtikten sonra matematiksel çalışma yeterliliğinde başarısız oldukları görülmektedir. Genel olarak bakıldığında, öğretmen adaylarının ve ya öğretmenlerin matematiksel çalışma yeterliklerini başarılı bir şekilde sergiledikleri başka çalışmalarda da ortaya çıkmaktadır (Biccard ve Wessels 2011; Kaiser ve Brand, 2015; Çakmak, 2018).

Yapılan gözlemler ve yansıtıcı günlüklerin incelenmesi sonucunda, matematiksel çalışma aşamasında katılımcıların başarısız olma nedenlerinin birimleri belirleme ve birimleri dönüştürmede dikkatsiz davranıldığından kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu sonuç Obaidat ve Malkawi (2009)' nin ve Başkan (2011)' nin çalışmalarıyla örtüşmektedir. Özellikle ölçü birimlerinin (gr --> kg, vb.), ve değişken birimlerinin ($d_{su}=1\text{gr/cm}^3$, $g=10\text{m/s}^2$ vb.) problemin matematiksel çözümünde önemli yer tuttuğu ve üzerinde durulması gereken hususlar olduğu söylenebilir. Ayrıca fen bilgisi öğretmenleri ve öğretmen adaylarının logaritma, üstel fonksiyonlar ve benzeri matematiksel bağlamlara yeterince hakim olamamaları ve matematiksel işlem becerilerindeki eksiklikler matematiksel işlemler aşamasında sorunlar yaşamasına neden olduğu da bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır. Örneğin, grup üyelerinden T3 logaritmik işlemler için tecrübesinin olmadığını ifade ederken, T2 ise matematiksel işlemlerde oldukça zorlandığı yönünde ifadeler kullanmışlardır.

Başkan (2011)' da fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptığı matematiksel modelleme çalışmasında fizik derslerinde matematiksel ifadeleri kullanmalarında ve matematiksel işlemleri yürütmelerinde temel matematik bilgilerine yönelik türev, diferansiyel, trigonometri gibi konularda eksik noktalarının olduğunu bulmuştur. Fakat bu çalışmada da görüldüğü üzere Excel, bilgisayar tabanlı hesaplama programları ve benzeri teknolojik araçların kullanımının katılımcıların matematiksel işlem becerilerindeki eksikliklerinin giderilmesine yardımcı olmaktadır. Teknoloji kullanımının matematiksel işlemler yeterliğine ve dolayısıyla matematiksel modelleme yeterliklerine önemli bir

katkısı olduğu benzer çalışmalarda da ifade edilmektedir (Stohlmann, 2012; Molina-Toro vd., 2019; Guerrero-Ortiz, 2021).

5.2.5. Yorumlama yeterliği

Bu araştırmada matematiksel çalışma aşamasını başarılı bir şekilde tamamlayan grupların yorumlama aşamasında sıkıntı yaşamadıkları sonucu ortaya çıkmaktadır. Fenin doğası gereği ve problem durumlarının gerçek yaşam bağlamının güçlü olması dolayısıyla fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin gerçek sonuçlara aşinalığı bu durumun sebebi olarak düşünülebilir. Bu sonuca paralel olarak Güç (2015), gerçek bağlam ile ilgili yeterince tecrübeye sahip fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin elde ettikleri matematiksel sonuçları gerçek bağlamda yorumlama eğilimine girmekte olduğunu ifade etmektedir. Matematiksel modellemeyi deneyimleyen bireylerin matematiksel sonuçları gerçek dünyaya yorumlamakta zorlandıklarını vurgulayan çalışmalar mevcut olsa da (Maaß, 2006; Özer-Keskin, 2008; Türker vd., 2010; Bukova-Güzel, 2011; Çiltaş ve Işık, 2013), bu çalışmada elde edilen sonuçların matematiksel modellemeye yönelik deneyimin, elde edilen sonuçların gerçek yaşamda ne anlama geldiğini sorgulamada etkili olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar (Blum, 2011; Tekin-Dede ve Yılmaz, 2013; Güç, 2015; Çakmak, 2018) ile örtüşmektedir.

5.2.6. Doğrulama yeterliği

Tekin-Dede ve Yılmaz (2013) öğretmen adaylarının matematiksel modelleme döngüsünü takip ederek MME üzerinde çalışmalarını sağlamanın, doğrulama yeterliğini ortaya çıkardığını ifade etmektedir. Alan yazında MMS içerisinde bulunan birey veya grupların en zorlandıkları aşama ve yeterlik doğrulama olarak görülen birçok çalışma mevcuttur (Özer-Keskin, 2008; Tipi, 2009; Bukova-Güzel ve Uğurel, 2010; Başkan, 2011; Biccadd ve Wessels, 2011; Ji, 2012; Gatabi ve Abdolahpour, 2013; Çakmak, 2018). Bu çalışmalarda doğrulama aşamasındaki yetersizliklerin sebeplerden bazıları MM öğrenme ortamının tasarımı, MM eğitiminin süresi, MME'nin farklı çözüm yollarına fırsat verecek yapıda olmaması olarak özetlenmektedir. Yine bu çalışmaların sonuçları incelendiğinde, bu aşamanın öğretmen adayları tarafından çok fazla

önemsenmemesi, zor ve karmaşık olarak algılanması, kısa tutulması, problemi çözmek için farklı yollar düşünme yeterliği sergilenmemesi, bir matematiksel modeli oluşturmak zor olduğundan ikinci bir model için istek duyulmaması da doğrulama aşamasındaki yetersizliklerin nedenleri olarak vurgulanmaktadır.

Bu araştırmada ise matematiksel çalışma aşamasını başarılı bir şekilde tamamlayan grupların yorumlama aşamasındakine benzer şekilde doğrulama aşamasında da sıkıntı yaşamadıkları sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuç açısından literatürden farklılık göstermektedir. Güç (2015) yaptığı çalışmada öğretmen adaylarının doğrulama alt yeterliklerinde kısmen gelişme olduğunu tespit etse de bu gelişimin istenilen seviyede olmadığını belirtmektedir. Çalışmada, literatürün aksine doğrulama aşamasında yeterli performans gösterildiğinin nedenlerini grupların çalışmaları ve yansıtıcı günlüklere aktardıkları görüşleri üzerinden incelediğimizde bazı faktörler ön plana çıkmaktadır. Bunlardan bir tanesi MM ortamına etkinlik konusunda uzman kişilerin ajan olarak dâhil edilerek ortamın tasarlanması olduğu söylenebilir. Örneğin, tüm grupların doğrulama aşamasına kadar ilerleyip sürecin tamamını başarılı bir şekilde tamamladığı KA'da P2 kodlu öğretmenin yansıtıcı günlüğüne aktardığı '*Modelimizi oluşturduk doğruluğunu test ettik her şey mükemmel. Ama sevgili hocamızın hep bir sorusu vardı, sorular doğrultusunda hemen hesaplamaları yapıp yine bizim için en doğru olan modellemeyi yaptık ve test ettik doğrudu*' ifadesinde konu ajanının sorduğu sorularla modeli sorgulamaya teşvik ettiği anlaşılmaktadır. Ajanın sorularının açık uçlu ve sorgulamaya yönelik olduğuna örnek ise YE etkinliğinde 120m² taban alanına sahip bir eve 1666 kişinin sığabileceğini hesapladıklarında ajan gerçek hayatta mümkün olabildiğini sorarak grubun tekrar süreci gözden geçirmesine sebep olmuştur. Yapılan çalışmalarda doğrulama aşamasındaki yetersizliklerin sebeplerden MM öğrenme ortamının tasarımı olduğu ifade edildiği göz önünde bulundurulduğunda konu uzmanının sürece dâhil olup katılımcılarla birlikte hareket etmesinin sağlanması bu yeterliğin gelişmesinde etkili olduğu söylenebilir.

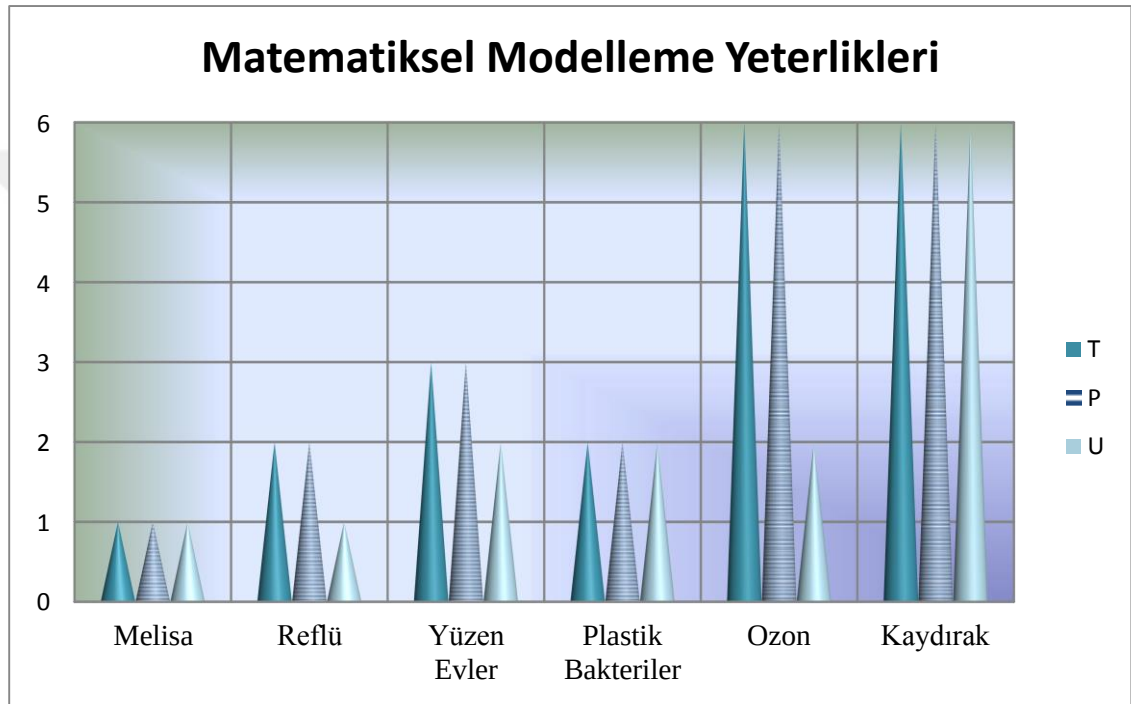
Matematiksel modelleme karmaşık ve uzun süreli çalışmalardır. Bu çalışmada katılımcılara süre sınırı konulmayarak gerektiğinde detaylı araştırmalar yapılması, internet araçlarının kullanılması, uzun süreli tartışmalar içinde olunması teşvik edilmiştir. Gerek haftalarca süren bir sürece dahil olmaları gerek ise her etkinlik için

zaman sınırlaması olmaması, doğrulama aşamasındaki yetersizliklerin sebeplerden olan MM eğitiminin süresi, problemi çözmek için farklı yollar düşünme yeterliği sergilenmemesi, kısa tutulması ve isteklilik eksikliklerinin etkenlerini pozitive çevirdiği düşünülebilir. Örneğin, U2 kodlu katılımcı KA etkinliğine yönelik görüşlerinde *‘Sonra yine birçok formül denedik ama yine istediğimiz sonuçlara ulaşamıyorduk ve yorulmuştuk da o yüzden biz de etkinliğimizi bir sonra ki gün yapmaya karar verdik, Diğer gün daha kapsamlı araştırmalar yapmıştık elimizde daha fazla bilgi vardı konuyla ilgili.’* ifadesiyle dinlenerek daha fazla araştırma yapma şansı yakaladıklarını ima etmektedir.

Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin yeterli performans sergileme nedenlerinden birisi de etkinliklerin yapısından kaynaklı olduğu iddia edilebilir. MOP’ ne uygun olarak tasarlanan etkinliklerin gerçek yaşam bağlamlarının güçlü, video tabanlı ve herhangi bir yönerge içermeden yapılandırılmamış olması matematiksel sonuçların gerçek sonuçlara ilişkilendirilmesinde rol almakta olduğu söylenebilir. Örneğin, tüm grupların başarılı performans sergiledikleri KA’da hiçbir sayısal veri olmamakla birlikte katılımcılar problem durumunu ve süreci kendileri yapılandırmışlardır. Bu etkinlikte yansıtıcı günlüklerden elde edilen bilgilerden de görüldüğü üzere videoyu tekrar tekrar izleyip kendi sonuçları ile karşılaştırma yaparak modellerini test etme girişimlerinde bulunulmuştur. T3 kodlu katılımcının KA’da *‘Ortaya çıkan değer videoda izlediğimiz hareketin sonlanması sırasında meydana gelen süreye yakındı (6,6 saniye) Daha sonra aynı model ilk hız 2m/s olan sporcu içinde hesaplandı ve benzer bir sonuç ortaya çıktı (6,5saniye) elde edilen verilen videoda izlediğimiz olay için uygun görünüyordu’* şeklindeki ifadesi bu iddiaları desteklemektedir.

Şekil 5.1’ de tüm etkinliklere ilişkin grupların yeterlikleri sunulan grafik göz önüne alındığında fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin anlama yeterliklerinde en iyi performans sergiledikleri görülmüştür. Katılımcılar basitleştirme ve yapılandırma yeterliğinde, yani değişkenleri belirleme, problemi sadeleştirme ve ilgili varsayımları belirleme süreçlerinde zorlanmışlardır. Bu çalışmada matematiksel sonuçlara geçiş yapabilen öğretmen adaylarının tamamının gerçek sonuçlara geçiş yapabildiği tespit edilmiştir. Özellikle son iki etkinlikte (OZ, KA) grupların performansları göz önüne

alındığında fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel sonuçlardan gerçek sonuçlara geçiş yaparken sorun yaşamadıkları sonucuna varılmaktadır. Grupların problem durumlarını anlamakta güçlük çekmedikleri fakat gerçek modele ulaşmada sorunlar yaşadıkları görülürken, gerçek modele ulaşabildiklerinde ise gerçek sonuçlara kolaylıkla ulaşabildikleri görülmektedir. Matematiksel modellemeye yönelik deneyimin, elde edilen sonuçların gerçek yaşamda ne anlama geldiğini sorgulamada etkili olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.1. Matematiksel modelleme yeterlikleri grafiği

Grupların tüm süreç boyunca matematiksel modelleme basamaklarındaki ilerlemeleri incelendiğinde ilk etkinlik olan Melisa Projesi'nde tüm gruplar 1. aşama olan anlama aşamasında kalırken, son etkinlik olan Kaydırak'ta tüm gruplar 6. aşama olan doğrulama aşamasına kadar ilerleyebilmişlerdir. Ozon ve Kaydırak etkinliklerinde ilerlemeler göz önünde bulundurulduğunda matematikselleştirme aşamasına gelen grupların sonraki aşamaları da geçtiği ve matematiksel modelleme döngüsünü tamamladıkları görülmektedir. Matematiksel modele geçiş yapabilen grupların matematiksel sonuçlara geçiş yapabildiği, matematiksel sonuçlara geçiş yapan grupların ise gerçek sonuçlara kadar ilerleyebildiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çalışmada ulaşılan diğer önemli bir sonuç ise, öğretmen adaylarının hem farklı modelleme durumlarında farklı modelleme döngülerine ve çözüm sürecine sahip oldukları, hem de modelleme döngülerinin bireysel olarak birbirlerinden farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, Blum ve Leiß (2007), Blum ve Borromeo Ferri (2009) ve Matsuzaki (2011) tarafından da belirlenmiştir. Bu farklılığın nedeni ise Matsuzaki (2011) tarafından “Matematiksel modelleme sürecinde, her bireyin gerçek ve matematiksel deneyimlerinin birbirlerinden farklı olduğu için modelleme durumuna yaklaşımları, çözüm süreçleri ve sonuçları birbirinden farklılaşmaktadır” şeklinde açıklanmıştır.

Gruplar açısından süreç değerlendirildiğinde öğretmen gruplarının öğretmen adaylarından daha iyi performans sergiledikleri görülmektedir. Deneyimli öğretmen ve yeni mezun öğretmen gruplarını ele aldığımızda ise iki grubun da etkinliklerin tamamında aynı performanslar sergiledikleri ortaya çıkmaktadır.

Konu alanları göz önünde bulundurulduğunda ise Biyoloji etkinliklerinde gruplar en düşük performans sergilerken fizik etkinliklerinde ise en yüksek performansları sergilemişlerdir. Kimya konularında öğrendiklerinin anlamlı ve kalıcı bir öğrenme sürecinden geçmemesinden kaynaklı olduğu görülmektedir. Günlük hayata ilişkin problem durumlarıyla yeterince karşılaşmadıkları anlamı çıkmaktadır. U1 ve U2 kimya konularında eksikliklerinin olduğunu, konuları hatırlamakta zorlandıklarını ve bu yüzden de matematiksel modelleme sürecinde sorun yaşadıkları görüşünü bildirmektedirler. T3, lisans eğitiminde edindiği kimya ile ilgili bilgileri meslek hayatında kullanmadığı için hatırlamakta zorluk yaşadığını şu şekilde ifade etmektedir; P2 ise konu ile ilgili lisans düzeyindeki kavram ve formülleri daha sonraları kullanmadığını belirtmektedir; U grubundan U1 ve U2 ise benzer ifadelerle kimya konularını kullanmadığı için hatırlayamadığını ve bu yüzden de gerçek modele ulaşmada sorun yaşadığını söylemektedir.

Yapılan gözlemler ve yansıtıcı günlüklerden elde edilen bulgular doğrultusunda matematiksel modelleme sürecinde yeterliklerin sergilenmesinde karşılaşılan sorunların aşağıdaki belirtilen nedenlerden kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır;

- 1) Grupların problemi doğrudan çözmeye eğiliminde olmaları.

- 2) Konu ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmamaları.
- 3) Çok fazla sadeleştirmeye gidilmesi
- 4) Kavramlar arası ilişkileri kurulamaması
- 5) Değişkenleri belirleme, sınırlandırma ve değişkenler arasındaki ilişkileri kurma
- 6) Duyuşsal açıdan yaşadıkları

Araştırma sürecinde fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerindeki gelişimin aşağıda belirtilen etkenlerden kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır;

- 1) Grup Çalışması
- 2) Etkinliklerin yapısı
- 3) Destek
- 4) Konu üzerinde detaylı araştırma
- 5) Matematiksel modelleme süreç bilgisi
- 6) Uzun süreli çalışma
- 7) Teknoloji kullanımı
- 8) Süre kısıtlamasının olmaması

5.3. Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşlere İlişkin Tartışma ve Sonuç

Matematiksel modelleme sürecinde tüm etkinlikleri deneyimleyen katılımcılar ile yapılan görüşmelerden elde edilen bulgular içerik analizi ile belirlenen temalar doğrultusunda tartışılıp sonuçlandırılacaktır.

5.3.1. Matematiksel modelleme algısına yönelik görüşler

Başlangıçta matematiksel modellemeyi hakkında yeterince bilgisi olmayan katılımcıların tamamının süreç sonunda matematiksel modellemeye yönelik düşüncelerinde değişim meydana gelmiştir. Bu değişim, matematiksel modellemeyi matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurma, bir durumu matematiksel formüle dönüştürme, matematiksel olarak ifade etme ve değişkenleri göz önünde bulundurarak pratik bir şekilde ifade etme şeklinde gerçekleşmiştir. Matematiksel modelleme süreci

içerisinde öğretmen adaylarının ve öğretmen gruplarının MM' ye karşı farkındalıkları, bilgileri ve becerilerinin arttığı söylenebilir.

5.3.2. Matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik görüşler

Katılımcıların matematiksel modelleme yeterliklerine yönelik görüşlerinden de anlaşıldığı üzere matematiksel modelleme yapılacak konuya ilişkin bilgi sahibi olması problemi anlamak, konu ile ilgili kavramlara ve değişkenlere hakim olmak problem durumunu sadeleştirmek için önemli bir yeterlik olarak görülmektedir. Fizik, Kimya, Biyoloji ve Matematik konularındaki alan yeterliklerindeki eksiklikler ve yetersizlikler modelleme sürecini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca matematiksel işlem becerilerinin de özellikle matematikselleştirme ve matematiksel çalışma basamakları için önemli olduğu düşüncesi ortaya çıkmaktadır. Matematiksel modelleme bilgisinin de sürecin işleyişini kavramak için gerekli olduğu ve çalışmalarda matematiksel modelleme eğitimi verilmesinin önem arz ettiği söylenebilir.

5.3.3. Matematiksel modellemenin fen öğretimine katkılarına yönelik görüşler

Katılımcıların matematiksel modellemenin Fen öğretimine yönelik ifadelerinden de anlaşıldığı üzere matematiksel modelleme MEB (2018)' in Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın temel amaçları ve Fen Öğretim Programı'ndaki alana özgü becerileri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Öğretmenler ve öğretmen adayları MM' nin öğrencilerin günlük yaşam sorunlarına ilişkin sorumluluk alınmasını ve bu sorunları çözmede fen bilimlerine ilişkin bilgi, bilimsel süreç becerileri ve diğer yaşam becerilerinin kullanılmasını sağladığı yönünde görüşlerde bulunmuşlardır.

5.3.4. Matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımına yönelik görüşler

Yapılan görüşmelerin içerik analizi sonucunda Fen bilgisi öğretmenleri ve öğretmen adayları matematiksel modellemenin fen eğitiminde kullanımı için bazı koşulların olduğu yönünde fikir beyan ettikleri görülmektedir. Katılımcıların ifade ettiği MM etkinliklerinin öğrenci seviyesine uygun olması, günlük hayata ilişkin konulardan seçilmesi, grup çalışması ile yapılması, geniş zamana yayılması ve öğretmenlere hizmet

içi eğitim verilmesi gibi koşulların matematiksel modelleme etkinliklerinde olması gereken özellikler ve prensipler (Lesh, 2000) ile aynı doğrultuda olduğu belirlenmiştir.

5.3.5. Matematiksel modelleme etkinliklerini deneyimlenmesine yönelik görüşler

Fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının MME'nin fizik konularında kullanımının daha etkili olduğunu düşündükleri görülmektedir. Fizik konularında formüllerin ve değişkenlerin daha belirgin olması, böylelikle basitleştirme – sadeleştirmenin daha kolay algılanması nedeniyle fizik konularının MME için daha uygun olduğu kanısı oluşmaktadır. Biyoloji konularında MME' nin etkin bir şekilde kullanılması için biyoloji alan bilgisine oldukça hakim olunması gerektiği görüşmecilerin ifadelerinden anlaşılmaktadır. Kimya konularının ise öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının MME' nin kullanımında en az etkili olunacağı düşünülmektedir. Tüm fen konularında MME' nin etkili bir şekilde kullanılabileceği konusunda katılımcılar önemli olanın konu değil problem durumu olduğu ve günlük hayata ilişkin konuların seçilmesi gerektiği fikirler öne sürmüşlerdir. Ayrıca yapılan görüşmeler sonucunda Fen Bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının MME'ni derslerinde uygulamaya istekli oldukları, bunun için öğretmenlere MM eğitimi verilmesi gerektiği konusunda fikirlerini paylaşmışlardır. Fen Eğitimi Öğretim Programında fen eğitiminin özel amaçları içerisinde bulunan disiplinler arası çalışmalar yapabilme yeterlikleri ve amaçlarına vurgu yapmasına rağmen ders kitaplarında disiplinler arası çalışmalar için temel oluşturan MM etkinliklerinin yer edinmediği görülmektedir.

6. ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırma kapsamında oluşturulan öneriler üç amaç doğrultusunda sunulmuştur.

6.1. MME Geliştirme Çalışmaları İçin Öneriler

- 1) Fen alanında matematiksel modelleme çalışmalarının sınırlı sayıda olması fene yönelik MME’ nde sınırlı olduğu anlamını taşıdığından dolayı daha fazla MOE tasarım çalışmaları yapılması önerilebilir.
- 2) Teknolojinin eğitim alanlarında kullanımı pandemi sürecinde daha önemli hale geldiği görülmektedir. Dijitalleşen dünyada dijital araçların geleneksel araçlarla birlikte ya da geleneksel araçların yerine kullanılacağı kaçınılmazdır. Bu bağlamda matematiksel modelleme çalışmalarında da dijital araçların kullanımının artacağı öngörülebilir. MME’ nin zenginleştirilmiş medya araçları vasıtasıyla tasarlanmasının ve sunulmasının yaygınlaştırılması önerilebilir. Gelecekte önemli bir yer edinmesi beklenen metaverse, artırılmış gerçeklik ve benzeri teknolojik ortamlarla MME tasarlanabilir.
- 3) Bu çalışmada asgari lisans düzeyinde MME tasarlanmıştır. Her düzeyde benzer çalışmaların yapılması ve alan yazına MME açısından katkı yapılması önerilebilir.
- 4) Fene yönelik matematiksel modelleme çalışmaları kısıtlı olduğundan dolayı fen eğitiminde matematiksel modelleme etkinliklerinin değerlendirilmesi için literatürdeki mevcut değerlendirme yaklaşımları geliştirilebilir.
- 5) Akademisyenlerle çalışmalar yapılarak lisansüstü ve üzeri düzeyde kullanılabilir MME tasarlanabilir.

6.2. Matematiksel modelleme yeterliklerini incelemek için öneriler

- 1) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin, basitleştirme ve yapılandırma yeterliğinde ve matematikselleştirme aşamasında sorunlar

yaşadıkları görüldüğünden, bu yeterlik ve aşama doğrultusunda kısmi yaklaşım kullanılarak yeterliklerinin geliştirilmesi önerilebilir.

- 2) Fen eğitiminde MM kavram yanlışlarını ortaya çıkarmaya ve gidermeye yardımcı olduğu görülmektedir. Kavram yanlışlarını tespit etmek ve gidermek için MM kullanılabilir.
- 3) Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme konusunda bilgilendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yürütülecek olan hizmet içi eğitim seminerleri ile sadece matematik alanında değil diğer branşlarda da disiplinler arası ve matematiksel modelleme çalışmalarının tanıtılabileceği, hizmet öncesi öğretmen eğitiminde ise oluşturulacak dersler ile disiplinler arası ilişkilendirme ve matematiksel modelleme etkinlikleri hakkında öğretmen adaylarının bilgilendirilebileceği önerilmektedir.
- 4) Fen alanında matematiksel modelleme çalışmaları yok denecek kadar azdır. Daha fazla matematiksel modelleme çalışmasının yapılması ve akademisyenlerin derslerinde matematiksel modelleme kullanımı teşvik edilmelidir.
- 5) Fen alanında MM çalışmaları incelendiğinde yapılan çalışmaların fizik konularında olduğu görülürken biyoloji ve kimya konularında tüm düzeylerde neredeyse hiç çalışma yapılmamıştır. Bu yüzden farklı fen konu alanlarında matematiksel modelleme çalışmalarının yapılması önerilebilir.
- 6) Fen bilgisi öğretmenlerinin matematiksel modelleme sürecinde yeterlikleri sergilemede öğretmen adaylarına nazaran daha iyi olduğu bu çalışmada görülmektedir. Modelleme çalışmalarının fen bilgisi öğretmenlerine tanıtılarak deneyimlendirilmesi pratik açıdan daha olumlu sonuçlar doğuracağı öngörüldüğünden dolayı hizmet içi uygulamaları ile matematiksel modelleme eğitiminin vermesi önerilebilir.
- 7) Farklı disiplinlerden, örneğin fen ve matematik, fen ve sınıf öğretmenleri, öğrenci ve öğretmen grupları bir araya getirilerek matematiksel modelleme çalışmalarının yapılması teşvik edilmesi önerilebilir.

- 8) Fen bilgisi öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin matematiksel modelleme yeterliklerini belirlemek amacıyla farklı ölçme ve değerlendirme çalışmaları yapılması önerilebilir. Özellikle nicel çalışmak isteyen araştırmacılar için matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeği geliştirilmesi önerilebilir.
- 9) Fen eğitimi alanında lisan üstü matematiksel modelleme derslerinin verilmesi eğitim sahasında disiplinler arası çalışma bilgisi ve becerisi kazanmış öğretmenlerin sayısını artıracığından dolayı yüksek lisans ve doktora düzeyinde matematiksel modelleme eğitimi derslerinin vermesi önerilebilir.

6.3. Matematiksel Modellemeye Yönelik Görüşler İçin Öneriler

- 1) Fen alanında yapılacak MM çalışmalarında farklı konu uzmanları akademisyenler ile işbirliği yapılarak akademisyenlerin matematiksel modelleme sürecine yönelik görüşlerinin ortaya çıkarılması önerilebilir.
- 2) İlkokul, ortaokul ve lise düzeyinde fen derslerinde matematiksel modellemeye yönelik öğrencilerin görüşlerinin elde edilmesini amaçlayan çalışmaların yürütülmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akgün, L., Çiltaş, A., Deniz, D., Çiftçi, Z., ve Işık, A. (2013) “İlköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme ile ilgili farkındalıkları”, *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12, 1-33.
- Albayrak, E., ve Çiltaş, A. (2017) “Türkiye’de matematik eğitimi alanında yayınlanan matematiksel model ve modelleme araştırmalarının betimsel içerik analizi”, *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2017(9), 258-283.
- Anhalt, C. O., and Cortez, R. (2016) “Developing understanding of mathematical modeling in secondary teacher preparation”, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19, 523-545.
- Antonius, S., Haines, C., Jensen, T. H., Niss, M., and Burkhardt, H. (2007) “Classroom activities and the teacher”, In *Modelling and applications in mathematics education*, Springer, Boston, 295-308.
- Aztekin, S., ve Taşpınar Şener, Z. (2015) “Türkiye’de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: Bir meta-sentez çalışması”, *Eğitim ve Bilim*, 40(178), 139-161.
- Baki, A. (2018) *Matematiği öğretme bilgisi*, Pegem Akademi, Ankara.
- Bal, A. P., ve Doğanay, A. (2014) “Sınıf öğretmenliği adaylarının matematiksel modelleme sürecini anlamalarını geliştirmeye yönelik bir eylem araştırması”, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1363-1384.
- Başkan, Z. (2011) ‘Doğrusal ve düzlemde hareket ünitelerinin matematiksel modelleme kullanılarak öğretiminin öğretmen adaylarının öğrenmelerine etkileri.’, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon
- Berry, J. S., and Houston, S. K. (1995) *Mathematical modelling*, Edward Arnold, London.
- Bilgili, S., Öndeş, R. N., ve Çiltaş. (2020) “Matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme etkinliklerini oluşturma ve çözme süreçlerinin incelenmesi. *Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 5(1), 90-108.
- Biccard, P. (2010) “An investigation into the development of mathematical modelling competencies of grade 7 learners”, Master’s Dissertation, *University of Stellenbosch*, Stellenbosch.
- Biccard, P., and Wessels D. C. J. (2011) “Documenting the development of modelling competencies of grade 7 mathematics students” In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*. Springer. New York, 375-383

- Blomhøj, M. (2009) “Different perspectives in research on the teaching and learning mathematical modelling” Categorising the TSG21 papers. In M. Blomhøj and S. Carreira (Eds.), *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics. IMFUFA Roskilde University*, Roskilde, 1-17.
- Blomhøj, M., and Jensen, T. H. (2003) “Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning”, *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22(3), 123-139.
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2007) “What's all the fuss about competencies?” In W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn and M. Niss (Eds.), *Modeling and applications in mathematics education (ICMI 14)*, *Springer*, New York, 45–56
- Blomhøj, M., ve Kjeldsen, T. H. (2006) “Teaching mathematical modelling through project work”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 163-177.
- Blum, W. (2002) “ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education - Discussion document”, *Educational Studies in Mathematics*, 51, 149-171.
- Blum, W. (2011) “Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research”, In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*, *Springer*, New York 15-30
- Blum, W., and Borromeo Ferri, R. (2009) “Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? ”, *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1) 45-58.
- Blum, W., and Leiß, D. (2007). “How do teachers deal with modeling problems?” In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling Education, engineering and economics (ICTMA 12)*, *Horwood Publishing*, Chichester, 222–231
- Blum, W., and Leiß, D. (2008) Investigating quality mathematics teaching – the DISUM project. In C. Bergsten, and B. Grevholm (Eds.), *Developing and Researching Quality in Mathematics Teaching and Learning, Proceedings of MADIF 5*. Linköping, 3–16
- Borromeo Ferri, R. (2006) “Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86-95.
- Borromeo Ferri, R. (2007). “Modelling problems from a cognitive perspective”, In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): Education, engineering and economics*, *Horwood*, Chichester, 260–270
- Borromeo Ferri, R., (2010) “On the influence of mathematical thinking styles on learners’ modeling behavior”, *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 99-118.

- Borromeo Ferri, R. (2011) “Effective mathematical modelling without blockages-a commentary”, In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*, **Springer**, New York, 181-185
- Borromeo Ferri, R. (2012) “Mathematical thinking styles and their influence on teaching and learning mathematics”, **12. International Congress on Mathematical Education**. Seoul,.
- Borromeo Ferri, R. (2018). Theoretical competency: for your practical work. In learning how to teach mathematical modeling in school and teacher education, **Springer**, Cham, 13-39
- Bowen, G. A. (2009), “Document analysis as a qualitative research method”, *Qualitative research journal*, 9(2), 27-40.
- Brand, S. (2014) “Effects of a holistic versus an atomistic modelling approach on students’ mathematical modelling competencies.” *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA 36*, Vancouver, 185-191.
- Brown, J. P. (2015). “Visualisation tactics for solving real world tasks”. In mathematical modelling in education research and practice, **Springer**, Cham, 431-442
- Bukova Güzel, E. (2011) “An examination of pre-service mathematics teachers’ approaches to construct and solve mathematical modeling problems”, *Teaching Mathematics and Its Applications*, 30(1), 19-36.
- Bukova Güzel, E. (2019). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme, **Pegem Akademi**, Ankara.
- Bukova Güzel, E., ve Uğurel, I. (2010) “Matematik öğretmen adaylarının analiz dersi akademik başarıları ile matematiksel modelleme yaklaşımları arasındaki ilişki”, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(1), 69-90.
- Creswell, J. W. (2003) Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. (2nd ed.), **Sage**. Thousand Oaks.
- Creswell, J. W., and Miller, D. L. (2000). “Determining validity in qualitative inquiry”, *Theory into Practice*, 39, 124–130.
- Çakmak, Z. (2018). “Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçlerinin bilişsel açıdan incelenmesi”. Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Çevikbas, M., Kaiser, G., and Schukajlow, S. (2021) “A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering”, *Educational Studies in Mathematics*, 1-32.

- Çiltaş, A. (2011) “Dizi ve seriler konusunun matematiksel modelleme yoluyla öğretiminin ilköğretim matematik öğretmenleri adaylarının öğrenme ve modelleme becerileri üzerine etkisi” Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Çiltaş, A. ve Işık, A. (2013) “The effect of instruction through mathematical modelling on modelling skills of prospective elementary mathematics teachers”, *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(2), 1187-1192.
- Çoksöyler, A., ve Bozkurt, G. (2021) “Bilişsel perspektif bağlamında matematiksel modelleme süreci: altıncı sınıf öğrencilerinin deneyimleri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (52), 480-502.
- Dede, A., ve Bukova Güzel, E. (2013) “Matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarım süreçleri ve etkinliklere yönelik görüşleri”, *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 2(1), 300-322.
- Dede, A. T. ve Yılmaz, S. (2015) “6. sınıf öğrencilerinin bilişsel modelleme yeterlikleri nasıl geliştirilebilir? ”, *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education*, 4(1), 49-63.
- Deniz, D. (2018) “Matematik öğretim programında yer alan değerler eğitime yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi”, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 678-705.
- Deniz, D., ve Akgün, L. (2016) “Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarım prensiplerine uygun etkinlik tasarlayabilme yeterlikleri”, *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-14.
- Deniz, D., ve Akgün, L. (2018) “İlköğretim matematik öğretmenleri adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin ”, *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 294-312.
- Deniz, D., ve Yıldırım, B. (2018). “Fen bilgisi öğretmenleri adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*”, 6(STEMES’18), 87-93.
- Derin, G. ve Aydın, E., (2020) “Matematik öğretmenleri eğitiminde STEM-matematiksel modelleme birlikteliğinin problem çözme ve modelleme becerilerine etkisi”, *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 93-121.
- Doerr, H. M. (2007) “What knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modeling?”, In W. Blum, P.L. Galbraith, H. W. Henn, and M. Niss (Eds.), *Modeling and Applications in Mathematics Education (ICMI 14)*, Springer, New York, 69–78.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z. ve Şahin, S., (2019). “STEM eğitime geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme”. R. Gürbüz ve M. F. Doğan (Ed.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı. Pegem Akademi*, Ankara, 43-56.

- Doruk, B. K. (2010) “Matematiği günlük yasama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi. **Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara.
- Doyle, W. (1992). “Curriculum and Pedagogy”, In Ph. W. Jackson (ed.) Handbook of Research on Curriculum: A Project of the A.E.R., **Macmillan**, New York, 486-516.
- Driscoll, M. (1995). “Paradigms for research in instructional systems. In Gary J. Anglin (Ed.). Instructional technology: Past, present, and future, **CO: Libraries Unlimited**, Englewood, 322-329
- Erbaş, A. K., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., ve Alacacı, C. (2013) “Ortaöğretim matematik eğitiminde matematiksel modelleme: hizmet içi ve hizmet öncesi öğretmen eğitimi”, **TÜBİTAK 110K250, Ankara**.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). “Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar”, **Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri**, 14(4), 1607-1627
- Erbaş, K. A., Çetinkaya, B., Alacacı, C., Çakıroğlu, E., Aydoğan Yenmez, A., Şen Zeytun, A., Korkmaz, H., Kertil, M., Didiş, M. G., Baş, S., ve Şahin, Z. (2016). “Lise matematik konuları için günlük hayattan modelleme soruları”, **Türkiye Bilimler Akademisi**, Ankara
- Ersoy, E., ve Başer, N. E. (2013) “Matematiksel düşünme ölçeğinin geliştirilmesi”, **Kastamonu eğitim dergisi**, 21(4), 1471-1486.
- Frejd, P., and Ärleback, J. B. (2011) “First results from a study investigating Swedish upper secondary students’ mathematical modelling competencies”, **Trends in teaching and learning of mathematical modelling**, 407-416.
- Galbraith, P. L., and Stillman, G. (2001). Assumptions and context: Pursuing their role in modeling activity. In J. F. Matos, W. Blum, K. Houston and S. P. Carreira (Eds.), Modeling and Mathematics Education: ICTMA9 Applications in Science And Technology. **Horwood**, Chichester, 300–310
- Galbraith, P., and Stillman, G. (2006) “A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process”, **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM**, 38(2), 143-162.
- Gatabi, A. R., and Abdolahpour, K. (2013) “Investigating students’ modeling competency through grade, gender, and location”, **Proceedings of the 8th congress of the european society for research in mathematics education CERME 8 (pp.)**. Ankara, 1070-1077.
- Geiger, V., and Redmond, T. (2013) “Designing mathematical modelling tasks in a technology rich secondary school context”, **Task design in mathematics education**, 121-130.

- Greefrath, G. (2020) “Mathematical modelling competence: Selected current research developments”, *Avances de investigación en educación matemática*, 17, 38-51.
- Greefrath, G., and Vos, P. (2021) “Video-based word problems or modelling projects—classifying ICT-based modelling tasks”, In *Mathematical Modelling Education In East And West*, **Springer**, Cham. 489-499.
- Guerrero-Ortiz, C., and Mena-Lorca, J. (2017). “Modelling task design: science teachers’ view”. In *Mathematical Modelling And Applications*, **Springer**, Cham. 389-398.
- Guerrero-Ortiz, C. (2021) “Pre-service mathematics teachers’ technological pedagogical content knowledge: The case of modelling.”, In Leung F. K. S., Stillman G. A., Kaiser G., Wong K. L. (eds) *Mathematical Modelling Education in East and West. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, **Springer**, Cham, 141-151.
- Güç, F. A. (2015) “Matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon.
- Güç, F. A., ve Baki, A. (2016) “2‘Matematiksel modelleme yeterliklerini geliştirme ve değerlendirme yaklaşımlarının sınıflandırılması”, *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 7(3), 621-645.
- Güder, Y. (2019) “Matematiksel modelleme yoluyla disiplinler arası geçiş”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Adıyaman Üniversitesi**, Adıyaman.
- Gürbüz, R. ve Doğan, M. F., 2019. Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı. **Pegem Akademi**, Ankara, 43-56.
- Gürbüz, R., Çalık, M., Çelik, D., Doğan, M. F., ve Erdem, Z. Ç. (2019) “Matematiksel Modelleme Yoluyla Bir Öğrenme Ortamının Tasarlanması, Uygulanması Ve Değerlendirilmesi: Disiplinler Arası Geçiş”. **TÜBİTAK 117K169, Ankara**.
- Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., Şahin, S., Temurtaş, A., Doğan, C., Doğan, M., Çalık, M., ve Çelik, D (2018) “Bir disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinden yansımalar”, *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8, 1-22.
- Haines, C., and Crouch, R. (2007). *Mathematical modelling and applications: Ability and competence frameworks*. In *Modelling and applications in mathematics education*, **Springer**, Boston, 417-424
- Henning, H., and Keune, M. (2007). *Levels of modelling competencies*. In *Modelling and applications in mathematics education*, **Springer**, Boston, 225-232

- Hernández, M. L., Levy, R., Felton-Koestler, M. D., and Zbiek, R. M. (2016) “Mathematical modeling in the high school curriculum”, *The mathematics teacher*, 110(5), 336-342.
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Can, B. (2020) “HTTM (History/Theory/Technology/Modeling) öğrenme ortamının fen bilgisi öğretmeni adaylarının matematiksel düşüncelerine ilişkin algılarına ve matematiksel modelleme becerilerine etkisi”, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(2), 239-272.
- Hıdıroğlu, Ç. N., Çelik, A. Ö., Ünver, S. K., ve Güzel, E. B. (2018) ”Matematik öğretmeni adaylarının teknoloji destekli matematiksel modelleme süreci çerçevesinde Uzaklık Problemi’ne ilişkin çözümleri”, *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(3), 782-809.
- Hıdıroğlu, Ç. N., Tekin Dede, A, Kula, S., ve Bukova Güzel, E., (2014) “Öğrencilerin kuyruklu yıldız problemi’ne ilişkin çözüm yaklaşımlarının matematiksel modelleme süreci çerçevesinde incelenmesi”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 1-17.
- Houston, K. (2007). “Assessing the "phases" of mathematical modelling.”, In W. Blum, P.L. Galbraith, H. W. Henn and M. Niss (Eds.), Modeling and applications in mathematics education (ICMI 14), *Springer*. New York, 249–256.
- Houston, K., and Neill, N. (2003). Assessing modelling skills. In S. J. Lamon, W. A. Parker and S. K. Houston (Eds.), *Mathematical modelling: A way of life ICTMA11*, *Horwood*, Chichester, 155–164.
- Ikeda, T., and Stephens, M. (2001). The effects of students' discussion in mathematical modelling. In Modelling and mathematics education, *Woodhead Publishin*., Sawston, 381-390
- Işık A., ve Mercan, E. (2015) “Ortaokul matematik öğretmenlerinin model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(4), 1835-1850.
- Ji, X. (2012) “A quasi-experimental study of high school students’mathematics modelling competence” **12. International Congress on Mathematical Education**, Seoul.
- Kaiser, G. (2005) “Mathematical modelling in school–Examples and experiences”, *Mathematikunterricht im Spannungsfeld von Evolution und Evaluation, Festband für Werner Blum. Hildesheim: Franzbecker*, 99, 108.
- Kaiser, G. (2007) “Modelling and modelling competencies in school”, In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), Mathematical Modeling (Ictma 12): Education, Engineering And Economics, *Horwood*, Chichester, 110–119).
- Kaiser, G., Blomhøj, M., and Sriraman, B. (2006) “Towards a didactical theory for mathematical modelling”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 82-85.

- Kaiser, G., and Brand, S. (2015) “Modelling competencies: Past development and further perspectives”, In G. A. Stillman, W. Blum and M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice*, **Springer**, Cham, 129–149.
- Kaiser, G., & Grünewald, S. (2015) “Promotion of mathematical modelling competencies in the context of modelling projects”, In N. H. Lee and N. K. E. Dawn (Eds.), *Mathematical Modelling From Theory To Practice*, **World Scientific Publishing**, London, 21-39.
- Kaiser, G., Schwarz, B., and Tiedemann, S. (2010) Future teachers’ professional knowledge on modeling. In *Modeling Students’ Mathematical Modeling Competencies*, **Springer**, Boston, 433-444
- Kaiser, G., and Sriraman, B. (2006) “A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education”, *Zentralblatt f r Didaktik der Mathematik*, 38(3), 302-310.
- Kaiser, G., and Stender, P. (2013) “Complex modelling problems in co-operative, self-directed learning environments” In G. A. Stillman, G. Kaiser, W. Blum and J. P. Brown (Eds.), *Teaching Mathematical Modelling: Connecting to Research and Practice*, **Springer**, New York, 611-620
- Karabaş, C. (2016) “ lk ğretim matematik öğretmen adaylarının doğrusal ilişkileri modelleme s reclerinin ve bilişsel yeterliklerinin incelenmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Karasar, N. (2016) Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler, *Anı Yayıncılık*, Ankara.
- Kertil, M. (2008) “Matematik  ğretmen adaylarının problem c zme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kılıc , S. (2013) “ rnekleme Y ntemleri”, *Journal of Mood Disorders*, 3(1).
- Ko , D. (2020) “An investigation on thesis and dissertations on mathematical modeling in Turkey in the last two decades”, Master's Thesis, *Middle East Technical University*, Ankara.
- Kol, M. (2014) “An Investigation of pre-service mathematics teachers’ mathematizing during a mathematical modeling task”, *Master's Thesis, Middle East Technical University*, Ankara.
- Korkmaz, E. (2010) “ lk ğretim matematik ve sınıf  ğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri”, Yayınlanmamış Doktora tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.

- Kuzu, A., Çankaya, S., ve Mısırlı, Z. A. (2011) “Tasarım Tabanlı Araştırma ve Öğrenme Ortamlarının Tasarımı ve Geliştirilmesinde Kullanımı”, *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1(1).
- Küçüközer, A., 2010 “Fen bilgisi öğretmeni Adaylarının Dalgalar Konusunda Kavram Yanılgıları”, *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7, 2, 66- 75.
- Leiss, D., and Blum, W. (2010) “The role of the situation model in mathematical modelling-task analyses, student competencies, and teacher interventions”, *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 119–141
- Lesh, R., and Doerr, H. M. (2003) “Foundations of a models and modelling perspective on mathematics teaching, learning and problem solving”, In R. Lesh, and H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism: Models and Modelling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning and Teaching*, **Lawrence Erlbaum**, Mahwah, 3-33.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., and Post, T. (2000) “Principles for developing thought revealing activities for students and teachers”, In R. Lesh, and A. Kelly (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*, **Lawrence Erlbaum**, Hillsdale, 591-645.
- Maaß, K. (2006) “What are modelling competencies?”, *The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 113-142.
- Maaß, K. (2007) “Modelling in class: What do we want the students to learn?”, In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics*, **Horwood**, Chichester. 63–78
- Marshall, J., Horton, B., and Austin-Wade, J. (2007) “Giving meaning to the numbers”, *The Science Teacher*, 74(2), 36.
- Mason, J. (1988) “Modelling: What Do We Really Want Pupils to Learn?” In D. Pimm (Ed.), *Mathematics, Teachers and Children*, **Hodder & Stoughton**. London, 201-215
- Matsuzaki, A. (2011) “Using response analysis mapping to display modellers’ mathematical modelling progress”, In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling (ICTMA 14)*, **Springer**, New York, 499-508
- Merriam, S. B., and Grenier, R. S. (Eds.). (2019). *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis*. John Wiley & Sons.
- Michelsen, C., (2006) “Functions: a modelling tool in mathematics and science”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 3, 269-280.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018) Fen Bilgisi dersi öğretim programı, *Devlet Kitapları Basım Evi*, Ankara

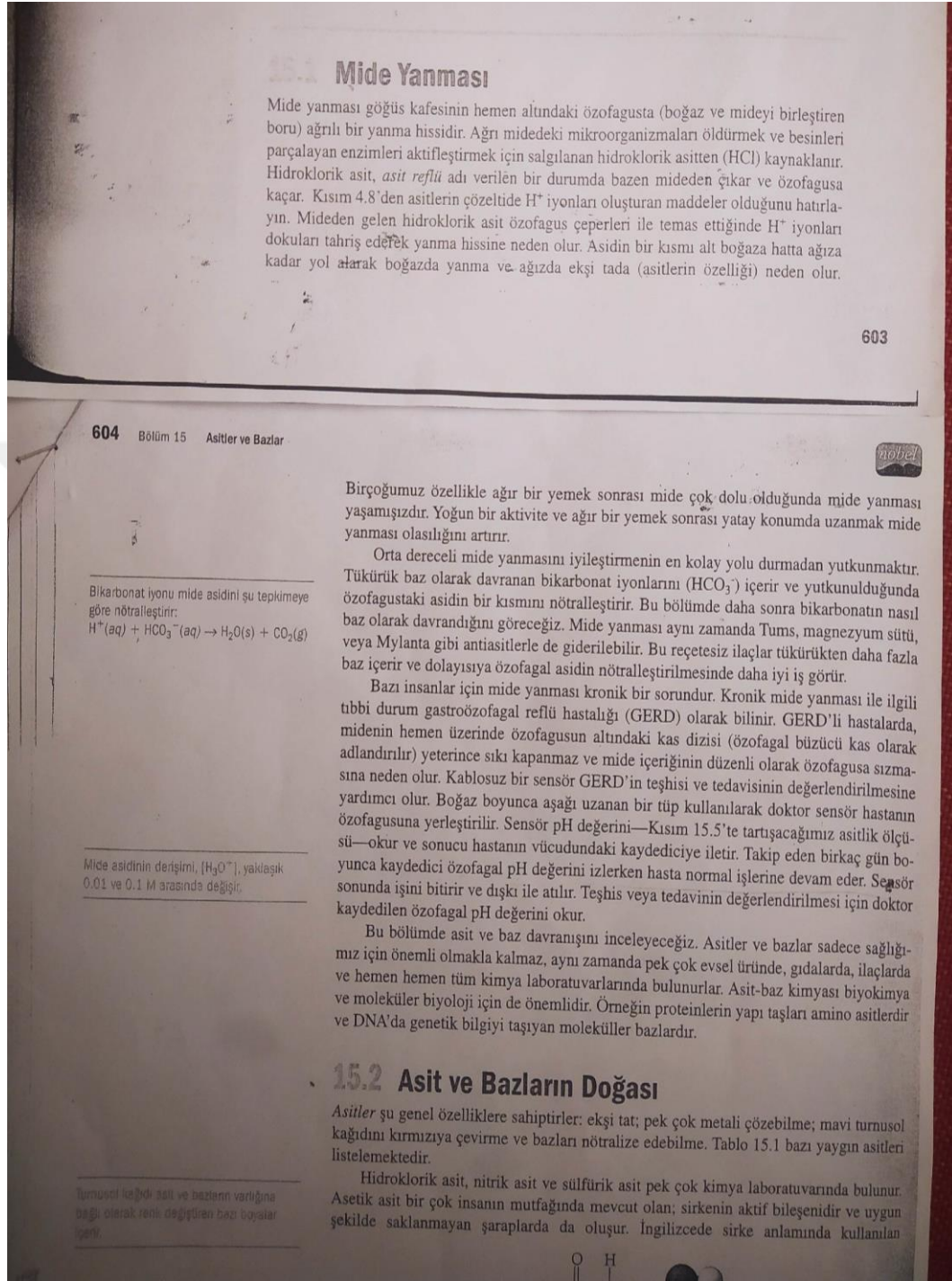
- Miles, M. B., and Huberman, A. M. (1994) Qualitative data analysis: An expanded sourcebook, **Sage**, California.
- Molina-Toro, J. F., Rendón-Mesa, P. A., and Villa-Ochoa, J. (2019) “Research trends in digital technologies and modeling in mathematics education”, **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 15(8), 1-13.
- Müller, G., and Wittmann, E. (1984) Der Mathematikunterricht in der Primarstufe, **Vieweg**, Braunschweig.
- Niss, M. (1987) “Applications and modelling in the mathematics curriculum — state and trends ”, **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, 18(4), 487-505.
- Niss, M. (2003) “Mathematical competencies and the learning of mathematics: The danish KOM project” **3rd Mediterranean Conference on mathematical education**, Athens, 115-124
- Niss, M., Blum, W., and Galbraith, P. (2007). “How to replace the word problems”. In W. Blum, P. Galbraith, H-W. Henn and M. Niss (Eds.), Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study, **Springer**, New York, 3-32
- Niss, M. (2017) “Obstacles related to structuring for mathematization encountered by students when solving physics problems”, **International Journal of Science and Mathematics Education**, 15(8), 1441-1462.
- Obaidat, I. ve Malkawi, E., (2009) “The grasp of physics concepts of motion: identifying particular patterns in students' thinking”, **International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning**, 3, 1, 1-16.
- Ortega, M., Puig, L., and Albarracín, L. (2019) “The influence of technology on the mathematical modelling of physical phenomena. In Lines of inquiry in mathematical modelling research in education” **Springer**, Cham. 161-178.
- Özgen, K. (2017) “Matematiksel Modelleme Etkinliği türlerine yönelik kuramsal bir çalışma: Fonksiyon kavramı örnekleme”, **Aban İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 17(3), 1437-1464
- Özkan Hıdıroğlu, Y., ve Hıdıroğlu, Ç. N. (2016) “Examining epistemological beliefs in explaining mathematics teachers’ approaches in mathematical modelling”, **Eğitimde Kuram ve Uygulama**.
- Özmantar, M.E. ve Bingölbalı, E. (2009) “Etkinlik tasarım ve temel tasarım prensipleri”, E. Bingölbalı ve M.F. Özmantar, (Ed.), İlköğretimde Karşılaşılan Matematiksel Zorluklar Ve Çözüm Önerileri, **Pegem Akademi**, Ankara, 313-345
- Peter Koop, A. (2004) “Fermi problems in primary mathematics classrooms: pupils’ interactive modelling processes”, In I. Putt, R. Farragher and M. McLean (Eds.), Mathematics education for the Third Millenium: Towards 2010,

- Proceedings of the 27th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, **Merga**, Queensland, 454-461.
- Prins G., T., Bulte, A. M. W., Driel J. H. V. and Pilot, A., (2009) “Students’ involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education”, **ResearchScience Education**, 39, 681–700.
- Rodríguez Gallegos, R., and Quiroz Rivera, S. (2015). “Developing modelling competencies through the use of technology”, In Mathematical modelling in education research and practice, **Springer**, Cham, 443-452
- Saglam-Arslan, A. ve Arslan, S., 2010 “Mathematical models in physics: a study with prospective physics teacher”, **Scientific Research and Essays** 5, 7, 634-640.
- Sriraman, B. (2006) “Conceptualizing the model-eliciting perspective of mathematical problem solving” **Proceedings of the fourth congress of the european society for research in mathematics education (CERME 4)**, Universitat Ramon Llull. 1686-1695.
- Steinberg, R. N., Wittmann, M. C., and Redish, E. F. (1997) “Mathematical tutorials in introductory physics”, **In AIP conference proceedings**, American Institute of Physics. 399, 1075-1092.
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J., and Edwards, I. (2007) “A framework for success in implementing mathematical modelling in the secondary classroom”, **Mathematics: Essential research**, 2, 688-697.
- Stohlmann, M. (2012) “YouTube incorporated with mathematical modelling activities: benefits, concerns, and future research opportunities”, **International Journal for Technology in Mathematics Education**, 19(3).
- Swan, M. (2007) “The impact of task-based professional development on teachers’ practices and beliefs: A design research study”, **Journal of Mathematics Teacher Education**, 10(4), 217-237.
- Swetz, F., and Hartzler, J. S. (1991) Mathematical Modeling in the Secondary School Curriculum, **National Council of Teachers of Mathematics, Inc., 1906 Association** Dr., Reston.
- Şen Zeytun, A. (2013) “Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme süreçlerinin ve bu sürece etki eden faktörlere ilişkin görüşlerinin incelenmesi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
- Tanner, H., and Jones, S. (1995) “Teaching mathematical thinking skills to accelerate cognitive development”, **PME Conference, The Program Committee Of The 18th Pme Conference**, Lisbon, 3-121
- Takaoğlu, Z. B., & Alev, N. (2015) “Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin gelişimi”, **Dicle üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi**, (24), 122-160.

- Tekin Dede, A. (2015) “Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: bir eylem araştırması”. Yayınlanmamış Doktora Tezi. **Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, İzmir
- Tekin Dede, A., ve Bukova Güzel, E. (2011) “Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modellemeye ilişkin görüşlerinin belirlenmesi” **20. Eğitim Bilimleri Kurultayı**, Burdur
- Tekin Dede, A., ve Bukova-Güzel, E. (2018) “A rubric development study for the assessment of modeling skills”, **The Mathematics Educator**, 27(2).
- Tro, N. J. (2012). Principles of chemistry: a molecular approach. **Pearson**, Boston.
- Tutak, T., ve Güder, Y. (2014) “Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi”, **Turkish Journal of Educational Studies**, 1(1).
- Türker, B., Sağlam, Y., ve Umay, A. (2010) “Preservice teachers’ performances at mathematical modeling process and views on mathematical modeling”, **Procedia Social and Behavioral Sciences**, 2, 4622–4628.
- Uğurel, I., ve Bukova, E. G. (2010) “Matematiksel öğrenme etkinlikleri üzerine bir tartışma ve kavramsal bir çerçeve önerisi”, **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 39(39), 333-347.
- Urhan, S., ve Dost, Ş. (2016) “Matematiksel modelleme etkinliklerinin derslerde kullanımı: öğretmen görüşleri”, **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, 15(59), 1279-1295.
- Vargas-Alejo, V., and Cristóbal-Escalante, C. (2012) “Developing mathematical competences, learning linear equations, functions and the relation among these concepts”, **Journal of Mathematical Modelling and Application**, 1(7), 50-57.
- Vos, P. (2018) “How real people really need mathematics in the real world-Authenticity in mathematics education”, **Education Sciences**, 8(4), 195.
- Yıldırım, A., ve Şimşek, H. (2018) Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (11. Baskı, **Seçkin Yayıncılık**, Ankara
- Yıldız, Ş., ve Yenilmez, K. (2019) “Matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezlerin tematik içerik analizi”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 20, 1-22.
- Zawojewski, J. (2013). Problem solving versus modeling. In Modeling students' mathematical modeling competencies, **Springer**, Dordrecht, 237-243
- Zawojewski, J. S., and Lesh, R. (2003). “A models and modeling perspective on problem solving”. In R. Lesh and H. M. Doerr (Ed.). Beyond constructivism: models and modelling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching, **Lawrance Erlbaum Associates Publishers**. Mahwah N. J., 317-336



Ek-1. Reflü Etkinliğinin Yazılı Versiyonu



Ek-2. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Değerlendirme Formu

ÖLÇÜTLER	Evet	Hayır	Kısmen	AÇIKLAMA ve ÖNERİLER
Model Oluşturma Prensibi				
1. Öğrenciler bu problem üzerinde çalıştıklarında matematiksel yapılar (modeller) ortaya çıkartabilirler mi? –Matematiksel bir kavramın kullanımını içermekte midir?	☐	☐	☐	
2. Matematiksel ifadelerin (cebirsel) yanı sıra grafik, tablo veya diyagram gibi farklı temsil biçimlerinden birini veya birkaçını kullanmayı gerektiriyor mu?	☐	☐	☐	
3. Öğrencilerin dikkatini problem durumunun yüzeysel özelliklerinin ötesinde, altında yatan ilişkilere ve örüntülere yönlendiriyor mu?	☐	☐	☐	
Gerçeklik Prensibi				
4. Günlük yaşamdan anlamlı bir durumu içermekte midir?	☐	☐	☐	
5. Öğrencileri tek bir düşünme şekline zorlamak yerine farklı fikirler üretmeye teşvik ediyor mu?	☐	☐	☐	
Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi				
6. Çözüm sürecinde öğrencilerden beklenen ürünler, ilgili düşünme süreçlerini ve sonuçlarını açıkça gösterebilir mi?	☐	☐	☐	
Öz Değerlendirme Prensibi				
7. Öğrencilere yaklaşımlarının yeterince iyi olup olmadığına karar verebilme imkânı sağlıyor mu?	☐	☐	☐	
8. Öğrencilerin ne ortaya koymaları gerektiği, bunun ne amaçla ve kim tarafından kullanılacağı açık bir şekilde ifade edilmiş mi?	☐	☐	☐	
Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi				
9. Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?	☐	☐	☐	
10. Önemli matematiksel fikirlerin tartışılması ve öğrenilmesi için zengin bir ortam sağlıyor mu?	☐	☐	☐	
11. Problem durumu anlaşılır bir dilde ifade edilmiş mi?	☐	☐	☐	
12. Problem metni imla ve dilbilgisi hatalarından arındırılmış mı?	☐	☐	☐	
Model Genelleştirme Prensibi				
13. Geliştirilecek model, diğer kişilerle paylaşılabilir, farklı durumlara uyarlanabilir ve tekrar kullanılabilir genel bir düşünme şekli içerebilir mi?	☐	☐	☐	

Ek-3. Etkinlik Formu

ETKİNLİK ADI (XXX)

FARK ETTİM

MERAK ETTİM

PROBLEM DURUMLARI

VARSAYIMLAR

DEĞİŞKENLER

İHMAL EDİLEBİLİR DEĞİŞKENLER

İHTİYAÇ DUYULAN VERİLER

KONU İLGİLİ KAVRAMLAR

KAVRAMLAR ARASI İLİŞKİLER

CÖZÜM PLANI

ÇİZİMLER

KULLANILACAK FORMULLER

HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞUMU

MODELİN TEST EDİLMESİ

MATEMATİKSEL MODELİN YORUMLANMASI

ETKİNLİĞE DAİR GÖRÜŞLER

Ek-4. Yansıtıcı Günlük Görüşme Formu

Değerli öğretmenler ve öğretmen adayları;

Yansıtıcı günlüklerde yazdıklarınızın doğru ya da cevabı yoktur. Bu günlükleri tutmanızı istememizdeki amaç problemlerle ilgili **duygu, düşünce, deneyim ve görüşlerinizi** ifade etmenizi sağlamaktır. Bu günlükleri yazarken,

- Problemi ilk okuduğunuzda ne düşündünüz? Problemi çözemeyeceğiniz konusunda bir fikre kapıldınız mı?
- Problemi çözerken ne öğrendiniz?
- Uyguladığınız yöntem işe yaradı mı?
- Neden işe yaradı?
- Neden işe yaramadı?
- Verilen problemi çözdükten sonra doğruluğundan emin olmak için neler yaptım?
- Çözümümüz doğru değilse, çözümünüzün doğru olmadığını fark ettiğinizde çözüm yönteminizi tekrar gözden geçirerek yeni bir çözüm planını nasıl geliştirdiniz?
- Sizce bu problemin daha farklı çözüm yolları bulunabilir mi? Siz daha farklı bir çözüm yolu üretebilir misiniz?

sorularına mümkün olduğu kadar **açık, ayrıntılı, objektif ve orijinal cevaplar** vermeye çalışınız. Aşağıda size örnek olması açısından bir yansıtıcı günlük yazısı paylaşılmıştır.

Bugünkü dersimizde “büyük ayak problemi” diye yeni bir modelleme durumu verildi. Böyle bir problem durumu ile ilk defa karşılaştım. Problemi ilk defa okuduğumda ne yapmam gerektiğini bilemedim. Muhtemelen bu problemi ben çözemem diye düşündüm. Tekrar okuduğumda verilenleri ve istenenleri düşündüm. Ancak verilerin çok açık olmadığına karar verdim. Ayrıca verilen durumla ilgili problemin çözüm süreci belirlediğim durumlara göre değişiklik gösterebilirdi. Bu da kesin bir çözüm anlamına gelmiyordu. İyice kafam karışmıştı. Ayak izinden hırsızın fiziksel özellikleri ile ilgili tahminde bulunmam gerekiyordu. Bunun için aklıma gelen ilk soru olan “Acaba insanların ayak izlerinin uzunlukları ile boy uzunlukları veya kiloları arasında bir ilişki olabilir mi?” sorusunun peşinden gitmeye karar verdim. Bunun için veri toplamam gerekiyordu. Sınıfımızdaki hem erkek hem de kız arkadaşlarımla boy uzunluklarını, kilolarını ve ayak uzunluklarını sorarak not aldım. Daha fazla verim olsa daha iyi olurdu sanırım ama şu an yapabileceklerim bu kadardı. Ayak uzunluğu ile boy arasındaki ilişkiye ve kilo ile ayak uzunluğu arasındaki ilişkiye odaklandım. İlişki olup olmadığına en iyi bölme yoluyla bakabileceğime karar verdim. Boy uzunluğunu ayak numarasına ve kiloyu ayak uzunluğuna bölerek bir oran yakalayıp yakalayamayacağıma baktım. Ancak bu işleri bilgisayar ortamında bir program yardımı ile araştırmak belli ilişkileri keşfetmeme yardımcı olabilirdi. Dolayısıyla bu yönde çok güçlü sonuçlar bulamamış olabilirim. Modeli kurmakta zorlandım. Modelim her veri için yeteri kadar iyi çalışmıyor olabilir. Hatta çalışmıyor. Çünkü boyu 1.90 olan kişinin ayak izi uzunluğu modelime göre 50 cm çıkıyor ki bu yarım metre demek ve bu sonuç gerçek hayattaki birinin ayak uzunluğu olamaz. Modelimi kontrol edip değişkenlerimin katsayılarını değiştirebilirdim. Burada bir hata yaptığımı düşünüyorum. Ama şimdi düşünüyorum da aslında o kadar da zor bir problem değil. Bir daha böyle bir problem durumu ile karşılaşsam daha detaylı düşünmem ve sonuçların kontrolü üzerinde daha çok durmam gerektiğine karar verdim. Değerlendirmede zayıf kaldım diyebilirim.

Ek-5. Matematiksel Modelleme Görüşme Formu

MATEMATİKSEL MODELLEME GÖRÜŞME FORMU

- 1) Uygulama öncesinde matematiksel modelleme ile ilgili bir bilginiz var mıydı? Bildiklerinizi ifade eder misiniz?
- 2) Matematiksel modelleme sizin için ne ifade etmektedir?
- 3) Matematiksel modelleme için gereken yeterlikler var mıdır? Varsa nelerdir?
- 4) Etkinliklerdeki problemleri çözerken güçlüklerle karşılaştınız mı? Karşılaştıysanız bu zorluklar nelerdir?
- 5) Etkinliklere başladığınızdaki, etkinlikler sırasındaki ve sonrasında kendinizi nasıl değerlendiriyorsunuz? Bu süreçte edindiğiniz kazanımlar nelerdir?
- 6) Kendinizde gözlemlediğiniz değişim ve gelişimler nelerdir?
- 7) Matematiksel modelleme etkinliklerinin fen öğretimine katkısı hakkında ne düşünüyorsunuz?
- 8) Modelleme süreci, ilköğretim ve orta öğretimdeki okullarda uygulanabilir mi? Ders kitaplarında modellemeye ilgili etkinliklerle karşılaştınız mı?
- 9) Modelleme etkinliklerini uygun buluyor musunuz? Ne tür etkinlikler uygulanmak için uygundur?
- 10) Matematiksel Modellemeyi Derslerinizde kullandınız mı, kullanıyor musunuz, kullanmayı düşünür müsünüz?
- 11) Matematiksel modelleme sürecinde hangi alandaki (Fizik, Kimya, Biyoloji) kendinizi daha başarılı hissettiniz?
- 12) Matematiksel modelleme etkinlikleri hangi fen alanında ve konularında daha etkili kullanılabilir?
- 13) Konu ile ilgili diğer görüş ve düşünceleriniz

Ek-6. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

T. C. ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (BGOF)

‘Fen Bilgisi Öğretmenlerinin ve Öğretmen Adaylarının Matematiksel Modelleme Becerilerinin İncelenmesi ‘ adlı çalışma, fen bilgisi öğretmenlerine ve fen bilgisi öğretmen adaylarına matematiksel modelleme bakış açısını tanıtmak, onlara matematiksel durumları değişik şekillerde yorumlamaya ve bu durumlardan anladıklarını anlamlı bir şekilde ifade etmeye teşvik edecek deneyimler sağlanmasını hedeflemektedir. Bu çalışmada, matematiksel modelleme etkinliklerinin kullandığı öğretim sürecinde, fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin gelişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın Ocak 2021- Haziran 2021 tarihleri arasında yapılması planlanmaktadır. Planlanan araştırma, nitel ve nicel bir araştırma için yeterli denek sayısına sahip olduğu düşünülen ve süre olarak da uzun bir araştırmadır. Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerini çözme becerilerinin gelişimlerini incelemek amacı ile nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılması planlanmaktadır. Amaçlı örnekleme yöntemi ile fen bilgisi öğretmen adayları ve öğretmenleri seçilmesi öngörülmektedir. Söz konusu örnekleme yönteminde belli bir amaç doğrultusunda seçilen araştırma grubundan hareketle bir konunun derinlemesine incelenmesi hedeflenmektedir. Araştırmada nitel veri toplama araçlarından görüşme ve gözlem teknikleri kullanılacaktır. Görüşme tekniği, matematiksel modellemeyi öğrenme ortamına katılan öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının bireysel ve grup görüşmelerinin video kayıt altına alınarak verilerin toplanması şeklinde kullanılacaktır. Gözlem tekniği ise, matematiksel modellemeyi ortamına katılan öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının video kayıt altına alınarak ortamın gözlemlenmesi şeklinde kullanılacaktır. Ayrıca çalışma için matematiksel modelleme konusunda uzman akademisyenlerin katkıları ve tez sürecinde yapılan pilot çalışma doğrultusunda ortaya çıkarılan yarı yapılandırılmış etkinlik formu kullanılacaktır. Durum çalışmaları uzun süreli bir uygulama içerdiğinden gelişime istek duyan bireylerin seçilmesi ve seçilen adaylardan hareketle konunun derinlemesine incelenmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Çalışma 6 hafta devam edecek, süreçte fen konularına yönelik hazırlanan içerikler ile matematiksel modelleme etkinlikleri yapmanız istenecektir. Matematiksel modelleme etkinliği süresince cevaplarınızı, çözüm planlarınızı ve görüşlerinizi etkinlik formuna aktarmanız talep edilecektir. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacıya şimdi sorabilir veya *****@gmail.com adresinden ve 055xxxxxx numaralı telefonda ulaşabilirsiniz.

Ek-6. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu (Devamı)

“Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu’ ndaki tüm açıklamaları okudum. Bana, konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama, aşağıda adı belirtilen kişi tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum./...../202...

Açıklamaları Yapan Araştırmacının Adı / Soyadı / İmzası
Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih
Gerekliyse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Ek-7. MEB Araştırma İzni



T.C.
ERZİNCAN VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-45468433-605.01-23126073
Konu : Araştırma Uygulama İzni.

26.03.2021

MÜDÜRLÜK MAKAMINA

İlgi : a) Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün
21.01.2020 tarih ve 1563890 (Genelge 2020/2) sayılı yazısı.

b) Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün
23/03/2021 tarih ve E-70722 sayılı yazısı.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Doktora Programı Öğrencisi Adem KENAN'ın "**Fen Bilgisi Öğretmenlerinin ve Öğretmen Adaylarının Matematiksel Modelleme Becerilerinin İncelenmesi**" konulu araştırma çalışması yapmak istediklerine ilişkin, ilgil (b) yazı ve araştırma çalışması ilişkide sunulmuştur.

İlgi (a) Genelge esaslarına göre "İl Millî Eğitim Anket-Araştırma-Tez Çalışmalarını Değerlendirme Komisyonu" tarafından incelenen ilgililerin anket - ölçek çalışmasını İlimiz Merkez Vali Metin İlyas Ortaokulu, İzzetpaşa Ortaokulu, Şehit Astsubay Uğur Fethi Özdemir Ortaokulu ve Erzincan Ortaokulunda uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Hüseyin EROL
Şube Müdürü

OLUR
26.03.2021

Aziz GÜN
İl Millî Eğitim Müdürü

EKLER:

-Komisyon Kararı (1 Sayfa)
-Yazı ve Ekleri (66 Sayfa)

Bu belge gizli elektronik ortamda iletilmektedir.
Adres: Mergilci Mah. Kuruçay 1311 Sokak No:10 ERZİNCAN
Bölge Değerlendirme Adresi : <https://www.meb.gov.tr/meb-ebpa>
Bölge İçin: Strateji Şubesi An-Ge-Belirli Orhan ÇİZAL
Telefon No : 0 444 214 10 73
E-Posta: info@meb.gov.tr
Kop Adresi : info@meb.gov.tr
İletişim Adresi: info@meb.gov.tr
Faks: 444 214 10 73
Bu belge gizli elektronik ortamda iletilmektedir. <https://mekongra.meb.gov.tr/secure/2695-7cd1-368e-862c-8f5c> koda ile kayıt altına alınmıştır.

Ek-8. Etik Kurul Onayı



T.C

ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARARI

Etik Kurul Toplantı Tarihi	26/02/2021
Protokol No	03/44
Araştırma Başlığı	Fen Bilgisi Öğretmenlerinin ve Öğretmen Adaylarının Matematiksel Modelleme Becerilerinin İncelenmesi
Araştırma Türü	Doktora Tezi
Araştırmacılar	Adem KENAN (Sorumlu Araştırmacı) Prof. Dr. Recep POLAT (Yardımcı Araştırmacı)
Karar	Başvuru dosyanıza ait araştırmanız etik açıdan uygun bulunmuştur.
Not: Etik Kurul Onayı, uygulama ve/veya veri toplama için araştırmacının ilgili kurum veya kuruluşlardan izin alma sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.	

e-imzalıdır

Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü BAHAR
İnsan Araştırmaları Etik Kurul Başkanı